

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GELENEKSEL MİMARLIK VE BİYOMİMETİK TASARIM
YAKLAŞIMLARININ İKLİME UYGUNLUK VE
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**AYŞE FEYZA KARAKOÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GEBZE
2022**

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL MİMARLIK VE
BİYOMİMETİK TASARIM
YAKLAŞIMLARININ İKLİME UYGUNLUK
VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ

AYŞE FEYZA KARAKOÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZER YÜKSEL

GEBZE
2022

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**EVALUATION OF TRADITIONAL
ARCHITECTURE AND BIOMIMETIC
DESIGN APPROACHES IN CONTEXT OF
CLIMATE SUITABILITY AND
SUSTAINABILITY**

AYŞE FEYZA KARAKOÇ
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. ELİF ÖZER YÜKSEL

GEBZE

2022

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03/02/2022 tarih ve 2022/06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 15/02/2022 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ayşe Feyza KARAKOÇ'un tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL

ÜYE

: Doç. Dr. Sonay AYYILDIZ

ÜYE

: Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Küresel ısınma, kaynakların tükenmesi ve çevresel problemlerin en önemli etkenlerinin başında insan faaliyetleri ve yapılaşma gelmektedir. Günümüzde yapılaşmanın artması mimarlık disiplininin etkilenmesine, günümüz ve gelecek kuşakların ihtiyaçlarına cevap veren sürdürülebilir mimarlık anlayışına yönelmeye neden olmaktadır. Bu doğrultuda teknolojiye yararlanan ve çevre sorunlarına cevap veren sürdürülebilir çağdaş yaklaşımlardan biri olan biyomimetik tasarım yaklaşımı önem kazanmaktadır. Biyomimetik tasarım, geleneksel mimarlıktaki sürdürülebilirlik anlayışının çağdaş yaklaşımlara aktarılmasında ve sürdürülebilir mimarinin gelişiminde köprü görevi görmektedir. Biyomimetik tasarımdaki doğa ve mimari ilişkisi, 21.yüzyılda önem kazanan bir konu olmasına rağmen bu ilişki tarih öncesi zamana dayanmaktadır. Özellikle sürdürülebilir mimari konusunda önemli bir kaynak olarak görülen geleneksel mimarlık, doğaya uyumlu gelişim göstermiştir. Bu doğrultuda tez çalışmasında biyomimetik tasarım yaklaşımının, geleneksel mimarlık ile benzer ve farklı noktalarının belirlenmesiyle sürdürülebilir çağdaş mimarlık için rehberlik sunulması amaçlanmaktadır. Tez çalışmasında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının ilişkisinin yapı örnekleri üzerinden değerlendirilebilmesi için uluslararası geçerliliğe sahip Köppen iklim sınıflandırılmasından yararlanılmıştır. Köppen iklim sınıflandırılmasına göre tropikal, kurak ve ılıman iklim bölgelerinde yer alan geleneksel mimarlıktan dört, biyomimetik tasarımdan sekiz yapı örneği literatür taraması yöntemi ile seçilmiş ve incelenmiştir. Seçilen ulusal/uluslararası yapı örnekleri sürdürülebilir mimari, doğa, enerji etkin ve iklimle uyumlu yapı tasarım parametreleri, teknoloji ilişkisi, ekip çalışması vb. kriterler kapsamında değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının ilişkisinin bazı yapı örneklerinde görülmeye başlandığı ve bu ilişkisinin kurulmasının sürdürülebilir mimarinin gelişimi adına yüksek potansiyel taşıdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimetik Tasarım, Geleneksel Mimarlık, Sürdürülebilir Mimari, Köppen İklim Sınıflandırılması, Mimarlık ve Doğa İlişkisi, Enerji Etkin Yapı Tasarımı.

SUMMARY

Human activities and construction are the most important factors of global warming, resource depletion and environmental problems. Nowadays, the increasing construction is affecting the discipline of architecture. This situation leads to a shift towards an understanding of sustainable architecture that responds to the needs of today and future generations. In this direction, the biomimetic design approach which is one of the sustainable contemporary approaches that makes use of technology and responds to environmental problems is becoming important. Biomimetic design serves as a bridge in transferring the sustainability understanding in traditional architecture to contemporary approaches and the development of sustainable architecture. Although the relationship between nature and architecture in biomimetic design is an issue that gained importance in the 21st century, this relationship dates back to prehistoric times. Traditional architecture, which is seen as an important resource for sustainable architecture, has developed in harmony with nature. In this direction, it is aimed to provide guidance for sustainable contemporary architecture by identifying the similarities and differences of the biomimetic design approach with traditional architecture. In the thesis study, the internationally valid Köppen climate classification was used to evaluate the relationship between traditional architecture and biomimetic design approach through building examples. According to Köppen climate classification, four building samples from traditional architecture and eight building samples from biomimetic design, located in tropical, arid and temperate climate zones were selected and examined by literature review method. Selected building examples of national/international were evaluated within the criteria of sustainable architecture, nature, energy efficient and climate responsive building design parameters, technology relationship, teamwork, etc. As a result, it has been determined that the relationship between traditional architecture and biomimetic design approach has begun to be appear in some building examples and the establishment of this relationship has a high potential for the development of sustainable architecture.

Keywords: Biomimetic Design, Traditional Architecture, Sustainable Architecture, Köppen Climate Classification, Relationship between Nature and Architecture, Energy-Efficient Building Design.

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca değerli önerilerini, bilgi birikimini, desteğini esirgemeyen ve tez çalışmamın gelişiminde yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL'e ve yüksek lisans eğitimim boyunca emeği geçen hocalarıma,

Tez çalışmam boyunca bana destek olan, inanan tez yoldaşım Zeynep Aybüke TİRYAKİ'ye ve can yoldaşı motivasyon kaynağımız Fibi'ye,

Tüm eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen canım aileme, yüksek lisans eğitimime başlamamda emeği çok büyük olan canım ablam Elif KARAKOÇ'a,

Tez yazım sürecinde beni motive eden, beni dinleyen ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Sorun	3
1.2. Amaç	4
1.3. Kapsam ve Yöntem	7
2. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ ve ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI	10
2.1. Sürdürülebilir Mimarlık	10
2.1.1. Çevresel Sürdürülebilirlik	13
2.1.2. Toplumsal (Sosyo-kültürel) Sürdürülebilirlik	14
2.1.3. Ekonomik Sürdürülebilirlik	14
2.2. Sürdürülebilir Mimarlık İlkeleri	15
2.2.1. Kaynakların Korunumu	16
2.2.1.1. Enerjinin Korunumu	18
2.2.1.2. Suyun Korunumu	18
2.2.1.3. Malzemenin Korunumu	19
2.2.2. Yaşam Döngüsü Tasarımı	20
2.2.3. İnsan İçin Tasarım	21
2.3. Enerji Etkin Bina Tasarımında Etkili Olan Parametreler	21
2.3.1. Kullanıcıya İlişkin Parametreler	23
2.3.2. İklimle İlişkin Parametreler	24
2.3.3. Binaya İlişkin Parametreler	26
2.3.3.1. Binanın Yeri, Araziye Yerleşimi ve Bina Aralıkları	27

2.3.3.2. Binanın Formu	28
2.3.3.3. Binanın Yönü/Yönlendirilmesi	29
2.3.3.4. Bina Peyzaj İlişkisi	30
2.3.3.5. Mekân Organizasyonu	30
2.3.3.6. Bina Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri	31
2.3.3.7. Malzeme Tercihi	33
2.3.3.8. Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü	34
2.3.3.9. Doğal Havalandırma	35
3. DOĞAYA UYUMLU ve SÜRDÜRÜLEBİLİR GELENEKSEL MİMARLIK	37
3.1. Geleneksel Mimarlık	37
3.2. Geleneksel Mimarlık ve Mimarlıksız Mimarlık	39
3.3. Geleneksel Mimarlık ve Doğa İlişkisi	40
3.4. Geleneksel Mimarlık ve İklim İlişkisi	40
3.5. Geleneksel Mimarlık ve Teknoloji İlişkisi	43
3.6. Geleneksel Mimarlıkta Sürdürülebilir Mimari ve Enerji Etkin Yapı Tasarımı	44
3.7. Geleneksel Mimarlık Yapı Örnekleri	46
3.7.1. Geleneksel Malay Evleri	47
3.7.2. Geleneksel Hicaz Evleri	52
3.7.3. Geleneksel Safranbolu Evleri	57
3.7.4. Geleneksel Tulou Evleri	63
4. DOĞAYI TAKLİT EDEN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇAĞDAŞ BİYOMİMETİK TASARIM	68
4.1. Biyomimikri Kavramı ve Tarihçesi	68
4.1.1. Biyomimikri/Biyometik Tasarım Yaklaşımları	72
4.1.2. Biyomimikri Seviyeleri	75
4.2. Biyometik Tasarım ve Disiplinlerarası İlişki	79
4.3. Biyometik Tasarım ve Doğa İlişkisi	80
4.4. Biyometik Tasarım ve İklim İlişkisi	82
4.5. Biyometik Tasarım ve Teknoloji İlişkisi	84
4.6. Biyometik Tasarım Yaklaşımında Sürdürülebilir Mimari ve Enerji Etkin Yapı Tasarımı	85

4.6.1. Kent Ölçeğinde Biyomimetik Tasarım	86
4.6.2. Yapı Ölçeğinde Biyomimetik Tasarım	88
4.6.3. Malzeme Ölçeğinde Biyomimetik Tasarım	89
4.7. Biyomimetik Tasarım Yapı Örnekleri	90
4.7.1. Maymun Evi	91
4.7.2. Esplanade Sanat Merkezi	97
4.7.3. Al-Bahr Kuleleri	103
4.7.4. Wuhan Energy Flower Binası	109
4.7.5. One Ocean Thematic Pavilyon	114
4.7.6. Pearl River Kulesi	119
4.7.7. Gherkin Kulesi/ Swiss Re Genel Merkezi	125
4.7.8. ThyssenKrupp Mahallesi: Q1 Genel Merkez Binası	132
5. GELENEKSEL MİMARLIK ve BİYOMİMETİK TASARIM YAPI	139
ÖRNEKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	
5.1. Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Yapı Örneklerinin	139
Köppen İklim Sınıfına Göre Değerlendirilmesi ve	
Karşılaştırılması	
5.1.1. Köppen İklim Sınıflandırılması	140
5.1.2. Köppen İklim Sınıflandırılmasına Göre Örnek Projelerin	141
Seçilmesi	
5.1.3. Tropikal Yağmur Ormanı İkliminde Yer Alan Geleneksel	143
Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin	
Değerlendirilmesi	
5.1.4. Sıcak Çöl İkliminde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve	150
Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi	
5.1.5. Subtropikal İklimine Sahip Geleneksel Mimarlık ve	156
Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirmesi	
5.1.6. Ilıman Okyanusal İklimine Sahip Geleneksel Mimarlık ve	163
Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirmesi	
5.2. Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Yaklaşımı	170
Benzerlikleri ve Farklılıkları	
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	175

KAYNAKLAR	181
ÖZGEÇMİŞ	192
EKLER	193



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde
CO ₂	: Karbondioksit
cm	: Santimetre
m ²	: Metrekare
m	: Metre
kWh	: Kilowatt saat
KWh/yıl	Bir yıllık Kilowatt saat
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
BIM	: Building Information Modeling (Bina Bilgi Modellemesi)
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAE	: Computer Aided Engineering (Bilgisayar Destekli Mühendislik)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
FEM	: Finite Element Analysis (Sonlu Elemanlar Analizi)
GFRP	: Cam elyaf takviyeli polimer
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Soğutma, Havalandırma ve İklimlendirme)
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
PUB	: The Public Utilities Board (Kamu Hizmetleri Kurulu)
PV	: Fotovoltaik panel
PTFE	: Politetrafloroetilen polimer (Teflon)
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
vb.	: ve benzeri
yy.	: Yüzyıl

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Biyomimetik tasarım yaklaşımının geleneksel mimarlık ve sürdürülebilir çağdaş mimarlık ile ilişkisi.	5
1.2: Mimarlığın eklemlenerek gelişimi, değişimi ve sürecin birbiri ile etkileşimi.	6
1.3: Tez işleyiş şeması.	9
2.1: Çevresel sürdürülebilirlik prensipleri.	13
2.2: Sosyo-kültürel sürdürülebilirlik prensipleri.	14
2.3: Sosyo-ekonomik sürdürülebilirlik prensipleri.	15
2.4: Sürdürülebilir mimarlık ve kirliliğin önlenmesi için kavramsal çerçeve.	16
2.5: Bina ekosistemindeki kaynak akışı.	17
2.6: Sürdürülebilir mimari kaynakların korunumu ilkeleri ve yöntemleri.	17
2.7: Enerji etkin bina tasarımında etkili olan parametreler.	23
2.8: Peyzaj tasarımı ile sağlanan doğal aydınlatma ve güneş kontrolü.	30
2.9: Bina kabuğunun termofiziksel ve optik özellikleri.	32
2.10: Doğal aydınlatmadan yararlanma yöntemleri.	34
3.1: a) Madagaskar'ın yaylalarındaki köy evlerinin doğa/doğal çevre ile kurduğu ilişki, b) Çin'in kırsal alanlarında yamaca oyulmuş mağara evlerinin doğa/doğal çevre ile kurduğu ilişki.	40
3.2: Antalya geleneksel mimarisinin iklim ve topoğrafya ile uyumlu yerleşim düzeni.	41
3.3: a) Sıcak yaz Akdeniz iklimi özelliklerine sahip Türkiye Şanlıurfa'da yer alan Harran Evleri, b) Topikal yağmur ormanı iklimi özelliklerine sahip Malezya Malay evleri, c) Soğuk çöl iklimine sahip İran Yazd'da yer alan geleneksel su sarnıcı (Ab-anbar), d) Ilıman okyanusal iklim özelliklerine sahip Danimarka Læsø'da yer alan deniz yosunu kaplı geleneksel çatı uygulaması.	42
3.4: Geleneksel mimarlığın farklı iklim bölgelerindeki çeşitliliği ve farklılaşan enerji etkin stratejileri.	45

3.5:	Geleneksel Malay evi.	47
3.6:	Malay evinde farklı kotlar ile oluşturulan mekân organizasyonu.	48
3.7:	Malay evinin iklimle uyumlu tasarım stratejileri.	50
3.8:	Hicaz bölgesindeki Cidde evlerinin genel görünüşü.	52
3.9:	Hicaz bölgesindeki Mekke evine ait teras çatı kullanımı.	53
3.10:	Geleneksel Hicaz evlerinde kullanılan cumbalı pencere Roshan'ın görünüşü ve kesiti.	55
3.11:	a) Safranbolu evlerinin topoğrafya ile uyumlu genel görünüşü, b) Safranbolu evlerinin yoğunlaştığı Şehir ve Bağlar bölgeleri.	57
3.12:	a) Eski Safranbolu evi çatkı sistemi görünüşü, b) Eski Safranbolu evi sokak ilişkisi ve çatkı sistem uygulaması.	59
3.13:	Safranbolu evinin üst katlara doğru büyüyen pencere düzeni.	60
3.14:	Safranbolu evlerinde kullanılan kara kepenk gölgeleme elemanları.	61
3.15:	a) Fujian'da Tulou evleri bölgesi, b) Tulou evlerinin genel görünüşü ve doğal çevre ilişkisi.	63
3.16:	Tulou konut binalarındaki malzeme kullanımına ait kesit ve perspektif.	65
3.17:	a) Tulou evi ana giriş kapısı ve dışa açılan cephenin pencere düzeni, b) Avluya bakan cephenin pencere düzeni.	66
3.18:	Tulou evi pasif soğutma stratejileri.	66
4.1:	Tasarımdaki doğa ilişkisinin evrimi.	69
4.2:	Doğanın 9 ana ilkesi.	71
4.3:	Yukarıdan aşağıya tasarım yaklaşımı aşamaları.	73
4.4:	Kutu balığı ve ağaç büyüme dokusundan ilham alınan biyonomik araba tasarımı.	73
4.5:	Aşağıdan yukarı tasarım yaklaşımı aşamaları.	74
4.6:	Nilüfer çiçeğinden ilham alınan Lotusan boyası.	74
4.7:	Biyomimikri seviyeleri ve beş olası durumu.	75
4.8:	Waterloo uluslararası terminal projesi ve ilham kaynağı pangolin.	76
4.9:	Eastgate Center projesi havalandırma sistemi ve termit höyüğü havalandırma sistemi.	77
4.10:	Zira Island projesi.	78

4.11:	a) Mimarlık ve doğa benzerliğine dair örnekler, b) Mimarlığın doğayı form olarak taklidinin ötesinde ele alış şeklindeki gelişime dair örnekler.	81
4.12:	Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası ve ilham kaynağı kaktüs bitkisi.	83
4.13:	a) Kutup ayısının cildi, b) Kutup ayısının katmalı cildinden ilham alan kompozit malzemeden yapılmış membran.	83
4.14:	Kentlerin dönüşümü ve değişimi.	87
4.15:	Biotic-tech gökdelen şehir projesi.	87
4.16:	Biyomimetik tasarım yapı örnekleri ve sağladıkları faydalar.	88
4.17:	a) Namib çöl böceği, b) Namib çöl böceğinin su toplama özelliğinden ilham alınarak geliştirilmiş mesh malzeme.	90
4.18:	Maymun Evi projesi.	91
4.19:	Maymun Evi'nin doğa ve çevresi ile bütünleşen dikeylik etkisi.	91
4.20:	Maymun Evi projesi ve ilham kaynağı Euterpe Edulis palmyesi.	93
4.21:	Maymun Evi iç mekan görünüşü ve iç mekanda kullanılan dekorasyon elemanları.	94
4.22:	Esplanade Sanat Merkezi.	97
4.23:	Esplanade Sanat Merkezi ve ilham kaynağı durian meyvesi.	98
4.24:	a) Dış mekandan algılanan fotosensörlü gölgeleme elemanlarının yönelişi ve geometrisi, b) İç mekanda algılanan gölgeleme elemanı sistemi ve etkisi.	101
4.25:	Al-Bahr Kuleleri.	103
4.26:	Al-Bahr Kuleleri'nde biyomimetik tasarım yaklaşımının uygulandığı gölgeleme elemanı birimi ve ilham kaynağı nilüfer çiçeği.	104
4.27:	Al-Bahr Kuleleri'ne ait giydirme cephe uygulamasının diğer sistemlere göre güneş kontrol mekanizması.	106
4.28:	Kinetik gölgeleme elemanlarının açılıp kapanabilen mekanizması.	107
4.29:	Wuhan Energy Flower Binası.	109
4.30:	a) Wuhan Energy Flower Binası genel görünüşü, b) Wuhan Energy Flower Binasına ilham kaynağı olan kalla zambağı çiçeği.	110
4.31:	Wuhan Energy Flower projesinde kullanılan sürdürülebilir çözümler.	112
4.32:	One Ocean Thematic Pavilyon.	114

4.33:	One Ocean Pavilyon projesine ilham kaynağı olan cennet kuşu çiçeği ve sergilediği hareket mekanizması.	115
4.34:	Kinetik cephe panellerinin açık ve kapalı durumu.	117
4.35:	One Ocean Thematic Pavilyon projesine ait sürdürülebilir strateji diyagramı.	117
4.36:	Pearl River Kulesi.	119
4.37:	Pearl River Kulesi ve ilham kaynağı deniz süngeri.	120
4.38:	a) Pearl River Kulesi'nin rüzgarı yapı içine almasını sağlayan iç bükey formu, b) Rüzgarı yapı içine alınmasını sağlayan boşluklar ve dikey eksenli rüzgar türbini.	122
4.39:	a) PV panel entegreli gölgeleme sistemi, b) İç jaluzi sistemi.	122
4.40:	a)Yerden havalandırılmalı soğutma sistemi, b) Pearl River Kulesi'nin iklim kontrol diyagramı.	123
4.41:	Gherkin Kulesi projesi.	125
4.42:	Gherkin Kulesi ve ilham kaynağı venüs bitkisi süngeri.	126
4.43:	Gherkin Kulesi projesi iç mekânı için özel tasarlanmış bitki saksıları.	127
4.44:	a) Cephede mekanik açılabilen pencereler, b) Projede oluşturulan ışık kuyusunun iç mekan algısı, c) Planda görülen 6 adet ışık kuyusu.	129
4.45:	Gherkin Kulesi'nin yaz/kış hava sirkülasyonu ve klima kullanımı.	129
4.46:	ThyssenKrupp Mahallesi ve Q1 Binası.	132
4.47:	a) Gölgeleme elemanlarının hareket sistemine izin veren dikey kablo sistemine entegre kanatların, kendi içindeki ve yandaki kanatlar ile çalışma mekanizması, b) Cephede farklı açı ve formlardan oluşan gölgeleme elemanı sistemi.	135
4.48:	Sabit-yatay ve hareketli-dikey gölgeleme elemanı sistemi.	136
4.49:	a) Kuzey/güney yönlenmesindeki panoramik çelik halat cephe sistemi, b) Panoramik cephe sisteminin iç mekanda sunduğu kesintisiz görüş imkanı.	136
5.1:	Dünyanın Köppen-Geiger iklim sınıflandırması.	141
5.2:	Seçilen ulusal/uluslararası geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin köppen iklim sınıflandırılmasına göre dağılımı.	143

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Geleneksel Malay Evi incelemesi.	51
3.2: Geleneksel Hicaz Evi incelemesi.	56
3.3: Geleneksel Safranbolu Evi incelemesi.	62
3.4: Geleneksel Tulou Evi incelemesi.	67
4.1: Maymun Evi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	93
4.2: Maymun Evi projesi incelemesi.	96
4.3: Espalande Sanat Merkezi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	98
4.4: Esplanade Sanat Merkezi projesi incelemesi.	102
4.5: Al-Bahr Kuleleri'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	104
4.6: Al-Bahr Kuleleri projesi incelemesi.	108
4.7: Wuhan Energy Flower Binası'nın biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	110
4.8: Wuhan Energy Flower Binası incelemesi.	113
4.9: One Ocean Pavilyon projesinin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	115
4.10: One Ocean Thematic Pavilyon projesi incelemesi.	118
4.11: Pearl River Kulesi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	120
4.12: Pearl River Kulesi projesi incelemesi.	124
4.13: Gherkin Kulesi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	126
4.14: Gherkin Kulesi projesi incelemesi.	131
4.15: ThyssenKrupp Mahallesi: Q1 Binası'nın biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.	133

4.16:	Biyomimetik tasarım yaklaşımı uygulanan Q1 Genel Merkezi incelemesi.	138
5.1:	Tropikal Yağmur Ormanı İkliminde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örnekleri Değerlendirmesi.	146
5.2:	Tropikal Yağmur Ormanı İklimi İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).	149
5.3:	Sıcak Çöl İkliminde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örnekleri Değerlendirmesi.	152
5.4:	Sıcak Çöl İklimi İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).	155
5.5:	Subtropikal İklimde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi.	158
5.6:	Subtropikal İklim İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).	162
5.7:	Ilıman Okyanusal İklimde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi.	166
5.8:	Ilıman Okyanusal İklim İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).	169
5.9:	Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının farklı noktaları.	174

1. GİRİŞ

Mimarlık disiplini, yüzyıllardır içinde bulunduğu dönemin toplumsal, ekonomik, kültürel, teknolojik gibi birçok değişkeni ile gelişim ve değişim geçirmiştir. Günümüzde ulusal ve uluslararası düzeyde karşılaşılan çevre sorunlarında yapı sektörünün artan rolü, mimarının çevresel değişimdeki sorumluluklarının gün geçtikçe arttığı ve bu doğrultuda çözümlerin geliştirilmeye çalışıldığı bir sürecin içine dahil olmasına neden olmuştur. Günümüzde yapılaşmanın artması ve gün geçtikçe artan tüketim olgusu mimarlığın etkilenmesine, günümüz ve gelecek kuşakların ihtiyaçlarına cevap veren sürdürülebilir mimarlık anlayışına yönelmeye neden olmaktadır. Bu doğrultuda sürdürülebilir mimarlıkta gün geçtikçe yeni yaklaşımlar ortaya çıkmakta ve çalışmalar artmaktadır.

Küresel ısınma, hammadde ve enerji kaynakların sınırlılığı, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımındaki artış başta mimaride olmak üzere yenilikçi çözümlerin araştırılmaya başlamasına neden olmuştur. Sürdürülebilir mimariye ulaşmak için yenilikçi bir yaklaşım olarak doğanın özünden öğrenen ve problemlere doğa tabanlı çözümler sunan biyomimetik tasarım yaklaşımı ile enerji etkin binalar tasarlanarak yapılaşmadan kaynaklı problemlerin önlenmesi üzerine çalışılmaktadır. Görülmektedir ki, günümüzde de mimarlık gelişmeler ve değişimler doğrultusunda şekillenmektedir. Bu doğrultuda günümüzde teknolojiden yararlanan ve doğayı taklit ederek çevre sorunlarına çözüm oluşturmaya çalışan sürdürülebilir çağdaş bir anlayışa sahip olan biyomimetik tasarım yaklaşımı üzerine çalışmalar artmaktadır. Aynı zamanda doğa ve mimarlık etkileşimi tekrar sorgulanmaya başlamaktadır.

Doğa, yüzyıllardır geçirdiği evrim süreci ile mevcut koşullara adapte olabilen en uygun çözümlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Daha az enerji harcayan sistem ve süreçleri içermesinden dolayı yüzyıllardır insanlığın gelişimine yön vermiştir. İnsanoğlu tarım, sanayi, teknolojik vb. değişim süreçlerinde doğa ile farklı düzeylerde ilişkisini sürdürmüştür. Bu süreç içinde bazen doğayla bütünleşmiş bazen ise doğayı karşısına almıştır. Bu durum mimariye de yansımıştır. Çağın gereksinimleri ile yapılaşma, sanayileşme ve kentleşme doğa üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkarmakta ve çevresel problemleri tetiklemede büyük bir rol oynamaktadır. Bu nedenle artık doğa ve mimarlık dengesinin değişmesi gerekliliğinin farkına varılmaktadır. Mimarlık doğadan öğrenerek ve doğanın sunduğu deneyimlerden yararlanarak bu olumsuz

değişimi lehine çevirmeye çalışmaktadır. Janine Benyus'un 1997'de çıkardığı 'Biomimicry: Innovation Inspired By Nature' kitabı üzerine popüler bir değer kazanan biyomimikri kavramı, mimarlığın doğanın sergilediği problemleri çözme yeteneğini kullanma potansiyelini gözler önüne sermeye önemli bir katkı sağlamıştır. Değişen koşullar altında günümüzde doğa, insan, mimari ilişkisi sorgulanmakta ve doğayla ilişki dâhilinde enerji etkin ve sürdürülebilir binaların inşa edilmesi talebi gün yüzüne çıkmaktadır [Karakoç ve Özer Yüksel, 2021].

Mimarlık ve doğa ilişkisine bakıldığında; insanoğlu geçmişten günümüze doğayı rol model olarak almış, doğaya her zaman başvurmuş ve yaşamını şekillendirmede önemli bir konuma yerleştirmiştir. Yıllar içinde bu değişim tersine dönmüş ve doğa ile kurulan etkileşim zayıflamıştır. Günümüzde insanoğlunun doğal çevre ve ekosistem üzerinde hâkimiyet kurma çalışmalarının olumsuz etkilerinin artması, doğaya dönüşü tekrar sorgulanmaya itmiştir. Bu çerçevede doğadan esinlenen, öğrenen ve taklit eden çağdaş sürdürülebilir mimarlıktaki biyomimetik tasarım yaklaşımı daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Biyomimikri/biyomimetik tasarım her ne kadar birçok disiplin için yeni bir kavram olsa da geçmişe uzanan tarihsel bir çerçeveye sahiptir.

Gün geçtikçe sürdürülebilir mimarlık kapsamında yenilikçi yaklaşımlar ortaya çıksa da bu yaklaşımların temeli uzun bir sürece dayanmaktadır. İnsanoğlu, geçmişten günümüze elindeki veriler ile doğayla uyumlu yaşamış ve çevreye uyum sağlayarak enerji etkin yapılar inşa etmiştir. Bu çerçevede geleneksel mimarlık geçmişten günümüze enerji etkin çözümler sunmakta ve günümüz mimarlığına örnek teşkil etmektedir. Geleneksel mimarlığın da önemli bir bileşeni olan doğa, günümüz çağdaş mimarlığın bir aracı olan biyomimetik tasarım yaklaşımında da önem kazanan bir konu olmaya başlamıştır. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının rol modeli doğadır. Geleneksel mimarlıkta bilinçli bir araştırma dururumu sergilemeden, deneme yanılma yoluyla çağın ihtiyaçları dâhilinde doğaya saygılı yapılar inşa edilmiştir. Biyomimikriye gelindiğinde adının da ifade ettiği gibi bios (yaşam) ve mimesis (benzetim) ifadelerinden anlaşılacağı üzere [Benyus, 2002] doğayı taklit eden bir anlayışa sahiptir ve gelenekselden en temel farkı bu durumun bilinçli bir araştırma sonucu olarak gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için kullanılmasıdır.

1.1. Sorun

Nüfus artışı, endüstrileşme, sanayileşme, hava-su-toprak kirliliği, yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılık, bilinçsizce kullanılan teknolojik gelişmeler gibi küresel ısınmayı tetikleyen sorunlar mimarinin de konusu haline gelmektedir. Günümüzde tek tipleşmiş, teknolojik merkezli, yerel bağlamdan kopuk ve çevresel değerleri yok sayarken çevreye zarar veren yapılar artmaya başlamaktadır. Aynı tip yapı uygulamalarının farklı ülkelerin iklimi, sosyal ve ekonomik yapısı göz ardı edilerek yapılması farklı konumlarda birbirini tekrar eden yapılaşmanın oluşmasını tetiklemiştir. Bu durum enerji tüketiminin fazla olduğu ve çevre ile bağ kuramamış yapılaşmanın artmaya başlamasına neden olmuştur. Bu doğrultuda ortaya çıkan ‘Sürdürülebilir Mimari’ ifadesi gittikçe önem kazanan ve dikkate alınması gereken bir konu haline gelmiştir. Sürdürülebilir mimariye ulaşmak için çağdaş birçok yenilikçi yöntem ortaya çıkmaktadır. Bu çağdaş yaklaşımlardan biri olan biyomimetik tasarım yaklaşımı, sürdürülebilir mimarinin gelişiminde önemli bir role sahiptir ve aynı zamanda farklı disiplinler içinde yüksek potansiyel taşımaktadır.

Bu doğrultuda incelenen ulusal ve uluslararası literatür ışığında biyomimetik tasarım yaklaşımının; yapı kabuğu, malzeme, endüstriyel tasarım, iç mimarlık, kentsel tasarım konularında ele alındığı ve örneklerinin birçok kapsamda incelendiği görülmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımının tasarım sürecine dâhil edilmesi, ulaşılabilirliği, tasarımcının rolü, teknoloji girdisi, bu konuda bilincin oluşmaması, maliyet gibi faktörler nedeniyle birçok ülkede uygulanamadığı ve yapı örneklerinin kısıtlı kaldığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda biyomimetik tasarımın farklı noktalarının ele alınması yaygınlaşmasına katkı sağlaması adına önemli bir hale gelmiştir.

Gelecek nesillere sürdürülebilir bir dünya bırakma amacı, mimarlıkta her ne kadar sürdürülebilir çağdaş oluşumların ortaya çıkmasını ve ele alınmasını hızlandırırsa da geçmiş teknikleri de araştırmayı gerekli kılmaktadır. Mimarinin geçirdiği değişim, çağdaş yaklaşımların geçmiş teknikler ile ilişkisinin kurulması üzerine çalışmaları araştırma konusu haline getirmiştir. Ortak paydada güçlü doğa ilişkisine sahip geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının birlikte ele alındığı çalışmalar ise oldukça kısıtlı kalmaktadır.

- **Önem**

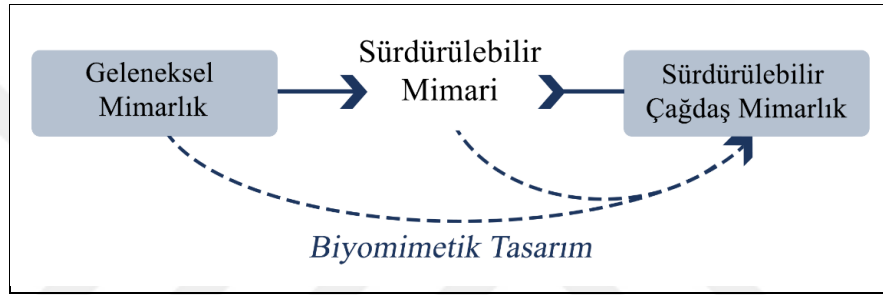
Teknoloji ve bilimsel gelişmeler ile sürekli değişen ve gelişen bir mimarlık söz konusudur. 21. yüzyılın getirdiği teknoloji ve yeni yaklaşımlar birçok sektörde de değişime neden olmaktadır. Teknolojik ve çevresel değişimi, sürdürülebilir mimarlık üzerinden inceleyerek günümüz ve gelecek mimarlığı nasıl etkilediğini anlamak, sorunların çözülmesine katkı sağlaması amacıyla önem taşımaktadır.

Çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımının tek başına incelenmesi günümüz ve gelecekteki mimarlık pratiği için yol gösterici olacaktır. Ancak doğa-mimari ilişkisi ve sürdürülebilir mimarlık sadece günümüze ait özellikler olmaması nedeniyle geçmiş teknikler ile ilişkisinin ortaya konmasının mimarının gelişimini desteleyeceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda doğa ilişkisi dâhilinde geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım arasındaki bağın ortaya konulması oldukça önemlidir. Çünkü geleneksel mimarlık günümüzde unutulmuş bir değere sahip olsa da biyomimetik tasarım yaklaşımdan daha yaygın ve kalıplaşmış verilere sahiptir. Biyomimetik tasarım yaklaşımına ait örnekler; maliyet, yüksek teknoloji, disiplinler arası ilişkisinin yaygın olmayışı gibi birçok nedenden dolayı daha kısıtlıdır. Bu doğrultuda iki mimarlık pratiği arasında bir bağlantı kurulup kurulamayacağının anlaşılması oldukça değerli görülmektedir. Ayrıca tez çalışmasında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımındaki benzerlik ve farklılıkların saptanmasının, biyomimetik tasarım yaklaşımının yaygınlaşmasına ve gelişimine katkı sağlayıp sağlamadığının belirlenmesinin de önemli olduğu düşünülmektedir.

1.2. Amaç

Teknolojik, biyolojik ve bilimsel odaklı gelişmeler mimarlığın değişim geçirmesine, geçmişteki eksiklerinin giderilmesine ve günümüz ihtiyaçlarını karşılayacak yeni bir girdi oluşmasına katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda sürdürülebilir mimarlığın gelişimi ve değişimi sonucunda ortaya çıkan çağdaş yaklaşımlardan biri olan biyomimetik tasarım yaklaşımının incelenmesi gerekmektedir. Tez çalışmasında; biyomimetik tasarım yaklaşımının günümüz, gelecek mimarlık pratiğini nasıl etkilediğini anlamak ve gelişimini sürdürebilmesi için geleneksel mimarlardan/tekniklerden ayrıştığı kısımların ortaya konulması hedeflenmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımının ortaya çıkış nedenleri, hangi

enerji etkin tasarım ve sürdürülebilir mimari ilkelerini barındırdığının belirlenmesi mimarlığının gelişimine katkı sağlaması adına oldukça önemlidir. Geleneksel mimarlıktaki sürdürülebilirlik anlayışının çağdaş yaklaşımlara aktarılmasında ve sürdürülebilir mimarinin gelişiminde köprü görevi gören biyomimetik tasarım yaklaşımının incelenmesi, ileride yapılacak yapılar için bilgi birikimi sunmaya katkıda bulunacaktır. Biyomimetik tasarım yaklaşımının geleneksel mimarlık ve sürdürülebilir çağdaş mimarlık ile ilişkisi Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Tez çalışmasında bu doğrultuda biyomimetik tasarım yaklaşımının, geleneksel mimarlık ile benzer ve farklı noktalarının belirlenmesiyle sürdürülebilir çağdaş mimarlık için rehberlik sunulması amaçlanmaktadır.



Şekil 1.1: Biyomimetik tasarım yaklaşımının geleneksel mimarlık ve sürdürülebilir çağdaş mimarlık ile ilişkisi.

Geleneksel mimarlık ile biyomimetik tasarım yaklaşımının ilişkisinin incelenmesi;

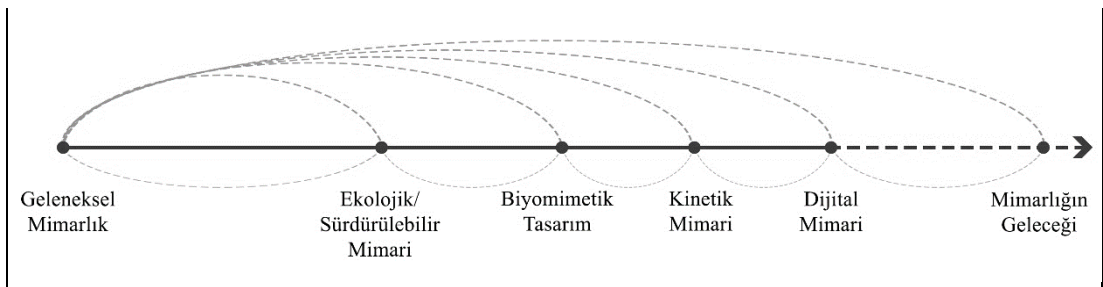
- biyomimetik tasarımın geçmiş tekniklerden ilham alması ile gelişimi,
- biyomimetik tasarım konusundaki bilincin, farkındalığın oluşması ve yaygınlaşmasına katkı sağlaması,
- sürdürülebilir mimarinin gelişimi adına birbirlerini besleme durumu,
- geleneksel mimarlığın sahip olduğu potansiyellerin ortaya çıkarılması

açısından önemli görülmektedir. Bu doğrultuda tez çalışmasında bu konuların ele alınması ve cevaplanması çalışmanın yan amaçlarını oluşturmaktadır.

- Hipotez

Doğaya uyum sağlayan, doğadan öğrenen geleneksel mimarlık ve çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımlarının amacı benzerdir. Her iki yaklaşımda, içinde olduğu zamanın koşullarına ve değişimlerine yanıt vermektedir. Geleneksel mimarlık, çağdaş sürdürülebilir mimarlığı destekleme potansiyeline sahiptir. Geleneksel ve çağdaş mimarlığın birleşimi ve etkileşimi ile zamanın koşullarına cevap veren, geçmişten öğrenen ve çevresel problemlere çözüm oluşturan sürdürülebilir yenilikçi bir yaklaşımın ortaya çıkacağı ön görülmektedir. Teknolojik imkânları yok saymadan geleneksel yaklaşımların özünün anlaşılması ve doğayla ilişkinin kurulması, sürdürülebilir mimarlık pratiği için olumlu sonuçlar elde etmeyi sağlayacaktır.

Günümüz ve gelecek mimarlığı, geleneksel mimarlığın karşılayamayacağı noktalarda ve yetersiz kaldığı kısımlarda biyomimetik tasarım gibi yenilikçi sürdürülebilir yaklaşımlar ile çözüm oluşturmaya çalışmaktadır. Yenilikçi yaklaşımların, geleneksel değerleri göz ardı etmeden çağa ayak uydurarak gelişmesi desteklenmelidir. Mimarlığın eklemlenerek gelişimi, değişimi ve sürecin birbiri ile etkileşimi Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Mimarlık disiplininin geçirdiği süreç doğrultusunda günümüzde, geleneksel ve çağdaş yaklaşımların birbiri ile etkileşimi sağlanmalı ve sürdürülebilir yapılar tasarlamak ana hedef olmalıdır. Çünkü sürdürülebilir bir gelecek için geleneksel mimarlardan dersler çıkarmamız her yüzyılda gereklidir. Tez çalışmasında bu veriler ışığında, geleneksel mimarlık ve çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımının sentezlenmesinin sürdürülebilir mimarlık adına olumlu katkılar sağlayacağı hipotezi ile yola çıkılmıştır.



Şekil 1.2: Mimarlığın eklemlenerek gelişimi, değişimi ve sürecin birbiri ile etkileşimi.

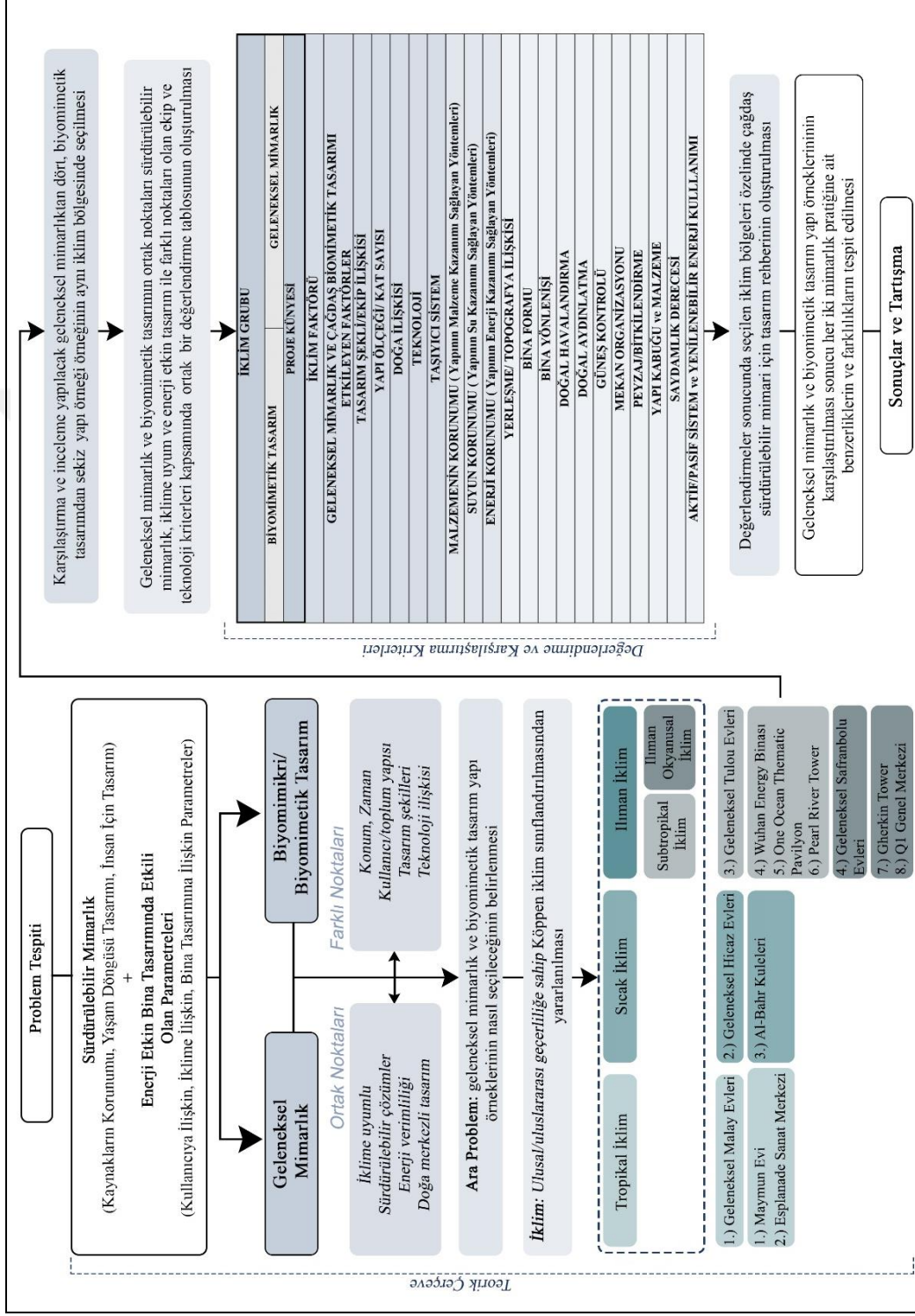
1.3. Kapsam ve Yöntem

Tez kapsamında doğaya uyumlu geleneksel mimarlık ve doğayı taklit eden çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımı, sürdürülebilir mimarlık ve enerji etkin yapı tasarım parametreleri bakımından incelenmiştir. Tez çalışması toplamda altı bölümden oluşmaktadır ve Şekil 1.3’de tez işleyiş şeması gösterilmektedir. Tezin ilk bölümünde sorun, önem, amaç, hipotez, kapsam ve yöntem ele alınmıştır. İkinci bölümde sürdürülebilir mimari ve enerji etkin yapı tasarımında etkili olan parametreler incelenmiştir. Üçüncü bölümde geleneksel mimarlık; doğa, teknoloji, mimarsız mimarlık, iklim, sürdürülebilir mimari ve enerji etkin yapı tasarımı kapsamında ele alınmıştır. Geleneksel mimarlığa ait tropikal, kurak ve ılıman iklim bölgelerinden seçilen toplamda 4 örnek proje incelenmiştir. Dördüncü bölümde biyomimetik tasarım yaklaşımı; doğa, teknoloji, disiplinlerarası ilişki, iklim, sürdürülebilir mimari ve enerji etkin yapı tasarımı kapsamında ele alınmıştır. Biyomimetik tasarıma ait tropikal, kurak ve ılıman iklim bölgelerinden seçilen toplamda 8 örnek proje incelenmiştir. Beşinci bölümde köppen iklim sınıfına ait tropikal (tropikal yağmur ormanı iklimi), kurak (sıcak çöl iklimi) ve ılıman (subtropikal iklim ve ılıman okyanusal iklim) iklim bölgelerinin dört alt grubundan seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örnekleri karşılaştırılmıştır. Tez kapsamında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımdan seçilen yapı örneklerinin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için ekip ve teknoloji ilişkisi, tasarımda doğayla kurulan ilişki yöntemi, yapı ölçeği, taşıyıcı sistemi, sürdürülebilir mimarlık kaynak korunumu ilkeleri, enerji etkin ve iklimle uyumlu tasarım parametreleri, saydamlık derecesi, aktif/pasif sistem kullanımı gibi kriterlere başvurulmuştur. Bu karşılaştırma ve değerlendirme sonucunda farklı iklim bölgeleri özelinde çağdaş sürdürülebilir mimarlık için tasarım rehberi oluşturulmuştur. Bu geleneksel mimarlık ve çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımının benzerlikleri ve farklılıkları tespit edilmiştir. Altıncı bölümde sonuçlar ele alınmış, geleneksel mimarlık ve çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımının harmanlanması durumu ve potansiyellerinden bahsedilmiştir.

Uzun bir geçmişe sahip geleneksel mimarlık yapı örnekleri her ne kadar farklı konumlarda çeşitliliğe sahip olsa da sürdürülebilir mimari ve enerji verimliliği konusunda ele alınabilecek örnek projeler konusunda literatürde eksiklikler tespit edilmiştir. Biyomimetik tasarımda ise yapı örnekleri kısıtlı olmasına rağmen

uygulanan örnek projeler hakkında sürdürülebilir mimari ve enerji verimliliği konusunda detaylı araştırmalar bulunmaktadır. Ayrıca her iki mimarlık pratiğine ait yapı örneklerinin aynı iklim bölgesinden seçilmesi örneklerin seçiminde kısıtlılık yaratmıştır. Köppen iklim sınıflandırılmasında benzer iklim gruplarından yapı örneklerinin seçilmeye çalışılması durumunda, biyomimetik tasarım ile karşılaştırmanın yapılacağı geleneksel mimarlığa ait yapı örnekleri daha kısıtlı kalmıştır. Böylece biyomimetik tasarımdan seçilen yapı örnekleri daha fazla tutulmuştur. Bu gibi nedenler doğrultusunda tez çalışmasında, geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin eşit sayıda seçilememesi durumu çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

Tez çalışmasında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım ilişkisi literatür taraması yöntemi ile ele alınmıştır. Konu kapsamında ulusal ve uluslararası bildiri, makale, kitap, tez çalışması, internet kaynakları incelenmiş ve bu doğrultuda veriler toplanmıştır. Literatür incelemesi sonucu geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının karşılaştırılmalı değerlendirilmesinin yapılabilmesi için sürdürülebilir mimarlık ve enerji etkin yapı tasarımı konularının uygun olduğu tespit edilmiştir. İki mimarlık pratiğinin ulusal/uluslararası yapı örnekleri üzerinden karşılaştırılmalı analizinin yapılabilmesi için uluslararası geçerliliğe sahip olan Köppen iklim sınıflandırılmasından yararlanılmıştır. Bu doğrultuda Köppen iklim sınıflandırılmasına göre tropikal, kurak ve ılıman iklim bölgelerinden seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımına ait 12 yapı örneği incelenmiştir. İncelemeler sonucunda farklı iklim bölgelerinden seçilen her iki mimarlık pratiğine ait yapı örneklerinin karşılaştırıldığı tablolar oluşturulmuştur. Her iki mimarlık pratiğine ait incelenen yapı örnekleri doğrultusunda iklim bölgeleri özelinde çağdaş sürdürülebilir mimarlık (geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımın sentezi) için tasarım rehberleri oluşturulmuştur. Değerlendirmeler ışığında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının benzer ve farklı olduğu noktalar tespit edilmiştir.



Şekil 1.3: Tez işleyiş şeması.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ ve ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI

Nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme ile beraber yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı ekolojik döngünün bozulmasına, çevre kirliliğinin ve zararlı emisyonların artmasına neden olmuştur. Tüketimdeki artış ile beraber üretim-tüketim dengesinin kurulamaması doğanın tahrip olmasını hızlandırmıştır. Son yüzyılda yaşamımızın şekillenmesine yön veren teknoloji faktörü, insan yaşamını kolaylaştırmada bir araç haline gelse de bilinçsizce kullanımı çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Ayrıca geçmiş bilgi birikiminin/yerel değerlerin terk edilmeye başlanması da çevresel sorunları tetiklemiştir. İnsan kaynaklı yapılaşma ve tetiklediği sorunların gün yüzüne çıkması, problemlere cevap oluşturacak çözümlerin araştırılmasını gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda gelecek nesillerin ihtiyaçlarına cevap veren sürdürülebilir mimari, seçim olmaktan çıkarak bir zorunluluk haline gelmiştir. Sürdürülebilir mimari, yapılaşmadan kaynaklı problemlere tepki olarak ortaya çıkmış ve mimarlığın olumlu değişim geçirmesini sağlamıştır. Ek olarak yapıların enerji tüketiminin azaltılması için uzun zamandır süregelen ama günümüzde terk edilen enerji etkin tasarım uygulamaları, sürdürülebilir mimari ile beraber tekrar önem kazanan bir konu olmaya başlamıştır.

Bu bölümde sürdürülebilirliğin tarihsel çerçevesi, üç boyutu (çevresel, ekonomik, toplumsal), sürdürülebilir mimarlık ilkeleri ve enerji etkin bina tasarım parametreleri incelenmektedir.

2.1. Sürdürülebilir Mimarlık

Çevresel sorunlar “Sürdürülebilirlik” kavramının ve anlayışının gelişim sürecini tüm dünyanın gündemine almasını sağlamıştır ve bu doğrultuda ulusal/uluslararası birçok çalışma yürütülmüştür.

- 1970’lerde petrol krizi, alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi ve enerji etkin yapı tasarımını ele almaya neden olmuştur.
- 1971 yılında İsviçre’de sürdürülebilir kalkınma ve çevre konusu ele alınmıştır.

- 1972 yılında Stockholm’da ‘İnsan ve Çevre’ Konferansı’nda tüm insanlığın çevreyi koruması gerekliliği anlatılmıştır.
- 1980’lerde küresel ısınma kavramı gündeme gelmeye başlamıştır.
- 1983 yılında Birleşmiş Milletler tarafından açıklanan ve 1987 yılında yayınlanan ‘Ortak Geleceğimiz’ (Brundtland) raporuna göre sürdürülebilir kalkınma;

“bugünün gereksinimlerini, gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından ödün vermeden karşılamak”

olarak ifade edilmektedir [World Commission on Environment and Development, 1987].

- 1992 yılında Brezilya’da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı yapılmıştır.
- 1993 yılında Chicago’da Uluslararası Mimarlar Birliği Dünya Kongresi’nde tasarımcıların, tasarımlarını sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde geliştirmeleri üzerinde durulmuştur.
- 1996 yılında İstanbul Habitat 2 ‘Kent Zirvesi’ Konferansı’nda şehirleşmenin neden olduğu sorunlar ve çözümler üzerinden sürdürülebilir kalkınma ele alınmıştır.
- 1997 yılında Kyoto’da Birleşmiş Milletler İklim Değişimi Çevre Konferansı’nda ‘Kyoto Protokolü’ imzalanmıştır [Sev, 2009].
- 2009 yılında Kopenhag’da Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı yapılmıştır.
- 2015 yılında Paris’te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansı’nda (COP 21) iklim değişikliği konusunu kapsamlı ele alan Paris iklim anlaşması imzalanmıştır. Böylece bütün ülkeler sera gazı emisyonunun azaltılması konusunda üstlerine düşen sorumlulukları gerçekleştirmeyi küresel ölçekte tahaahüt etmiştir [WEB-1, 2021]. 2015 yılından 2021 yılına kadarki süreçte Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansları ile küresel ısınma ve sera gazı konuları tartışılmaya devam edilmiştir.

Çevre sorunlarının baş göstermesinden itibaren ulusal ve uluslararası ölçekte ele alınan sürdürülebilirlik kavramı ve anlayışı, mimariyi de etkisi altına almıştır. Bu

doğrultuda gelişim gösteren sürdürülebilir mimarlık uygulamalarındaki temel gaye; tasarımı ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerin dikkate alınması ile çağa en uygun çözümlerin gerçekleştirilmesini sağlarken doğal ve yapay çevre arasındaki ilişkiyi dengede tutmak olmuştur.

“Sürdürülebilir mimarlık, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümü”

olarak ifade edilebilmektedir [Sev, 2009].

Sürdürülebilir mimari, hammadde kaynaklarını ve çevreyi korumayı hangi iklim, sosyal, ekonomik, teknolojik etkiye maruz kalırsa kalsın mevcut imkânlar ışığında günümüz ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarına duyarlı bir yaklaşım sunmayı amaçlamaktadır [Aydın İpekçi ve Karakoç, 2021]. Sürdürülebilirlik mevcut imkânlar ve gelişmeler ışığında çevreye duyarlı, her koşul için değişebilen ve gelişebilen bir anlayışı ifade etmektedir. Sürdürülebilir mimarlık;

- doğa ve iklim şartları ile uyumlu olmak,
- mevcut imkanları değerlendirerek gelişim göstermek,
- enerji, malzeme ve suyu etkin kullanmak,
- minimum atık oluşumunu desteklemek,
- yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak

gibi prensiplere dayanarak günümüz ve gelecek nesiller için sağlıklı yaşam alanları geliştirilmesine katkı sunmayı planlamaktadır.

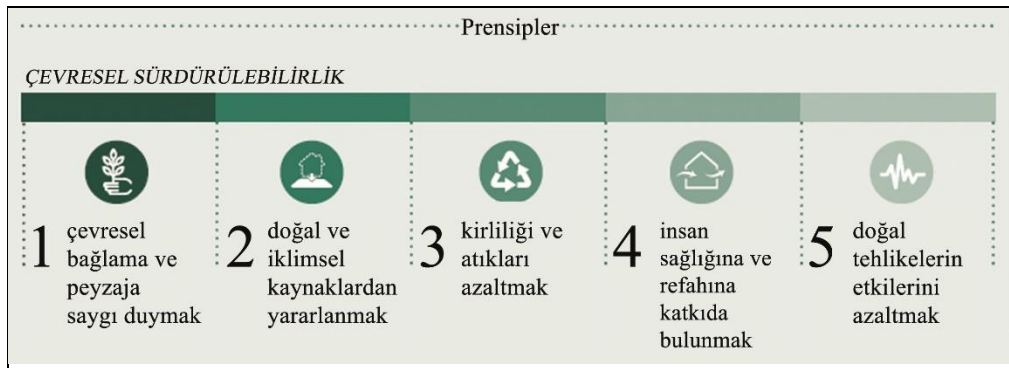
Sürdürülebilirliğin her anlamda ve alanda oluşturulabilmesi için çevresel, ekonomik ve sosyal yönlerinin de ele alınması gerekmektedir. Çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin birlikte ele alınması gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmanın en önemli adımlarındandır. Buradaki önemli nokta bu sürdürülebilirliğin üç boyutuna verilecek dengenin mevcut imkânlar doğrultusunda belirlenmesi gerekliliğidir.

2.1.1. Çevresel Sürdürülebilirlik

Çevresel sürdürülebilirlik; kaynakların korunumu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve ekosistem dengesinin korunmasını ifade etmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik doğal ve yapay çevre dengesinin kurulmasını amaçlamaktadır. Sürdürülebilir çevresel kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik;

- atık oluşumunun azaltılması ve atıkların yeniden kullanılması,
- yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması,
- malzemelerin yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi ve geri dönüştürülebilir olması,
- enerji tüketiminin azaltılması, korunması ve depolanması
- kaynakların korunması,
- üretimde toksit madde kullanılmaması ve çevre kirliliğinin azaltılması,
- çevresel bağlama ve peyzaja saygı duyulması,
- doğal ve iklimsel kaynaklardan yararlanılması,
- insan sağlığına ve refahına katkıda bulunulması,
- doğal tehlikelerin etkilerinin azaltılması

prensiplerine dayanmaktadır [Sev, 2009; Correia et al., 2014]. Versus (Vernacular Heritage Sustainable Architecture) projesi kapsamında ele alınan çevresel sürdürülebilirlik prensipleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir [Correia et al., 2014].



Şekil 2.1: Çevresel sürdürülebilirlik prensipleri.

2.1.2. Toplumsal (Sosyo-kültürel) Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir toplumsal kalkınma; günümüz ve gelecek nesillerin yaşam kalitesinin artırılmasını, toplumsal etkileşimin sağlanmasını, nesiller arası eşitlik ve dengenin korunmasını ifade etmektedir [Sev, 2009]. Toplumsal sürdürülebilirlik, toplumu oluşturan değer yargıları diğer bir ifade ile kültürel mirasın korunması ve toplumsal dayanışmanın oluşmasına dayanmaktadır. Sürdürülebilir toplumsal kalkınma ve toplumsal sürdürülebilirlik;

- toplumun yaşam kalitesinin artırılması ve sosyal dayanışmanın desteklenmesi,
- toplumun sağlığının, güvenliğinin sağlanması ve gelişiminin desteklenmesi,
- kültürel peyzajın korunması,
- manevi değerlerin tanınması ve yapı kültürlerinin aktarılması,
- yenilikçi ve yaratıcı çözümlerin geliştirilmesi

prensiplerine dayanmaktadır [Sev, 2009; Correia et al., 2014]. Versus (Vernacular Heritage Sustainable Architecture) projesi kapsamında ele alınan sosyo-kültürel sürdürülebilirlik prensipleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir [Correia et al., 2014].



Şekil 2.2: Sosyo-kültürel sürdürülebilirlik prensipleri.

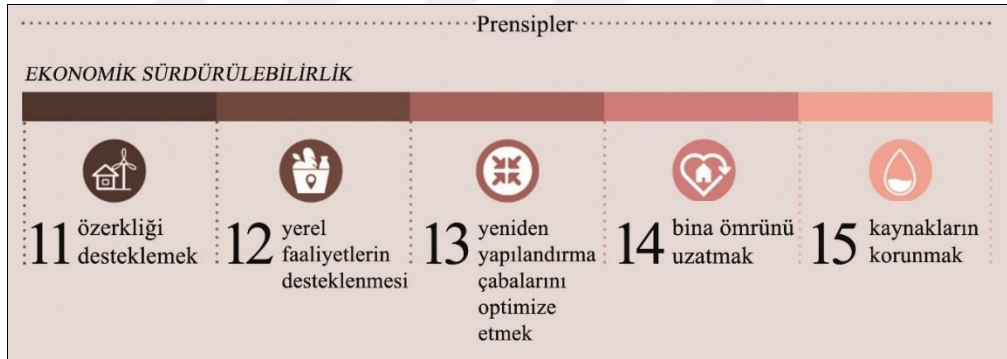
2.1.3. Ekonomik Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir ekonomik kalkınma; toplum refahının artırılmasını, insan yaşamının maddi ve manevi geliştirilmesini, sosyal kültürel yapının değiştirilmesini ifade etmektedir [Sev, 2009]. Uzun dönem kaynak verimliliğinin sağlanması için

planlamaların yapılması önemlidir. Bu doğrultuda tasarımlarda kaynak verimliliğinin, yapının maliyetinin planlanması ve yerel ekonomiye etkisi gibi konuların ele alınması gerekmektedir. Sürdürülebilir ekonomik kalkınma ve ekonomik sürdürülebilirlik;

- enerji ve kaynak etkinliğinin sağlanması ve korunması,
- yeni pazar alanlarının oluşturulması,
- yaşam kalitesinin geliştirilmesi,
- bina ömrünün uzatılması,
- yeniden yapılandırma çabalarının optimize edilmesi,
- yerel faaliyetlerin ve özerkliğin desteklenmesi

prensiplerine dayamaktadır [Sev, 2009; Correia et al., 2014]. Versus (Vernacular Heritage Sustainable Architecture) projesi kapsamında ele alınan sosyo-ekonomik sürdürülebilirlik prensipleri Şekil 2.3’de gösterilmiştir [Correia et al., 2014].



Şekil 2.3: Sosyo-ekonomik sürdürülebilirlik prensipleri.

2.2. Sürdürülebilir Mimarlık İlkeleri

Sürdürülebilir tasarım; inorganik unsurlar, canlı organizmalar ve insanlardan oluşan küresel ekosistemin yaşamının devamlılığını sağlayan çevreye uyumlu çözümler oluşturmayı ifade etmektedir [Kim and Rigdon, 1998]. Sürdürülebilir mimarlık bir yapının tasarım aşamasından başlayarak, inşası, kullanımı ve yıkımına kadar ki tüm sürecin doğal çevre ile ilişkisini ele alarak uzun vadede olumlu çözümler ortaya koymayı amaçlamaktadır.

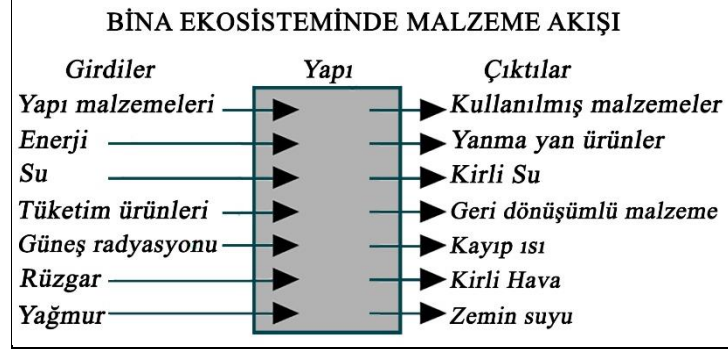
Kaynakların korunumu, yaşam döngüsü tasarımı ve insan için tasarımdan oluşan sürdürülebilir mimarlık ilkelerinin tasarımlarda dikkate alınması çevre bilincinin oluşmasını ve yapıların çevresel olumsuz etkilerinin önlenmesine katkı sağlamaktadır. Şekil 2.4’de Sürdürülebilir mimarlık ve kirliliğin önlenmesi için gerekli olan ilkelerin ve stratejilerin ele alındığı kavramsal çerçeve gösterilmektedir [Kim and Rigdon, 1998].



Şekil 2.4: Sürdürülebilir mimarlık ve kirliliğin önlenmesi için kavramsal çerçeve.

2.2.1. Kaynakların Korunumu

Yapılarda yapım aşamasını takiben gerçekleştirilen tüm faaliyetler, yerel ve küresel çevreyi etkilemektedir. İnsanların yaşamlarının büyük bir zamanını geçirdiği yapılar; enerji, malzeme ve su kaynaklarının tüketiminin gerçekleştirildiği alanların başında gelmektedir. Bu doğrultuda yapılarda tüm yaşam döngüsü boyunca kaynak akışı devam etmektedir ve bu durum çevre üzerinde uzun süreli etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Yapıda kullanılan kaynaklar (girdiler) işlevlerini yerine getirdikten sonra ekosisteme çıktı olarak dönmektedir [Kim and Rigdon, 1998]. Şekil 2.5’de bina ekosistemindeki girdi ve çıktılardan oluşan kaynak akışı gösterilmiştir [Kim and Rigdon, 1998]. Yapı sektöründe bu akış içinde kaynakların etkin yönetilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.5: Bina ekosistemindeki kaynak akışı.

Sürdürülebilir mimari kaynakların korunumu ilkesi; doğal kaynak kullanımının azaltılması, yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi konularına odaklanmaktadır. Yapılarda kaynak korunumu sağlayan stratejiler; suyun, malzemenin ve enerjinin etkin kullanımıdır. Sürdürülebilir mimari kaynak korunumu ilkeleri ve yöntemleri Şekil 2.6’da özetlenmiştir [Kim and Rigdon, 1998]. Bu ilkelerin uygulanması yapılarda kaynakların girdi ve çıktı akışı içerisinde yönetiminin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.



Şekil 2.6: Sürdürülebilir mimari kaynakların korunumu ilkeleri ve yöntemleri.

2.2.1.1. Enerjinin Etkin Kullanımı

Yapının inşaat, kullanım ve yıkım aşamaları enerji tüketimi ile doğrudan ilişkili bir süreci ifade etmektedir. Özellikle kullanım aşamasındaki ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi kullanıcı konforu gereksinimlerinin sağlanmasında enerji tüketimi oldukça fazla olmaktadır. Bu gereksinimleri sağlarken enerji tüketimini azaltacak tasarım stratejilerinin uygulanması enerji korunumuna katkıda bulunmaktadır. Başta fosil kaynaklı yenilenemeyen enerji kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi gerekmektedir. Yapı tasarımındaki stratejiler ile entegreli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı enerji tasarrufuna ek olarak enerji kazanımına da olanak vermeye katkıda bulunacaktır.

- Enerji verimli kentsel ve arazi planlaması,
- Alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı,
- Pasif ısıtma ve soğutma stratejilerin uygulanması (yapı formu, yapı kabuğu, yönlene vb. stratejiler),
- Düşük oluşum enerjili malzeme kullanımı,
- Yalıtımın sağlanması (ısı kazancı veya ısı kayıplarının önlemesi),
- Enerji verimli ekipman ve alet kullanımı,
- Gün ışığından yararlanma,
- Enerji tasarrufu sağlayan detaylandırma ve malzeme seçimi

gibi stratejiler enerji korunumun sağlanmasına katkıda bulunmaktadır [Kim and Rigdon, 1998; Sev, 2009].

2.2.1.2. Suyun Etkin Kullanımı

Yapılarda suyun etkin kullanımı; su kullanımının azaltılması ve suyun yeniden kullanılması prensibine dayanmaktadır. Bölgeye/yere uygun ağaç türlerinin seçimi ve su döngüsünü kesintiye uğratmayacak şekilde peyzaj tasarımının yapılması su kullanımının azaltılmasını katkıda bulunmaktadır.

Yağmur suyunun toplanması, yeni bir su kaynağının elde edilmesini sağlamaktadır ve yapı uygulamalarında altyapı yükünü azaltılmasına katkıda

bulunmaktadır [Esin ve Yüksek, 2009]. Yağmur suyu, bahçe sulaması ve yapı içinde çeşitli amaçlarda kullanılabilir. Yapılarda duş, çamaşır ve bulaşık makinesinden elde edilen gri su ise fazla bir arıtma işlemi gerektirmeden peyzaj sulamasında kullanılabilir.

- Yapıda su verimli sistem ve ekipman kullanımı,
- Yağmur suyunun toplanması ve kullanımı,
- Atık suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı,
- Su etkin peyzaj planlaması [Esin ve Yüksek, 2009],
- İklimlendirmede su kullanımı (pasif ve aktif sistemler),
- Atık su arıtma sistemlerinin kullanımı

gibi stratejiler su korunumunun sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

2.2.1.3. Malzemenin Etkin Kullanımı

Doğal kaynakların korunması ve yapının girdi-çıktı ilişkisinin dengede tutulabilmesi adına malzeme kaynaklarının etkin kullanılması gerekmektedir. Mimari tasarım aşamasında çevredeki doğal kaynakların analiz edilip potansiyellerinin farkına varılması ile malzeme tercihlerinde bulunulması, malzemenin yaşam döngüsü sürecindeki üretim ve ulaşım aşamasındaki enerji miktarının azaltılmasını katkı sağlamaktadır. Tasarım aşamasında malzemenin geri dönüştürülme potansiyelinin dikkate alınması ve yapı/yapı dışı atıklarının tasarıma dâhil edilmesi kaynak korunumu adına oldukça önemlidir. Tasarım aşamasında bu kararların uygulanmasında mimara/tasarımcıya büyük rol düşmektedir.

Modüler ve uyarlabilir esnek malzeme tercihleri, malzeme israfının önüne geçilmesini sağlamaktadır. Malzeme tercihleri dışında yapının da modüler ve esnek bir sistem ile planlanması yapının yaşam döngüsü sonunda yapı elemanlarının kullanılabilirliği adına oldukça önemlidir. Yapının kullanım ömrü sonunda uygun olan malzemeler yeniden kullanılarak yapı yaşam döngüsüne dâhil edilebileceği gibi geri dönüştürülerek hammadde kaynağı haline gelebilmektedir. Bu durum kaynakların korunmasına ve atıkların azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

- Enerji etkin malzeme seçimi,
- Yerel malzeme kullanımı,
- Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanımı,
- Geri dönüştürülebilir, geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanıma uygun malzeme kullanımı,
- Uzun ömürlü ve dayanıklı malzeme kullanımı,
- Malzeme tasarrufu sağlayan tasarım,
- Yapı ve yapı elemanlarının uygun boyutlandırılması,
- Mevcut yapıların iyileştirilmesi, işlevini kaybetmiş binaların yeni kullanımlar ile geri kazanımı,
- Alternatif yapı malzemesi kullanımı [Kim and Rigdon, 1998; Esin ve Yüksek, 2009],
- Atık yönetimi,
- Düşük oluşum enerjisine sahip malzeme kullanımı,
- Modüler ve uyarlanabilir esnek malzeme kullanımı

gibi stratejiler malzeme korunumunun sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

2.2.2. Yaşam Döngüsü Tasarımı

Yaşam döngüsü tasarımı, yapının tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadarki sürecin çevre üzerindeki etkisinin analiz edilmesi için bir yöntem sağlamaktadır [Sev, 2009]. Yapının yaşam döngüsü aşamalarındaki çevresel etkilerini en aza indirmek için ekosistemi nasıl etkilediğini anlamak oldukça önemlidir. Yaşam döngüsü tasarımı, yapı öncesi evresi ile yapıya girdi olarak giren kaynakların, yapı sonrası evresinde yararlı çıktılar olarak dönmesini amaçlamaktadır. Yapının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında tüm yaşam döngüsündeki çevresel etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Bir yapının yaşam döngüsü; yapı öncesi evresi, yapı evresi ve yapı sonrası evresi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır.

- Yapı öncesi evresi; arazi seçimi, yapı tasarımı ve yapı malzemelerin seçimi gibi aşamaları kapsamaktadır. Bir yapının sürdürülebilir olmasında yapı öncesi evresi ilk aşamayı oluşturmaktadır. Bu nedenle bu evrede çevresel etkilerin dikkate alınarak tasarımın geliştirilmesi ve planlamasının yapılması gerekmektedir.
- Yapı evresi; inşaat ve kullanım süreçlerini kapsamaktadır. Bu evrede yapının, kullanıcı sağlığı üzerine uzun vadedeki etkisi de ele alınmaktadır.
- Yapı sonrası evresi; yapının ömrünün sona ermesi ile başlayan süreci kapsamaktadır. Bu süreçte yapı için yeniden kullanım, geri dönüşüm ve bertaraf olmak üzere üç olasılık bulunmaktadır [Kim and Rigdon, 1998]. Yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin yeniden kullanılması ve/veya geri dönüştürülmesi atıklarının azaltılmasının yanı sıra kaynak tasarrufu sağlamaktadır.

2.2.3. İnsan İçin Tasarım

Bir kişinin hayatının %70'inden fazlası kapalı alanlarda geçmektedir. Bu nedenle mimari kullanıcıların sağlığının, güvenliğinin ve konforunun sağlanmasında önemli bir role sahiptir. İnsan için tasarım, insan ve doğal dünya arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Yapı-kullanıcı ilişkisini ve insan yaşantısını daha iyi bir hale getirmeye odaklanmaktadır. Bu doğrultuda insan için tasarım; doğal kaynakların korunması, kentsel tasarım ve arazi planlaması, insan sağlığı ve konforu için tasarım olmak üzere üç ana stratejiden oluşmaktadır [Kim and Rigdon, 1998]. İnsan için tasarım stratejilerinin uygulanması, tüm ekosistemin uyumlu bir şekilde yaşayabilme durumuna katkı sağlamaktadır.

2.3. Enerji Etkin Bina Tasarımında Etkili Olan Parametreler

Sanayileşme ve makineleşme ile hızlı bir artış gösteren yenilenemeyen enerji kaynaklarının bilinçsiz ve tutarsız kullanımı, 1970'li yıllarda enerji krizinin baş göstermesine neden olmuştur. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının sınırlılığı ve yakın gelecekte tükenme durumu, enerji konusunu önemli bir konuma yerleştirmiştir. Enerji tüketiminde yapı sektörü, sanayi ve ulaşım sektörlerinden sonra en büyük role sahiptir [Ulukavak Harputlugil, 2016]. Dünyada binalarda kullanılan enerjinin toplam

enerjinin içindeki payı % 45-50 kadardır. Türkiye de ise bu oran % 35-40 bulmaktadır [Yılmaz, 2006]. Bina yaşam döngüsünde en uzun süreye sahip kullanım aşamasında ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gereksinimlerini karşılamak için harcanan enerji miktarı oldukça fazladır.

Farklı sektörlerde artan enerji tüketiminin tetiklediği enerji krizi, çevreyi kirletmeyen alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını ve enerji verimli bina tasarımı konularını gündeme getirmiştir. Enerji etkin bina tasarımının her ne kadar enerji krizi ile ortaya çıkan yeni bir konu olduğu düşünülse de aslında geleneksel mimarlığın enerji etkin çözümleri barındırdığı bilinmektedir. Bu doğrultuda bu konuda geleneksel mimarlardan günümüzdeki tasarımlara aktarılacak birçok ders bulunmaktadır.

Enerji etkin tasarım; yapının tüm yaşam döngüsü sürecini ele alması, toplumsal yarar önceliğine sahip olması, enerji korunumu sağlayan pasif tasarım yaklaşımlarına yoğunlaşması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gibi özellikleri ile geleneksel tasarım sürecinden ayrılmaktadır [Dikmen, 2011].

- Kışın ısıtma, yazın soğutma ihtiyacı için gerekli enerji tüketim miktarını minimize edecek şekilde tasarımın geliştirilmesi önem taşımaktadır.
- Doğal yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve yapıda pasif ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma stratejilerinin uygulanması sayesinde mekanik sistem ihtiyacının ortadan kaldırılması veya hafifletilmesi gerekmektedir.
- Yüksek konfor beklentisi, kullanıcı talebi ve doğal çevre faktörlerinden yararlanılamayan koşullarda mekanik sistemlerin rolü ortaya çıkmaktadır. Bu konudaki önemli nokta mekanik sistemlerin hâkim olmadığı bir düzeninin gerekliliğidir. Bu özelliklerin bütünü enerji etkin tasarımı özetlemektedir [Utkutuğ, 1999].

Yapıların enerji etkin şekilde tasarlanması, enerji tüketiminin ve mekanik sistemlere olan ihtiyacın azaltılmasını sağlamaktadır. Bu doğrultuda enerji tüketimini azaltan pasif tasarım ilkeleri baştan planlanmalı ve gerektiği takdirde HVAC iklimlendirme sistemlerine başvurulması gerekmektedir. Yapılarda enerji etkinliğinin sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin kullanılması da oldukça önemlidir. Mimari artık estetik özelliklerin dışında minimum enerji

tüketen, enerji verimliliğini destekleyen ve çevre ile bir bütün olmaya ihtiyaç duyan bir konuma doğru evrilmektedir. Bu süreçte sürdürülebilir mimarlık önemli potansiyeller sunmaktadır.



Şekil 2.7: Enerji etkin bina tasarımında etkili olan parametreler (şekil yazar tarafından düzenlenmiştir).

Enerji etkin bina tasarımı, yapılaşmanın olumsuz etkilerini azaltmayı ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca toplumsal, çevresel ve ekonomik sağladığı faydalar doğrultusunda detaylı incelenmesi gerekmektedir. Tez kapsamında enerji etkin yapı tasarımında etkili olan; kullanıcıya ilişkin, iklime ilişkin ve binaya ilişkin parametreler incelenmiştir. Şekil 2.7’de enerji etkin bina tasarımında etkili olan parametreler özetlenmiştir [Özdemir, 2005]. Bu doğrultuda tezin üçüncü ve dördüncü bölümünde seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örnekleri iklime ve binaya ilişkin parametreler kapsamında ele alınarak değerlendirilmiştir.

2.3.1. Kullanıcıya İlişkin Parametreler

Enerji etkin bina tasarımında, dış çevresel değişkenlerin (iklim faktörleri) yanı sıra kullanıcıya bağlı parametreler de oldukça önemlidir. Kullanıcıya ilişkin

parametreler; kullanıcı niteliğine ve durumuna bağlı parametreler ve fizyolojik parametreler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

- Kullanıcı niteliğine ve durumuna bağlı parametreler: Irk, yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi ve giysi türü,
- Fizyolojik parametreler: Deri sıcaklığı, ortalama vücut sıcaklığı, terleme miktarı, kalp atışı, görülür terleme, termal duygu veya hissediş

gibi değişkenlerden oluşmaktadır [Oral ve Manioğlu, 2005].

2.3.2. İklimle İlişkin Parametreler

Bir bölgenin iklimi; sıcaklık, rüzgâr, nem, bulutluluk, yağış, basınç olarak ifade edilen iklim elemanların uzun bir süreç içindeki atmosferik gözlemlerinin sonucu belirlenmektedir [Erçin, 2005]. İklimi etkileyen faktörlerin bölgesel farklılıkları ve çeşitli olasılıkları dünyada farklı iklim bölgelerinin oluşmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda dünyaca kabul görmüş farklı iklim sınıflandırmaları yapılmıştır.

İklim; insan faaliyetlerini, turizm, ticaret, ulaşım, sanayi sektörlerini, bitki örtüsünü, nüfus ve yerleşim gibi faktörleri dolaylı ve doğrudan etkilemektedir [Günel, 2004]. Ayrıca mimariyi de doğrudan etki kapsamına almaktadır. İklim, ilk barınma ihtiyacından itibaren yaşamı şekillendirmiştir. Süreç içinde kent ve yapı ölçeğine kadar mimarideki farklılaşmaların başında iklim faktörleri yer almıştır. İklim özelliklerinin mevsimlere, bölgelere ve çeşitli faktörlere göre değişkenlik göstermesi bu doğrultuda uygun çözümlerin oluşmasını gerekli kılmış ve iklimle uyumlu tasarımının gelişmesini sağlamıştır.

Yapıların enerji ihtiyacının azaltılması için güneş radyasyonu, rüzgâr, hava hareketi, sıcaklık ve nem gibi iklimsel parametreler doğrultusunda tasarımın planlanmasının yapılması gerekmektedir. Yapının uygulanacak bölgenin iklimine uyumlu bir tasarımın gerçekleştirilmesi ısıtma, havalandırma, aydınlatma gibi gereksinimlerden kaynaklı enerji kullanımının minimize edilmesini sağlamaktadır.

Mimaride, iklim faktörünün bir sonucu olarak sıcak, ılıman ve soğuk iklim bölgelerinde farklı stratejilerin geliştirildiği görülmektedir.

- Sıcak iklimde güneşten korunma ve rüzgârdan yarar sağlayarak soğutma yükünün azaltılması,
- Kurak iklimde sıcaklık farkı ve ısı değişiminin dikkate alınması,
- Ilıman iklimde belli dönemlerde soğutma, belli dönemlerde ısıtma yükünün azaltılması,
- Karasal iklimde baskın olarak ısıtma yükünün azaltılması,
- Denizsel iklimde baskın olarak soğutma yükünün azaltılması,
- Soğuk iklimde ısıtma yükünün azaltılması için özgün detayların oluşturulması

gibi gereklilikler mimaride iklimsel tasarım için oldukça önemlidir [Günel, 2004]. Mimaride iklim faktörlerinin ve etkilerinin sonucu olarak sıcak, ılıman, karasal, denizsel ve soğuk iklim bölgeleri özelinde farklı çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Binalarda dikkate alınması gereken iklime ilişkin parametreler; güneş radyasyonu, hava hareketi, hava sıcaklığı ve hava nemi olmak üzere dört ana değişkenden oluşmaktadır.

- Hava sıcaklığı

“Yeryüzünün güneşten aldığı ısı oranına sıcaklık denir” [Erçin, 2005].

Hava içindeki su buharı yüzdesi, güneşten gelen ısıнын yayılma alanı ve yansımanın değişimi gibi etkiler sıcaklığı etkilemekte ve azalıp artmasına neden olmaktadır [Erçin, 2005]. Hava sıcaklığı; malzeme yüzeyi, çevredeki bitki örtüsü, deniz seviyesinden yükseklik, güneş ışıınımı gibi etkenlere göre değişkenlik göstermektedir [Dizdar, 2009]. Sıcaklık, rüzgâr ve yağış gibi iklim faktörlerini doğrudan etkilemektedir.

Sıcaklık, yapının iç ve dış ortam dengesinin kurulabilmesi ve konfor koşullarının sağlanmasında önemli bir iklim faktörüdür. Bu doğrultuda doğal hava akışına izin veren çözümler ve malzeme tercihlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

- Nem

Havaya karışan su buharının basıncı dış hava nemliliğini oluşturmaktadır [Balcıoğlu, 2013]. Buharlaşmanın fazlalığı nemi arttırmaktadır.

Nem faktörü, yapının iç ortam kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle yapı kabuğu çözümlerinin ve malzeme tercihlerinin bu doğrultuda yapılması gerekmektedir.

- Rüzgâr

Basınç farklılıklarından (yüksek basınçtan alçak basınca doğru) dolayı oluşan hava akımına rüzgâr denmektedir [Günel, 2004]. Atmosferik basınç farklılıkları hava akımlarını tetiklemektedir [Karagözlü, 2006].

Rüzgâr faktörü, sıcaklık ve nemin fazla olduğu alanlarda potansiyel bir kaynak iken soğukluğun fazla olduğu alanlarda ise bu doğrultuda koruma sağlanması gerekmektedir.

- Güneş radyasyonu

Güneş radyasyonu, hava sıcaklığı ve hava hareketinin oluşumunda önemli bir iklim faktörüdür [Dizdar, 2009]. Güneşin yükseliş açısı, azimut açısı, geliş açısı gibi faktörlere bağlı olarak güneş radyasyonu değişkenlik göstermektedir [Karagözlü, 2006].

Güneş radyasyonu, yapıda doğal aydınlatmanın sağlanması ve ısıtma-soğutma yükünün azaltılması için oldukça önemli bir iklim faktörüdür. Yapılarda enerji tüketiminin kontrol altına alınması için soğukluğun fazla olduğu dönemlerde maksimum verim sağlayarak ısıtma ihtiyacının minimize edilmesi, sıcaklığın fazla olduğu dönemlerde güneş radyasyonundan kontrollü yararlanılması gerekmektedir.

2.3.3. Binaya İlişkin Parametreler

Enerji etkin bina tasarımına ilişkin parametreler binanın çevre ile ilişkisinin güçlü bir şekilde kurulması, kullanıcı konfor koşullarının sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılması adına oldukça önemlidir. Binaya ilişkin tasarım parametreleri:

- Binanın yeri, araziye yerleşimi ve bina aralıkları,

- Bina formu/biçimi,
- Bina yönü/yönlendirilmesi,
- Bina peyzaj ilişkisi,
- Mekân organizasyonu,
- Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri,
- Malzeme tercihi,
- Doğal aydınlatma ve güneş kontrolü,
- Doğal havalandırma

olarak ifade edilebilmektedir.

2.3.3.1. Binanın Yeri, Araziye Yerleşimi ve Bina Aralıkları

Bölgenin topoğrafik ve iklimsel verileri doğrultusunda güneş ve rüzgârdan istenilen düzeyde yarar sağlayarak enerji ihtiyacının azaltılmasında binanın yeri, araziye uygun yerleşimi ve bina aralıkları ilk aşamada dikkat edilmesi gereken enerji etkin tasarım parametreleridir. Yapının araziye yerleşiminde güneşlenme miktarı ve süresi, sıcaklık, rüzgâr, nem, bitki örtüsü, yakın konumdaki coğrafi elemanlardan oluşan araziye ait mikro klima elemanlarının dikkate alınması gerekmektedir [Ulukavak Harputlugil, 2016]. Araziye uygun yerleşim düzeni, mevsim değişimleri karşısında en az ısı kaybı ve en fazla ısı kazancı elde edebilecek şekilde olmalıdır. Bu doğrultuda tasarım kararlarının verilmesi ısıtma, soğutma, havalandırma için gerekli enerji miktarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Araziye yerleşim;

- bölgenin mikro-klimatik özelliklerinin incelenmesi ,
- arazi eğiminin avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi,
- çevre yapılaşma ile ilişkinin kurulması

gibi faktörlerin dikkate alınması sonucunda gerçekleştirilmelidir.

Binanın çevre binalar ve diğer engellere göre uygun konumlandırılması güneş ve rüzgârdan faydalanma durumunu etkilemektedir. İklim verileri doğrultusunda yapıların birbirinin güneşini ve rüzgârını engellenmeyecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda güneş radyasyonundan kazanç veya koruma sağlamak

için bina aralıklarının dikkate alınması gerekmektedir. Bina aralıklarının durumu, çevre binaların en uzun veya eşit gölgeli alan derinliği göz önüne alınarak belirlenmelidir [İmik, 2017].

- Sıcak nemli iklim bölgelerinde, yazın birbirinin rüzgârını kesmeyecek şekilde ayrıık yerleşim düzeni uygulamasına gidilmelidir ve rüzgârdan yararlanmak için yamaç sırtlarına yerleşilmelidir.
- Sıcak kuru iklim bölgelerinde, kışın soğuktan yazın güçlü güneş radyasyonundan ve rüzgar faktörlerinden koruma sağlanması için bitişik nizamlı yerleşim düzeni uygulamasına gidilmelidir. Gölgelemeden yararlanılması için vadi tabanlarına yerleşilmelidir.
- ılıman nemli iklim bölgelerinde, yazın serinletici rüzgârdan yararlanmak için yamacın üst kısımlarına; ılıman kuru iklim bölgelerinde, meltem rüzgârını alan yamacın alt kısımlarına yerleştirilmelidir.
- Soğuk iklim bölgelerinde, rüzgârdan koruma sağlayacak şekilde vadiye yakın yerleşilmelidir. Güneşten faydalanmak ve rüzgârdan korunmak için kompakt bitişik nizamlı yerleşim düzeni uygulamasına gidilmelidir [Kadiroğlu, 2011; İmik, 2017].

Isıtma, soğutma, havalandırma için gerekli olan enerji ihtiyacını azaltmak için belirlenen iklim bölgesine göre binanın yerleştirilmesi gerekmektedir. Yamaç, vadi, yoğun veya seyrek yapılaşmanın olduğu alanlara binanın yerleştirilmesi, tasarımda farklı stratejilerin uygulanmasını önemli bir hale getirmektedir.

2.3.3.2. Binanın Formu

Bina formunun alan/hacim oranı enerji tüketimi üzerinde oldukça önemlidir [İmik, 2017]. Bina formunun enerji tüketimindeki etkisi nedeniyle bina yüksekliği, cephe eğimi, çatı türü ve eğimi gibi özelliklerin dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir [Berköz vd., 1995; Aktaran: İmik, 2017]. Binanın formunun ve biçimlenmesinin iklime uygun planlanması, enerji korunumu konusunda oldukça önemlidir. Çatı tipi ve eğimi, malzeme tercihleri, formdaki değişimler, enerji tüketimini azaltacak şekilde iklim bölgelerine özgü farklılaşmalıdır.

- Sıcak kuru iklim bölgelerinde ısı kazancını minimize eden ve gölge sağlayan avlulu, kompakt formlar ve eğimli çatı,
- Sıcak nemli iklim bölgelerinde hava sirkülasyonunu destekleyen nem ve sıcaklığın olumsuz etkilerinden korunmak için kolonlar üzerinde yerden yükseltilmiş, hâkim rüzgârdan yararlanacak şekilde yönlendirilmiş ince uzun formlar ve havalandırma sağlayan çatı,
- Ilıman iklim bölgelerinde güneşin geliş açısına göre güneş kontrolü sağlayabilen esnek ve kompakt form,
- Soğuk iklim bölgelerinde ısı kayıplarını azaltacak minimum yüzey alanına sahip girinti ve çıkıntıları bulunmayan kompakt form [Yılmaz, 2006; Kadiroğlu, 2011] uygulamaları enerji tüketimini azaltacak stratejilerdir.

Farklı iklim bölgelerinde, yapı formundaki alan/hacim oranlarının azaltılıp/arttırılmasına bağlı olarak enerji tüketiminin kontrol altına alınması sağlanmaktadır. Çok katlı yapı uygulamalarında ise yapının üst ve alt bölgeleri arasında mikro-iklim farklılıklarının oluşacağı göz önüne alınarak bu doğrultuda planlamanın yapılmasını gerekmektedir.

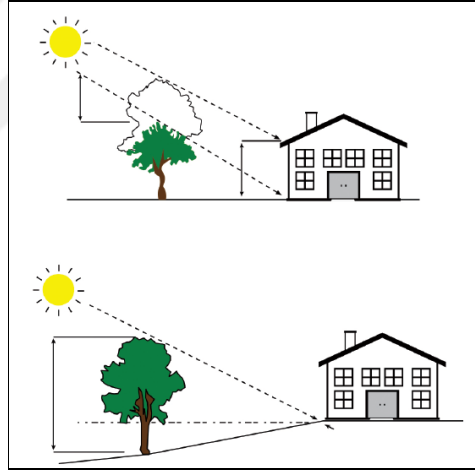
2.3.3.3. Binanın Yönü/Yönlendirilmesi

Binanın uygun yönlendirilmesi güneş radyasyonundan ve rüzgârdan yararlanma, gerektiğinde koruma sağlayabilmesi için oldukça önemlidir. Binanın doğu-batı doğrultusunda konumlandırılması; güneyden güneş kazanımı, kuzeyden ısı kaybını azaltılmasını sağlamaktadır. Doğru-batı doğrultusunda konumlandırılması tüm iklim bölgeleri için en uygun çözümü sunmaktadır [Kadiroğlu, 2011]. Bina cephelerinin güneşe yönlendirilmesi güneşten pasif şekilde yararlanma sağlayarak ısıtma ve aydınlatma yüklerinin azaltılmasını desteklemektedir. Bu doğrultuda binanın iklim faktörlerinden maksimum faydalanacak şekilde yönlendirilmesi, mekanik sistemlere olan ihtiyacın azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Günümüzde yapılan özellikle çok katlı ve saydam yüzeyleri fazla olan bina örneklerinde, enerji etkin bina tasarımıındaki yönlenme parametresinin bağlı olduğu zorunluluklar bina kabuğu çözümleri ile minimize edilmeye çalışılmaktadır.

2.3.3.4. Bina Peyzaj İlişkisi

Peyzaj ve bina tasarımı ilişkisi iyi planlandığı takdirde hâkim rüzgârdan yararlanma veya kaçınma, güneş ve kamaşma kontrolü sağlanabilmektedir. Şekil 2.8’de peyzaj tasarımı ile sağlanan doğal aydınlatma ve güneş kontrolü şematik olarak gösterilmiştir [Ulukavak Harputlugil, 2016].

Peyzaj tasarımında bölgeye ve iklime uygun türlerin seçilmesi sıcak dönemde gölgeleme, soğuk dönemde güneş radyasyonundan yararlanma olanağı vermektedir. Az katlı yapılı çevrede bitkilendirme ile güneş kontrolü sağlanabilirken çok katlı yapılarda bu durum yetersiz kalacağından ötürü [Tıkansak, 2013] yapı kabuğu, çatı, iç mekân bitkilendirme tasarımına yoğunlaşmayı gerekli kılmaktadır. Yeşil çatı ve bitkilendirilmiş kabuk uygulamaları, binanın ısıtma-soğutma kontrolünün yapılabilmesine katkıda bulunmakta ve yalıtım görevi görmektedir.



Şekil 2.8: Peyzaj tasarımı ile sağlanan doğal aydınlatma ve güneş kontrolü.

2.3.3.5. Mekân Organizasyonu

Enerjinin etkin kullanımının kontrolü konut ölçeğinde daha kolayken binanın boyutu ve fonksiyonunun getirdiği gereklilikler bu durumu zorlaştırmaktadır. Konut fonksiyonuna bakıldığında wc, depo, kiler, ıslak hacim gibi ısıtma yükü olmayan mekânlar tampon görevi görecek şekilde kuzey yönünde; yaşam alanları, mutfak gibi mekânlar ise güney, güneybatı, güneydoğuya doğru yerleştirilmesi enerji etkinliğinin sağlanması adına oldukça önemlidir.

Saydamlık oranı yüksek, kompleks veya çok katlı yapılarda fonksiyona bağı olarak enerji etkin mekan organizasyonunun planlanması gerekmektedir. Genellikle çok katlı yapılarda ıslak hacim, mekanik sistem, düşey sirkülasyon elemanları merkezi konumda yer alırken çalışma/yaşam alanları görsel konforun destekleneceği ve maksimum doğal aydınlatmadan yararlanabileceği şekilde cephe çeperlerine yerleştirilmektedir.

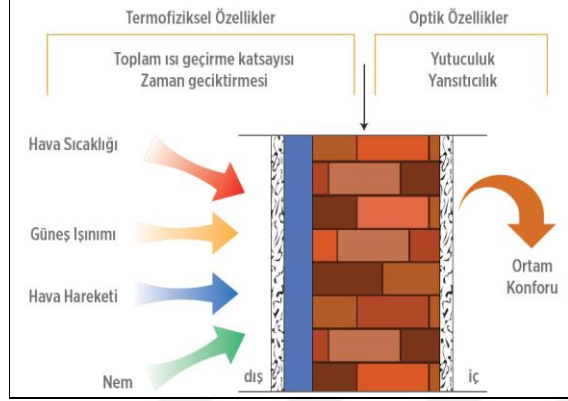
2.3.3.6. Bina Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri

Bina kabuğu iç-dış mekân arasında karşılaşılan ilk ara yüz olduğu için görsel, işitsel, termal vb. konfor koşullarının ve enerji etkinliğin sağlanmasında önemli bir parametredir. Bina kabuğu; fiziksel özellikleri ve ısı geçişleri farklı olan opak ve saydam bileşenlerden oluşmaktadır. Opak bileşenin genlik küçültme faktörü ve zaman geciktirmesi, opak ve saydam bileşenlerin ısı geçirme katsayısı, güneş ışınlamına karşı geçirgenlik (opak bileşenlerde bu durum yok), yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları gibi fiziksel özellikler yapı kabuğunun ısısal performansı etkilemektedir [Yılmaz, 2006]. Bina kabuğunun termofiziksel ve optik özellikleri etkileyen bölümler ve faktörler Şekil 2.9'da şematik olarak gösterilmiştir [Ulukavak Harputlugil, 2016]. Bina kabuğu; hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, hava hareketi, nem gibi çevre koşullarına cevap verebilmelidir. Isı kayıplarının azaltılması, iç-dış sıcaklık farkını kontrol edilmesi, ısı ve nem köprülerini önlenmesi için bina kabuğunun saydam ve opak bileşenlerinin termofiziksel ve optik özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Saydam/şeffaf elemanların ölçüleri ve katmanlı olup olmaması, cam tabakalarının sayısı, ısı geçirgenlik katsayısı, güneş ışınlamını emme, yansıtma ve geçirme katsayıları vb. yapı elemanlarının özellikleri yapı kabuğunun enerji etkinliğini etkileyen faktörlerdir [Tıkansak, 2013]. Bina kabuğunda;

- kullanılacak cam malzemenin ısı ve ışık değişkenlerine uygun tercih edilmesi,
- doğal aydınlatmadan ve havalandırmadan yararlanabilecek şekilde uygun tasarımın planlanması (çift katmanlı kabuk arası boşluğu havalandırma için kullanımı vb.),
- iklime uyumlu malzemelerin ve renklerin tercih edilmesi,
- uygun cephelerde güneş kontrolü elemanlarının kullanımı,

- bitkilendirilmiş cephe uygulaması

gibi stratejiler ile enerji tüketimi kontrol edilebilmektedir.



Şekil 2.9: Bina kabuğunun termofiziksel ve optik özellikleri.

Bina kabuğu tasarımında sıcak dönemlerde güneşten alınan ısı kazancının azaltılması, soğuk dönemlerde ise yalıtım sağlayarak ısı kaybını azaltılması sağlanmalıdır. Bu doğrultuda iklim bölgelerine göre cephe açıklıklarının boyutu ve yönlenmesi, yüzey alanları, çatı tipi ve malzeme kullanımında değişikliklere gidilmesi gerekmektedir.

- Sıcak kuru iklim bölgelerinde, avlulu plan uygulamalarında avluya ve sokağa bakan cephelerde farklılaşmalar bulunmaktadır. Sokak cepheleri sağır duvarlardan oluşurken avluya bakan cephelerde farklı pencere uygulamaları hâkimdir.
- Sıcak nemli iklim bölgelerinde, rüzgârdan yararlanmaya olanak tanıyacak şekilde hâkim rüzgâra doğru yerleştirilen ve hava hareketini destekleyen geniş pencerelere sahip ince uzun cephe uygulamaları yapılmaktadır. Cephede uygulanan güneş kontrol elemanları ile güneşten koruma sağlanmaktadır.
- Ilıman nemli ve ılıman kuru iklim bölgelerinde, güneş ışığından yararlanacak şekilde cepheler doğu, batı ve güney yönüne doğru yönlendirilmektedir. Ilıman iklim bölgelerinde bina formundaki esneklik imkânı cephede de devam etmektedir.
- Soğuk iklim bölgelerinde, rüzgârdan korunmanın sağlanması ve ısı kaybının azaltılması için cephe yüzey alanları az tutulmaktadır. İklim etkilerinden koruma

sağlayacak şekilde güneye yönlendirilen binalarda güney ve batı cephelerinde geniş ve sık, kuzey ve doğu cephelerinde dar ve az pencere düzeni uygulamalarına başvurulmaktadır [Manioğlu ve Koçlar Oral, 2010].

Geleneksel cephe sistemlerinin teknolojinin bu kadar gelişmediği zamanlarda bile iklim faktörlerine cevap verebildiği aşıkardır [Manioğlu ve Koçlar Oral, 2010]. Ancak günümüzde teknolojik imkânlar cephe sistemlerinin de gelişmesini sağlamıştır. Özellikle çok katlı yapılarda saydam yüzeylerin oldukça fazla olması, enerji tüketiminin kontrol altına alınması için bina kabuğu tasarımında ve malzeme tercihlerinde projeye özgün çözümlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Bina kabuğu tasarımlarında kinetik, esnek, dış uyaranlara adapte olabilen, enerji kazanımını ve kullanıcı konforunu destekleyen birçok özellik kazanan uygulamalar artmaya başlamaktadır.

2.3.3.7. Malzeme Tercihi

Yerel, uzun ömürlü, geri dönüştürülmüş veya geri dönüştürülebilir, yenilenebilir doğal kaynaklardan elde edilebilen, üretim sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanan ve endüstriyel işlemin az, insan gücünün fazla olduğu malzeme [Tıkansak, 2013] tercihleri enerji tüketiminin azaltılmasını sağlamaktadır.

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler malzeme disiplini de etkisi altına almıştır. Bu gelişmeler ışığında yenilikçi malzemeler mimaride kullanılmaya başlanmıştır. Yenilikçi malzemeler, geleneksel malzemelerin eksikliklerinin giderilmesinde ve dış uyaranlara cevap verilmesinde önemli potansiyeller sunmaktadır.

- Biyolojik malzemeler (lotusan boya vb.), doğadaki canlıların özelliklerinin malzemelere aktarılması ile ekolojik ve yenilikçi çözümler sunmaktadır.
- Doğa dostu alternatif malzemeler (mantar malzeme vb.), geri dönüştürülebilir ve atık oluşumunu ortadan kaldırarak yaşayan mekânların oluşturulmasında sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.
- Endüstriyel yapay malzemelerin (krom, nikel ve molibden elementlerinden oluşan geri dönüştürülebilir paslanmaz çelik malzeme vb.) geliştirilmesi ile malzemeye sürdürülebilir özellikler kazandırılmaktadır. Bu gibi daha da

Işık tüpü güneş ışığının ulaşamadığı alanlar için doğal aydınlatmadan yararlanabilmeye katkıda bulunmaktadır. Üst tarafı şeffaf olan ışık tüpü, doğal ışığın ulaşamadığı alanlarda kullanılmaktadır.

Yapının güneş kontrolü ise etkin peyzaj planlamasının yapılması, güneş faktörüne uygun yönlenmenin gerçekleştirilmesi, yapıda kullanılan cam malzemenin tipi ve özellikleri, gölgeleme elemanı kullanımı, cam yüzeylerin bina toplam alanına oranına uygun olması ile sağlanabilmektedir [Ulukavak Harputlugil, 2016]. Güneş kontrol elemanları sabit ve dinamik/kullanıcı kontrollü olabilmektedir. Saçak, döşeme, cephedeki girinti ve çıkıntı gibi yöntemler ve jaluzi, panjur, kepenk, ışık rafı, kafes sistem gibi elemanlar ile güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Ayrıca cephede uygulanan cam malzemenin özellikleri de güneş kontrolü için oldukça önemlidir. Gün ışığından yararlanmayı etkileyen parametrelerin ve yararlanma stratejilerinin iklim bölgelerine uygun seçilmesi gerekmektedir.

2.3.3.9. Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma pencere, kapı vb. açıklıklardan rüzgâr veya basınç farklılıklarından kaynaklı oluşan hava akımı ile iç ortam sıcaklığının ayarlanması ve iç ortam kirleticilerinin uzaklaştırma prensibine dayanmaktadır. Doğal havalandırma, iç hava kalitesini iyileştirmeye katkıda bulunmaktadır [Yüksek ve Esin, 2011]. İç ortam hava kalitesinin mekanik sistemler olmadan pasif iklimlendirme sisteminden biri olan doğal havalandırma ile sağlanması enerji etkin yapılaşma adına önemli bir parametredir.

Doğal havalandırmanın sağlanabileceği yöntemler; rüzgâr bacası, rüzgâr kepçesi, çift katmanlı cephe uygulaması, avlu, teras, atrium, cephe ve çatı açıklıklarıdır.

Çift cidarlı cephe, yapının ana cephesinin önüne ikincil bir cam cephe entegre edilmesiyle oluşmaktadır. Dışta bulunan ikincil cam tek katmandan, içerdeki ana cam ise çift katmandan oluşmaktadır. Ana ve ikincil cephe arasında 20cm-2m arasında değişen hava kanalı boşluğu bulunmaktadır [İnan ve Başaran, 2015]. Hava kanalı boşluğu sayesinde doğal havalandırma sağlanmakta ve mekanik havalandırma sistemleri ile entegreli çözümler geliştirilmektedir.

Avlu ve atriumlarda, sıcaklık ve nem farklılıklarından kaynaklı havanın yoğunluğunun değişmesiyle yapıdan uzaklaştırılması, rüzgâra bağımlı olmayan baca etkisi prensibi ile sağlanmaktadır [Yüksek ve Esin, 2011].

Çapraz havalandırma, yüksek basınç ve tam karşı cephedeki alçak basınç bölgelerinde karşılıklı giriş ve çıkışların yerleştirilmesi ile sağlanmaktadır [Yüksek ve Esin, 2011]. Rüzgâr kuleleri, çatı seviyesinde yüksek hızdaki rüzgâr esintilerinden yakalanan temiz havanın aşağıya doğrudan inmesi prensibine dayanaktadır. Bu yöntem pencereler ile havalandırmanın sağlanamadığı yoğun yerleşim yerleri gibi rüzgâra elverişsiz koşullar için iyi bir çözüml sunmaktadır [Yüksek ve Esin, 2011].



3. DOĞAYA UYUMLU ve SÜRDÜRÜLEBİLİR GELENEKSEL MİMARLIK

İnsan, doğa, mimari ilişkisi tarih öncesi zamandan itibaren önemli bir konumda iken endüstri çağı ve makineleşmenin her alanda tetiklediği değişim doğa ilişkisini de etkisi altına almıştır. İnsanoğlunun gündemine tekrar giren doğaya uyumlu tasarım anlayışı, makineleşmeden çok önce yaşamı şekillendiren bir konumdayken sonrasında yaşanan gelişmeler ve değişimler ile sekteye uğramıştır. Bu duruma tepki olarak mimaride, doğa merkezli düşünce yapısı ile çevreci yaklaşımlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Çevresel sorunlar karşısında insan faaliyetlerinin doğayı tahrip etmesindeki rolünün bilincine varılması, doğanın dengesinin sürdürülmesi gerekliliğinin öneminin anlaşılmasını sağlamıştır. Sanayi devrimi ve teknolojik gelişmelerin tetiklediği doğanın tahribatı konusunda, geleneksel mimarlığın doğaya uyumlu gelişim göstermiş olması ve sürdürülebilir birçok özelliği barındırması, araştırma konusu haline gelmesine neden olmuştur. Günümüzde aranan ve araştırılan sürdürülebilir mimarlık vb. kavramlar, bu kaygılar olmadan çok öncesine dayanmaktadır. Bu kavramlar ve anlayış doğaya, çevre koşullarına bağlı olarak gelişen enerji tüketimini az olduğu geleneksel mimarlık örneklerinde mevcut olduğu görülmektedir. Geleneksel mimarlık, toplum tarafından oluşturulmuştur. Bu oluşumdan sorumlu insanların üretim odaklı yaşam tarzları, mimariye de yansıtılmıştır. Geleneksel yerleşimlerin sürdürülebilirliği, doğaya hükmeden uyum sağlama çabası ile yaşanılacak mekânların inşa edilmiş olmasında yatmaktadır [Manioğlu, 2007].

Bu bölümde geleneksel mimarlık; mimarsız mimarlık, doğa, iklim ve teknoloji ilişkisi, sürdürülebilir mimari ve enerji etkin yapı tasarımı kapsamında değerlendirilmiştir. Doğaya uyumlu sürdürülebilir geleneksel mimarlardan farklı konum, dönem ve iklim bölgelerinden seçilen dört örnek proje incelenmiştir.

3.1. Geleneksel Mimarlık

Kırsal/geleneksel mimarlığın; halk mimarlığı, yöresel/yerel mimarlık, vernaküler mimari, spontan mimarlık, tarım çağı mimarlığı gibi farklı ifade ediliş şekilleri mevcuttur. Estetik kaygıların ön planda olmadığı geleneksel mimari fonksiyon odaklı, döneme ve bölgeye özgü gelişim göstermiştir [ÇEKÜL, 2012].

- Yalın, sade,
- Yakın çevreden elde edilen yerel malzemelerin kullandığı,
- Yapı ustaları ve yapı sahibinin işbirliğinde geliştirilen,
- Aile yapısı, komşuluk ilişkileri, dini değerleri dikkate alan,
- Bireyin ve toplumun yaşam alanlarına, haklarına değer veren ve yaşam kültürünü yansıtan,
- Çevreye ve doğaya uyumlu/saygılı,
- İklimi önemseyen ve bu etkileri dikkate alan geleneksel mimarlık halkın mimarlığıdır [ÇEKÜL, 2012].

Çevresiyle bütünleşmiş geleneksel yapıların bölgeden bölgeye değişen çeşitliliği ve yapım tekniği toplumun ortak yapı geleneğini oluşturmaya katkı sağlamaktadır. Geleneksel mimarlık; toplumun yaşanmışlıklarını, zamanını, dönemin özelliklerini barındırarak belge niteliği taşımaktadır ve geçmişin izlerini gözler önüne sermektedir [ICOMOS, 1999].

Geleneksel mimarlığın, belirli tasarım kuralı ve ifadesi olmamasına rağmen hemen hemen her uygulanan bölgede sergilediği ortak özellikler bulunmaktadır. Bu özellikler, doğaya ve insan haklarına saygı çerçevesinde gelişim göstermiş olmasıdır. Geleneksel yapı örneklerin oldukça basit ve sade, estetik etkileri her yapı için aynıdır [Sezgin, 1984]. Bu durum çevresi ile uyumlu ve bütünleşmiş yapılaşmanın oluşmasını sağlamıştır.

Yerel mimari; iklim, topoğrafyaya uyum, arazi ilişkisi, yerel malzeme kullanımı, sosyo-kültürel etkiler ışığında gelişim göstermiştir ve değişmiştir. Bu özellikler geleneksel mimarinin yerin ruhuna ve bölgeye özgü olmasına katkıda bulunmuştur. Aynı zamanlarda geleneksel mimarlığın sürdürülebilir mimari özelliklerini taşımasında bu faktörler önemli oranda katkı sağlamıştır [Paunović Žarić et al., 2016]. Dünyada çeşitli iklim ve coğrafya özelliklerinin bulunması, kırsal mimarinin çeşitlenmesini sağlamıştır. Yapı malzemesi ve yapım tekniğinde aynı bölgede bile farklılıklar oluşmaktadır ve bu oluşum mimarinin özgünlüğünü belirlemektedir. Geleneksel mimarlık, farklı bölgeler için bölgeye özgü tasarım imkânı sunmaktadır. Bu nedenle çağdaş tasarımlar için geliştirdikleri doğaya uyumlu stratejiler ile rehberlik sunmaktadır.

3.2. Geleneksel Mimarlık ve Mimarsız Mimarlık

Geleneksel mimari ürünleri, bu konuda uzmanlaşmış mimar ve tasarımcı olmadan yapı ustaları, halk, köylü ve ev sahibinin katılımı ile toplumun nesilden nesile aktardığı bilgi birikimi doğrultusunda oluşmuştur [Oliver, 2007; Kısa Ovalı ve Delibaş, 2016]. Geleneksel mimarlıkta her ne kadar mimar olarak ifade edilen bir kişi olmasa da halkın içinden farklı alanlarda önemli bilgi birikimine sahip deneyimli yapı ustaları bulunmaktadır [Şuta, 2019]. Günümüzde mimarlar tarafından da geleneksel mimarlığı doğrudan kopyalamadan tasarlanan yapı örnekleri söz konusudur.

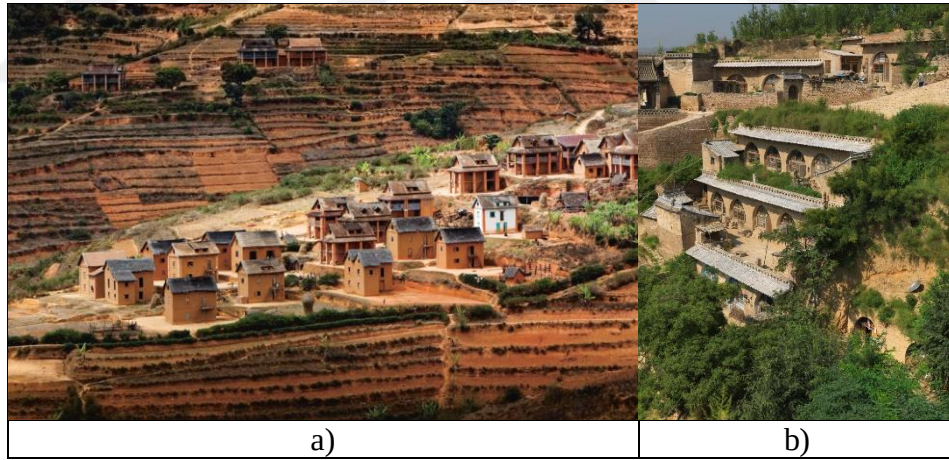
Geleneksel Türk mimarisi; yapı sahibinin ekonomisine, aile yapısına uygun olacak şekilde bölgedeki yerel malzemeler tercih edilerek çevre ile uyumlu inşa edilmiştir [Oğuz vd., 2007]. Geleneksel mimarlıkta, günümüz mimarlığı gibi yazılı ve sınırlayıcı kuralların bulunmaması, konuşarak anlaşma ve gelişim göstermeye neden olmuştur. Bu durum yapı örneklerinin gelenekler ile gelişmesine ve birbirine benzemesini tetiklemiştir. Ustanın ev sahibi ile iletişim içinde olması ve yapının yapılacağı mekânı incelemesi sonucu evin inşasına başlanmaktadır. Usta ailenin yapısını, ekonomik durumunu, isteklerini ve evin yapılacağı alanı analiz edip işe koyulmaktadır. Yakın çevreden ya da başka konumlardan gelen ustalar, isimleri ve yaptıkları işler ile bilinmektedir. Bu tür özellikleri bünyesinde barındıran ‘Halk Yapı Sanatı’ insan ilişkisinin en yalın ve saygılı halidir. Ayrıca halkın yaşamını, kültürünü yansıtmakta ve kolektif birlikteliğin sonucu oluşmaktadır [Bektaş, 2001]. Usta-çırak ilişkisi tarafından edinilen bilgi birikimi sonucu inşa edilen yapılar, durağan olmayan bir sürecin ürünüdür [ÇEKÜL, 2012]. Usta-çırak ilişkisinin günümüzde terk edilmesi bir bakıma halk yapı sanatının, halkın ürünlerin terk edilmesine ve unutulmasına neden olmaktadır. Ancak dünyada kırsal kesimlerde yapı ustalarının ürünlerinin devam ettiği bölgeler de bulunmaktadır.

Geleneksel mimarlık; yapı ustaları, ev sahibi ve yerel halkın katılımı ile kolektif bir çalışmanın ürünüdür. Bu özellikler bir bakıma disiplinlerarası ilişkinin en temel halini ifade etmektedir.

3.3. Geleneksel Mimarlık ve Doğa İlişkisi

İnsanoğlunun doğayla kurduğu ilişkinin tarih öncesi zamanda itibaren oldukça güçlü olmasının ana nedeni tufan, deprem, sel gibi doğa olaylarının yaşamlarını önemli derecede etkilemesidir. Doğanın sunduğu bereketli ve bolluk dönemi gerektiğinde doğal afetler ile insan yaşamına tehdit oluşturmuştur ve bu durum doğa, insan, mimari ilişkisinin oldukça kuvvetli tutulmasına neden olmuştur [ÇEKÜL, 2012].

Geleneksel mimarlıkta, insan yaşamını ve yaşam alanlarını şekillendirirken doğadan kopmamaya ve doğaya saygılı olmaya çalışılmıştır. Geleneksel mimarlığın çevre ile kurduğu güçlü ilişki ve toplum ihtiyaçlarına cevap vererek gelişim göstermesi gibi sahip olduğu özellikler sürdürülebilir mimarlık için yol gösterici olmasının ana etkenleri olarak gösterilebilir. Geleneksel mimarlığın doğa ile kurduğu ilişki, farklılaşmasına ve özgün ürünlerin ortaya çıkmasına katkı sağlamıştır. Şekil 3.1’de Madagaskar ve Çin gibi farklı coğrafyalara ait geleneksel mimarlık örneklerinin doğa/doğal çevre ilişkisi görülmektedir [WEB-2, 2021].



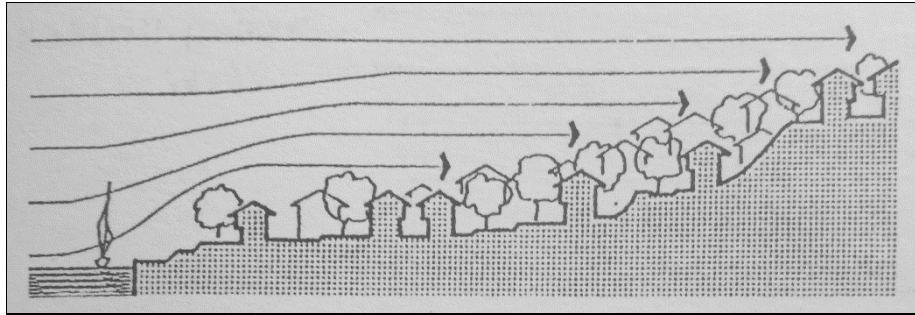
Şekil 3.1: a) Madagaskar’ın yaylalarındaki köy evlerinin doğa/doğal çevre ile kurduğu ilişki, b) Çin’in kırsal alanlarında yamaca oyulmuş mağara evlerinin doğa/doğal çevre ile kurduğu ilişki.

3.4. Geleneksel Mimarlık ve İklim İlişkisi

İklim etkileri ile uyumlu geleneksel mimarlık, günümüz mimarlık pratiğinde birbirini tekrar eden yapı stoğunun önüne geçilmesine katkı sağlamak için araştırma konusu haline gelmeye başlamıştır. Günümüzde yapıların iklime uygun tasarım

anlayışına sahip olmaması, mekanik sistem kullanımının ve enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Tarih öncesi zamandan itibaren insanoğlu, iklim faktörlerinden maksimum verim alacak şekilde tasarımlar ortaya koymuştur. Yaşam koşullarını iyileştirmek ve olumsuz iklim etkilerinden korunmak amacıyla inşa edilen yapılarda iklime uyum sağlama ihtiyacı duyulmuştur. İklimle uyumlu geleneksel mimarlık örnekleri, sürdürülebilir mimarinin geçmiş dönemlerden itibaren var olduğunun en önemli kanıtıdır [Dizdar, 2009]. Dünyada çeşitlenen geleneksel mimarlık örneklerinin çoğunun temel gayesi; çevre, doğa ve iklim özelliklerine cevap oluşturmak olmuştur.

Geleneksel mimarlık yapı örnekleri; topoğrafyaya uyumlu, yönlenmenin dikkate alındığı, güneşten ve rüzgardan maksimum verim sağlayacak şekilde çevreye saygılı inşa edilmiştir [Canan vd., 2020]. Şekil 3.2’de Antalya geleneksel mimarisinin iklim ve topoğrafya ile uyumlu yerleşim düzeni şematik olarak gösterilmiştir [Karaosman, 2010]. Geleneksel mimarlığın şekillenmesinde iklim faktörü önemli bir yere sahiptir. İklim faktörü ve topoğrafyaya uyumun dikkate alınması, yapıların harcadığı enerji miktarının azaltılmasına ve çevre ile uyum sağlamasına katkıda bulunmaktadır. Çok eski zamanlardan itibaren iklim faktörü; yapının formu, yönlenmesi, mekân organizasyonu gibi enerji etkin tasarım parametrelerinin gelişiminde ana belirleyici olmuştur [Güney Yüksel ve Söğüt, 2021].

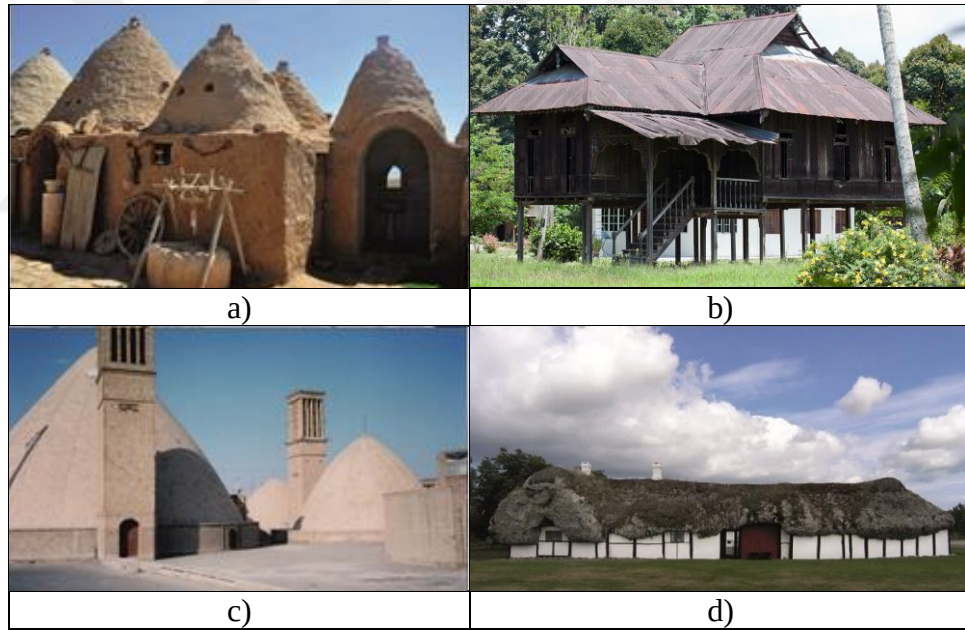


Şekil 3.2: Antalya geleneksel mimarisinin iklim ve topoğrafya ile uyumlu yerleşim düzeni.

Geleneksel mimari ve iklim ilişkisinde, farklı bölgelerde değişiklik gösteren malzeme konusu mimarinin şekillenmesinde önemli bir etkiye sahip olsa da tek belirleyici olmamıştır. Malzeme ve iklim özelliklerinin aynı olduğu Almanya ve Safranbolu evi sosyo-kültürel, sosyo-ekonomik özellikler ile doğrudan farklılaşmaktadır [Kazmaoğlu ve Tanyeli, 1979]. Geleneksel mimarinin özgünlüğü

sağlanmasında tek etken iklim olmasa da önemli bir role sahiptir. Geleneksel mimarlıkta; avlulu mekân düzeni, katlar arası farklılaşma, yapının yerden yükseltilmesi, pencere boyutu ve düzeni, çatı tipi, malzeme seçimlerinde iklim etkileri dikkate alınmış ve bu durum yıllar içinde deneme yanılma yoluyla gelecek nesillere yol gösterecek sürdürülebilir stratejilerin oluşmasını sağlamıştır.

İnsanoğlu yaşamını devam etmek için yüzyıllardır iklim ile ilişkiyi güçlü tutmuş ve yaşamlarını şekillendirmede önemli bir konuma yerleştirmiştir. İnşa ettikleri yapıları da bu doğrultuda geliştirmişlerdir. Tarihöncesi zamandan itibaren iklim, bölgenin yerel kaynakları, toplumsal yaşantı gibi faktörler mimariye yön vermiştir. Bu sürecin bir parçası olan geleneksel mimari, iklim ilişkisi ve uzun bir süreç içindeki deneyimlerin bir sonucu olarak gelişim göstermiştir. Şekil 3.3’de geleneksel mimarlığın bölgeden bölgeye iklim özellikleri ile oluşan çeşitliliği görülmektedir [WEB-3, 2021].



Şekil 3.3: a) Sıcak yaz Akdeniz iklimi özelliklerine sahip Türkiye Şanlıurfa’da yer alan Harran Evleri, b) Topikal yağmur ormanı iklimi özelliklerine sahip Malezya Malay evleri, c) Soğuk çöl iklimine sahip İran Yazd’da yer alan geleneksel su sarnıcı (Ab-anbar), d) Ilıman okyanusal iklim özelliklerine sahip Danimarka Læsø’da yer alan deniz yosunu kaplı geleneksel çatı uygulaması.

3.5. Geleneksel Mimarlık ve Teknoloji İlişkisi

İnsanoğlu tarih boyunca tarım devrimi, sanayi devrimi ve bilgi teknolojisi devrimi olmak üzere farklı teknolojik gelişmelerin yaşandığı dönemler yaşamıştır [Härmănescu and Enache, 2016]. Tarih öncesi süreçten günümüze kadarki zaman dilimindeki teknoloji imkânı, ihtiyaçlara cevap veren yapılaşmanın oluşmasını sağlamıştır. Bu sürecin bir eklentisi olan geleneksel mimarlık, uzun bir zaman dilimin içinde toplumdan kişiler tarafından oluşturulmuştur [Sezgin, 1984].

Teknoloji her ne kadar günümüzde her alanda olduğu kadar mimariyi de etkilemeye başlamış olsa da ilkel toplumlardaki teknolojik yetersizlik durumu deneme yanılma yöntemi ile gelişim göstermeyi ve doğayı taklit etmeyi gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda toplumlar, uzun bir sürecin sonucu olarak uygun yaşam alanlarını oluşturmuştur. Teknolojinin kısıtlı olduğu geleneksel mimarlık ise çevresel ve mevcut imkânlar doğrultusunda gelişim göstermiştir [Dizdar, 2009]. Teknolojik gelişmeler, ilk yerleşimlerde mevcut kaynaklarla doğrudan ilişkili olmuş ve insanoğlunun doğada hayatta kalma stratejilerini yansıtmaktadır. Diğer bir ifade ile teknoloji, insanın hayatta kalma ihtiyacının bir ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumun da etkisiyle doğaya ve çevreye uyumlu olmaya çalışılmıştır [Härmănescu and Enache, 2016]. Geleneksel mimarlıkta ve ilkel toplumlarda gelişmiş teknolojilerin var olmaması yapılarda iklim ile uyumlu pasif tasarım uygulamalarının geliştirilmesine neden olmuştur [Bülünç vd., 2018].

Teknoloji, farklı şekillerde yaşamın bir parçası olmuştur ve böylece mimarinin gelişimini hızlandırmıştır. Geçmiş dönemlerde imkânların kısıtlılığının da bir nedeni olarak düşük teknoloji (low-tech) mimarisi ve anlayışı görülmektedir. Ancak bu anlayış sadece geçmişe ait değildir. Günümüzde de düşük teknoloji mimarisi ile tasarlanan yapı örnekleri bulunmaktadır. Düşük teknoloji mimarlığı;

- deneme yanılma yoluyla gelişim göstererek doğaya uygun çözümler sunması,
- eski ve geleneksel tekniklerin kullanılması,
- malzemenin geri dönüştürülmüş ve/veya geri dönüştürülme potansiyeli üzerinde durulması,
- yerel malzeme kullanılması,

- yapının basit bir tasarım sergilemesi ve inşasında kullanıcı katılımını önemsenmesi,
- ulaşılabilir bilgi ve çözümlerini içermesi

gibi birçok özelliğin bütününe ifade etmektedir [Hekimoğlu, 2014].

Mekanik sistem kullanım miktarının azaltıldığı, yerel işgücü ve zanaatkâr işbirliğini içeren diğer bir ifade ile yerel üreticiyi destekleyen düşük teknoloji mimarisi [Correia et al., 2014], geleneksel mimarlık ürünlerini yansıtmaktadır. Geleneksel mimarlık, çağın koşulları ve elde olan doğal kaynaklar doğrultusunda düşük maliyetli ve yerel işgücü (yerel halk, zanaatkâr, yapı ustaları vb.) ile deneme yanılma yolu gelişmiştir. Bu özellikler ile gelişen geleneksel mimarlık düşük teknoloji mimarlığının özelliklerini barındırmaktadır.

Teknoloji, geçmişte her ne kadar hayatta kalma ihtiyacının bir aracı olarak ortaya çıksa da günümüzde hayatı kolaylaştırırken çevresel sorunları tetikleyici bir noktaya doğru evrilmektedir. Aslında teknolojinin doğru kullanımı çağın ihtiyaçlarını karşılamada birçok disiplin gibi mimari içinde yüksek potansiyel taşımaktadır.

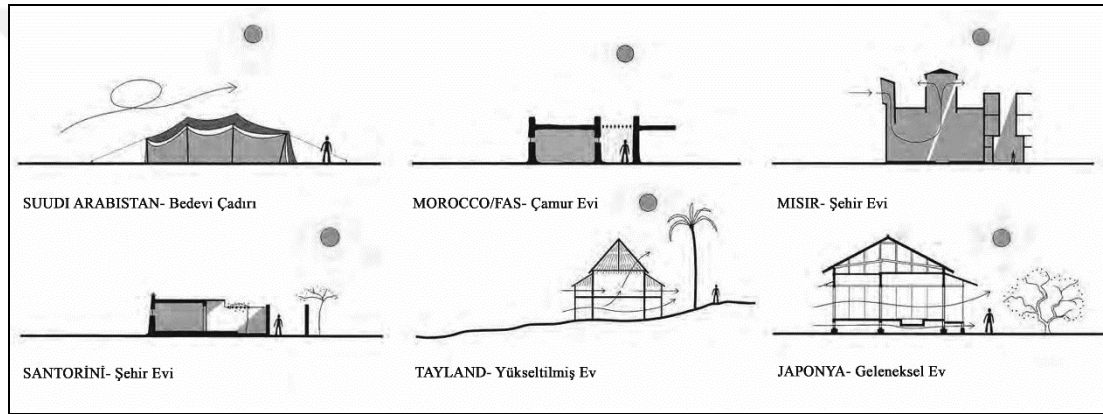
3.6. Geleneksel Mimarlıkta Sürdürülebilir Mimari ve Enerji Etkin Yapı Tasarımı

Mimarinin hangi bölge ve iklimde yapılacağını dikkate almadan önce Batı'daki mimarlık trendlerinin uygulanması ister istemez bölgeye özgü olmayan çözümlerin oluşmasını neden olmaktadır. Bu durum birçok problemi beraberinde getirmektedir. Yapı sektörü, dünyada ve Türkiye'de enerji kullanımının %45'ini oluşturmaktadır. Başta Türkiye'de ve dünyada yapılan örneklerinde enerji etkin tasarım parametrelerinin uygulanmaması bu problemi tetiklemektedir [Yüksek ve Esin, 2009]. Problemlerin artması sürdürülebilir mimarlığı mimarlık gündeminin merkezine almakta ve bölgeye özgü geleneksel mimarlık örneklerinden elde edilen bilgi birikiminin çözüm sağlamada yüksek potansiyele sahip olduğu keşfedilmektedir.

Sürdürülebilir mimari adına göz ardı edilmemesi gereken bir konu, geçmiş tekniklerin ve toplumların bu doğrultudaki bilgi birikimini incelemek olmaktadır. Uygun konfor koşullarının oluşturulması, tüketilen enerji miktarının azaltılması,

sosyal, kültürel, ekonomik faktörler doğrultusunda gelişim göstermesi gibi birçok sürdürülebilir özelliği barındıran geleneksel mimarlık örnek teşkil etmektedir. Bu doğrultuda “*Gelenekselden ve geçmişten öğrenme başlığı*” adı altında geleneksel mimarlık günümüz mimarlığı için kaynak olmaya başlamaktadır [Canan vd., 2020].

Yapıların form, yönlenme, mekân organizasyonu çözümleri ve malzeme tercihleri aslında iklimsel, topoğrafik, kültürel vb. zorluk ve zorunluluklar ile değişim geçirmektedir. Bu durum farklı bölgelerde enerji etkin ve sürdürülebilir stratejilerin oluşmasına ve çeşitlilik göstermesine neden olmuştur. Şekil 3.4’de geleneksel mimarlığın farklı iklim bölgelerindeki çeşitliliği ve farklılaşan enerji etkin stratejileri şematik olarak gösterilmiştir [WEB-4, 2021].



Şekil 3.4: Geleneksel mimarlığın farklı iklim bölgelerindeki çeşitliliği ve farklılaşan enerji etkin stratejileri.

Geleneksel mimarlığın;

- araziye uygun yerleşimi ve çevre binalar ile ilişkisinin kurulması,
- iklimle ve doğayla uyum sağlama çabası,
- yerel, düşük oluşum enerjili malzeme seçimi ve kullanımı,
- doğal havalandırma, aydınlatma, güneş kontrolü, yapı kabuğu gibi pasif tasarım, stratejileri ile enerji tüketiminin azaltılması,
- toplumun yaşam tarzının mimariyi desteklemesi,
- gelişiminde etkili olan sosyal, ekonomik ve çevresel konular

ile doğrudan ilişki kurması gibi özellikleri enerji etkin yapı tasarım ve sürdürülebilir mimarlıkta dikkate alınan konulardır.

Sürdürülebilir mimari sadece dünyada bir bölgenin uygulayacağı bir kavram ya da anlayıştan öte tüm dünyanın gündemi olması gereken bir konu haline gelmektedir. Günümüzde zorunluluk olsa da temelini geleneksel mimarlardan aldığı görülmektedir. Geleneksel mimarlıkta uygulanan yönlenme, arazi seçimi, yapı kabuğu, malzeme seçimleri enerji etkinliğini sağlayan stratejilerdir. Günümüz tek tipleşmiş yapı uygulamalarında, geçmiş mimarlık pratiğinde olan bu enerji etkin uygulamalar terk edilmiştir. Yapı kullanıcılarının geleneksel yapılar yerine yeni konutlara olan talebi ve geleneksel mimarlığın korunması gerektiğinin farkındalığının oluşmaması terk edilmesindeki önemli etkiler olmuştur. Aslında sürdürülebilir mimari adına değerli bilgi birikimine sahip geleneksel yapı ustalığı ürünleri, tüm yaşam döngüsü boyunca enerji ihtiyacını azaltacak stratejilere sahiptir. Bu nedenle geleneksel mimarlık, günümüz ve gelecek mimarlığı için önemli potansiyeler taşımaktadır.

3.7. Geleneksel Mimarlık Yapı Örnekleri

Geleneksel mimarlığın yüzyıllardır oluşturduğu bilgi birikiminin günümüz ve gelecek mimarlık pratiğine rehberlik sağlama potansiyeli literatür çalışmaları ışığında görülmektedir. Geleneksel mimarlık sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerin bir bütünü sonucunda özgün kimliğine ulaşsa da iklim faktörü her zaman mimarinin şekillenmesi ve gelişiminde önemli bir role sahip olmuştur. Geleneksel mimarlığın şekillenmesinde iklim tek belirleyici olmamasına rağmen biyomimetik tasarım yaklaşımı ile karşılaştırılması ve birbiri ile ilişkisinin belirlenmesi adına yapı örneklerin seçiminde belirleyici parametre olmuştur.

Bu bölümde Köppen iklim sınıflandırılmasına göre; tropikal yağmur ormanı, sıcak çöl, ılıman okyanusal ve subtropikal iklim bölgelerinden seçilen birer geleneksel mimarlık örneği incelenmiştir. Seçilen geleneksel mimarlık örneklerinin bölgenin iklim özellikleri karşısında oluşturduğu sürdürülebilir ve enerji etkin stratejiler araştırılmıştır. İncelenen geleneksel mimarlık örnek projelerinin biyomimetik tasarım yapı örnekleri ile enerji etkinlik ve sürdürülebilir mimari bağlamında değerlendirilebilmesi ve karşılaştırılabilmesi için yapılan literatür araştırması sonucunda tespit edilen eksiklikler yapı örneklerinin seçiminde kısıtlılık oluşturmuştur. Bu doğrultuda tez çalışmasında geleneksel mimarlardan dört örnek proje incelenmiştir.

3.7.1. Geleneksel Malay Evleri

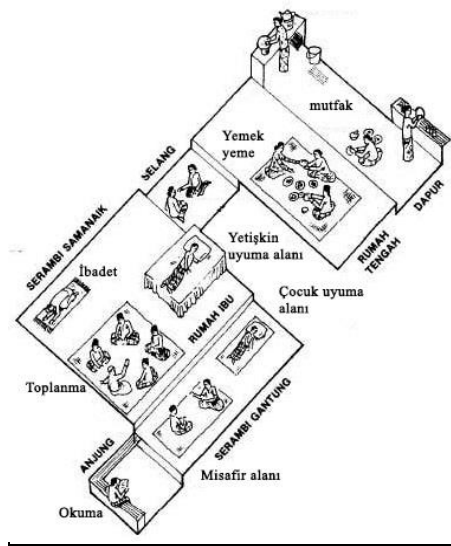
Geleneksel Malay evleri, havalandırmaya izin verecek şekilde ahşap direkler üzerine yerden yükseltilmiştir. Şekil 3.5’de geleneksel Malay evinin spesifik bir örneği görülmektedir [WEB-5, 2021]. Bu evler, toplumsal kültürün izlerini taşımaktadır ve kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda yıllar içinde gelişim göstermiştir. Malay evlerinde genişleyen aile yapısına uyum sağlamak amacıyla esnek mekân organizasyonu ve prefabrik yapım sistemi geliştirilmiştir. Toplumun sosyo ekonomik etkileri, prefabrik ve zamanla genişleyen bir konut modelinin oluşmasını sağlamıştır. Bu yapım teknolojisi sıfırdan bir yapı inşa etmekten daha ekonomiktir ve hızlı inşa edilebilirliği ile zaman bakımından daha avantajlıdır. Küçük ölçekli inşa edilen evlerin ilk maliyeti azdır ve genişleyebilen mekânlar ile aile durumuna uygun koşulların oluşturulması sağlanmaktadır. Malay evlerinin aile yapısına göre genişleyebilen yapısı yerleşim ölçeğinde çevre binalar arası uzaklık ve mahremiyet etkilerinin düşünülerek tasarlanmasına neden olmuştur [Yuan, 1987].

Malay evleri, insan ve doğaya gösterdikleri saygı dışında toplumun kültürel geçmişinin ve yaşamışlıklarının izlerini taşımaktadır. Malay evlerinin kimliğini oluşturan bu özellikler, çağdaş evlerden ayıran ana belirleyici faktörlerdir.



Şekil 3.5: Geleneksel Malay evi.

Yüksek sıcaklık, güneş radyasyonu ve nem Malay evlerinin tasarımına yön veren ana iklim faktörleridir. Ayrıca rüzgâr ve yağmur etkileri de yapı tasarımında dikkate alınmıştır. Malay evleri, güneş radyasyonundan daha az etkilenmesi adına doğu/batı doğrultusunda yönlendirilmiştir [Yuan, 1987]. Doğa ve coğrafyaya uyumlu inşa edilen bu evler, yere özgü tasarım pratiğinin geliştirilmesinin bir ürünüdür.



Şekil 3.6: Malay evinde farklı kotlar ile oluşturulan mekân organizasyonu.

Geleneksel Malay evlerinde peyzaj ile mahremiyet sağlanmıştır. Bu evlerde çok işlevli, esnek, farklı zamanlara ait faaliyetlere göre değişen mekân kurgusu görülmektedir [Yuan, 1987]. Malay evlerinde, konuk odası dışında bölücü duvar ve sınırlamalara sahip başka oda bulunmamaktadır. Bölücü duvar sınırlamaları bulunmayan bu mekânlarda farklı fonksiyonlar kot farklılıkları ile ayrılmaktadır. Bu durum esnek ve çok fonksiyonlu mekan kullanımına neden olmaktadır [Eyüce, 2005]. Şekil 3.6'da Malay evinde farklı kotlar ile oluşturulan mekân organizasyonu ilişkisi şematik olarak gösterilmiştir [Yuan, 1987]. İç mekân aktiviteleri genellikle yerde gerçekleştirilmiştir ve minimal mobilyalar tercih edilmiştir.

- Ekip Çalışması

Geleneksel Malay mimarisi, yerel marangozlar ve halk tarafında kültürel ve dini geleneklerin yansıtılması sonucunda gelişmiştir. Sürdürülebilir özellikler sergileyen Malay evlerinin inşaatı kendi içinde bir ekip çalışmasını içermektedir. Yapı inşaat sürecinde inşaatçı, şaman, heykeltıraş ve dini şef rol oynamaktadır. İnşaat uzmanı evin inşaatından, malzemelerin türü ve inşaat tekniğinden sorumludur. Şaman yapının konumu, yönelimi ve inşaat zamanını belirlemektedir. Dini şef, dualar ile yerel inançlara yön vermektedir. Zanaatkâr/heykeltıraş ise ev genelindeki sembolik öğeleri işlemektedir [Che Amat and Rashid, 2009]. Geleneksel mimarlıktaki bu ekip çalışmasını çağdaş ve günümüz yapılarından ayıran en belirleyici özellik belirli bir mimarın yapının inşasında söz sahibi olmamasıdır.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Malay evleri dönemin içinde olduğu faktörler ve mevcut imkanlar ışığında süreç içinde gelişim göstermiştir. Malay evleri; düşük maliyetli, herkes tarafından ulaşılabilir bilgi çözümlerine sahip, yerel işgücü ile geliştirilen ve yerel malzemelerin kullanıldığı düşük teknoloji mimarlığının özelliklerini barındırmaktadır.

- Peyzaj Tasarımı

Malay evlerinde çevre ve yapı ilişkisi oldukça güçlüdür. Evlerin yerden yükseltilmiş yapısı pasif iklimlendirmeye katkı sağlamanın dışında depolama ve drenaj alanı olarak kullanılmaktadır. Tropikal bölgeye ait hindistan cevizi ağaçlarının ince uzun gövdeleri, yapıya gelen hava akışını kesmemekte ve gölgeleme sağlamaktadır. Bu doğrultuda peyzaj tasarımında, rüzgârın yapıya ulaşmasını engellemeyecek ağaçlar seçilmiştir. Ayrıca Malay evlerinde mahremiyete önem verilmesine rağmen komşu yapılar arası bahçe duvarı uygulaması yapılmamış ve tek sınır doğa olarak kabul edilmiştir [Eyüce, 2005].

- Suyun Korunumu

Malay evlerinde kapla toplanan yağmur suyu, yıkama ve sulama işlemlerinde kullanılmaktadır [Che Amat and Rashid, 2009]. Ayrıca bahçede ev sakinlerinin günlük ihtiyaçları karşılayacak su kaynağı olan kuyular bulunmaktadır.

- Malzemenin Korunumu

Tropikal iklim bölgesinde sıklıkla görülen iklimle uyumlu dik eğimli çatıda, gündüz az ısı tutan akşam soğuyan ısı iletimi düşük yerel saz malzeme kullanılmıştır. Ahşap iskeletli yapıda duvar malzemesi olarak ise ahşap ve/veya bambu kullanılmaktadır [Bülüç vd. 2018]. Geleneksel Malay mimarisinde kullanılan malzemeler yakın çevreden ve doğal kaynaklardan temin edildiği için düşük maliyetlidir.

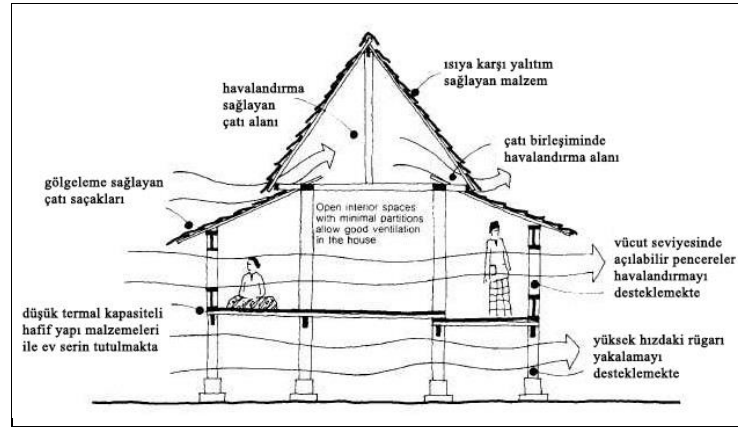
- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Malay evlerinin şekillenmesini sağlayan anlayış toplumun doğaya duydukları saygı ve uyumdan gelmektedir. Yerel halkın doğayı yol gösterici olarak görmesi Malay mimarisini iklimle uyumlu bir hale getirmiştir. Doğaya bağlı/bağımlı bu evlere

ait doğal havalandırma, doğal aydınlatma, gölgeleme kontrolü ve düşük termal malzeme tercihleri gibi stratejilerinden de anlaşılacağı üzere iklimle uyumlu tasarımı destekler niteliktedir [Yuan, 1987]. Malay evlerinde iklim faktörlerine çözüm sunan yapının yerden yükseltilmesi durumu, selden koruma sağlamakta ve pasif soğutma ile nemin azaltılmasını mümkün hala getirmektedir. Geniş saçaklı eğimli çatı, Muson yağmurlarından yapıyı korurken güneş radyasyonundan kaynaklı parlamayı azaltmayı sağlamaktadır. Yapı kabuğunda yüksek sıcaklık faktörlerinin olumsuz etkilerini azaltacak ısı iletimi düşük malzeme kullanımı, insan vücut seviyesindeki pencere düzeni, güneş kontrolü sağlayan ahşap kafes sistemlerden oluşan stratejiler iklimle uygun gelişim göstermiştir.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Yapı ölçeğinde doğal havalandırma vücut seviyesinde açılabilen alçak pencereler ve havalandıran çatı uygulaması ile sağlanmaktadır. Pencerelerin sıklığı ve bölücü duvarların azlığı iç mekân havalandırmasını ve çevre ilişkisini güçlendirmektedir. Ahşap ızgaralar ve kafes sistemler ile kontrollü gün ışığından yararlanılmaktadır [Yuan, 1987]. Havalandıran eğimli çatı, mekân içindeki sıcak havayı çatı açıklıklarından atmaya olanak vermektedir. Şekil 3.7’de Malay evinin iklimle uyumlu tasarım stratejileri şematik olarak gösterilmiştir [Yuan, 1987].



Şekil 3.7: Malay evinin iklimle uyumlu tasarım stratejileri.

Gölgeleme elemanı olarak saçak ve sabit ahşap kafeslere ek olarak dikey kullanıcı kontrollü kepenkler kullanılmıştır. Bu sayede güçlü rüzgâr ve gün ışığı faktörlerinden koruma sağlanmıştır.

Tablo 3.1: Geleneksel Malay Evi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Geleneksel Malay Evi					Mimarlık Ofisi: -						
	Projenin Yılı: -					İşlev/Fonksiyon: Konut						
	Konum: Malezya					Kat Sayısı: 2						
	İklim: Tropikal Yağmur Ormanı İklimi (Af)					Alan: -						
	Taşıyıcı Sistem: Ahşap taşıyıcı sistem											
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki			TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı			✓		
	Mülk sahibi	✓	Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri				Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)					
	Usta-Çıracak (yerel usta)	✓	Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı				Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler					
	Mimar/Mühendis				Yenilikçi Sistem Önerisi							
	Diğer			✓	Düşük Teknoloji			✓				
					Yüksek Teknoloji							
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU					SUYUN KORUNUMU						
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı					Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)						
	Yenilikçi malzeme kullanımı					Yağmur suyun toplanması/kullanılması					✓	
	Yerel malzeme kullanımı					✓					Biyolojik arıtma sistemi	
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı					✓					İklimlendirmede su kullanımı	✓
	Atık yönetimi					✓					İklimde uygun peyzaj kullanımı	✓
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı					✓					Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı	
	ENERJİNİN KORUNUMU											
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			✓	Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi			✓	
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim			✓		İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi			✓	
			İklimde (hâkim rüzgâr, güneş ışınlıması vb.) uygun arazi yerleşimi			✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar				
					Avluya açılan mekânlar							
	Bina Yönlendişi		Kuzey/Güney				Bina Formu	Dairesel kompakt				
			Doğu/Batı			✓		Kare/Dikdörtgen kompakt plan			✓	
			Bağımsız					Serbest form				
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları			✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları			✓	
			Çatı açıklıkları			✓		Çatı açıklıkları			✓	
			Rüzgâr bacası/kepçesi					Işık rafı				
			Atrium/avlu/teras			✓		Atrium/avlu				
			Diğer					Işık tüpü				
	Güneş Kontrolü	Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			✓	Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme			
				Cephede girinti çıkıntı					Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı			✓
		İç	Hareketli	Saçak/Döşeme			✓		Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı			
				Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı			✓		Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi			✓
	Yapı Kabuğu		İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)				Çatı	Düz Çatı				
			Cephe			Tek katmanlı		✓	Eğimli Çatı			✓
						Çift katmanlı			Konik/Kubbe Çatı			
			Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı					Diğer				
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi			✓	Çatı Opak Yüzeyler				✓				
					Çatı Saydam Yüzeyler							
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller			İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü			✓		
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini				Rüzgâr Faktörü			✓		
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji				Sıcaklık Faktörü			✓		
	Biyokütle E.		Hidrojen E.				Nem Faktörü			✓		
	Dalga Enerjiisi		HVAC									

3.7.2. Geleneksel Hicaz Evleri

Suudi Arabistan’da Cidde, Mekke ve Medine’yi içine alan Hicaz bölgesindeki geleneksel evler, 3-5 kat arasında olup toplumun yaşam tarzının izlerini taşımaktadır. Hicaz bölgesi; Mekke ve Medine’yi barındırdığı için dini bölge olarak da ifade edilmektedir [Bagader, 2017]. Şekil 3.8’de Hicaz bölgesindeki Cidde evlerinin genel görünüşü görülmektedir [WEB-6, 2021]. Bölgenin dış çevre ilişkilerinin oldukça güçlü olması zaman içinde mimarinin de bu durumdan etkilenmesine neden olmuştur.

Hicaz evleri, güneş radyasyonundan koruma sağlamak amacıyla çok katlı, dar sokaklı ve bitişik nizama sahip kent planlaması doğrultusunda gelişim göstermiştir [Eyüce, 2005]. İklim faktörleri ve sosyo kültürel etkiler geleneksel Hicaz evlerinin şekillenmesinde oldukça önemli faktörler olmuştur.



Şekil 3.8: Hicaz bölgesindeki Cidde evlerinin genel görünüşü.

Hicaz bölgesinde, sıcak-kuru ve sıcak-nemli olmak üzere iki iklim özellikleri görülmektedir [Bagader, 2017]. Cidde’nin sıcak ve nemli iklim özelliklerini sergilemesi, rüzgara açık çok cepheli evlerin gelişmesine neden olmuştur. Mekke ve Medine’nin sıcak kuru iklim özelliklerini sergilemesi, bitişik nizamlı evlerin gelişmesine neden olmuştur [Eyüce, 2005]. Cidde, Mekke ve Medine’de görülen iklim faktörlerindeki farklılıklar, konut tasarımında geliştirilen stratejilerin bazı noktalarda değişmesine neden olmuştur.

- Ekip Çalışması

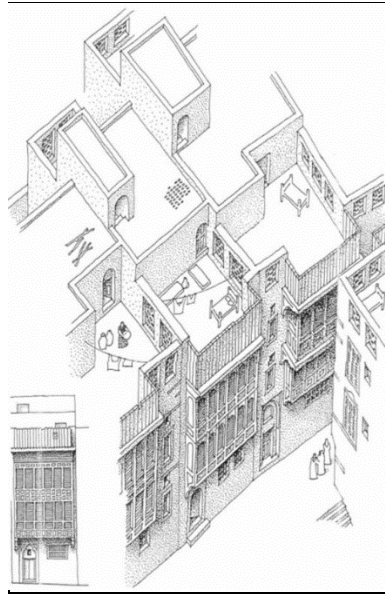
Geleneksel Hicaz evleri, toplumsal gelenekler doğrultusunda gelişmiştir. Halkın ve yapı ustalarının bilgi birikiminin sonucunda inşa edilmişlerdir. Çağdaş yapılarda görülen disiplinlerarası ilişkiden en önemli farkı, bu evlerin inşasında belirli bir mimarın olmayışıdır. Hicaz evlerindeki ahşap cumbalarda ve kapılarda birçok ayrıntı ve detay görülmektedir. Hicaz evlerindeki ahşap cumba ve kapı detaylarındaki marangozluk işleri bu konuda uzmanlaşmış kişilerin ürünüdür.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Geleneksel Hicaz mimarisi, bölgeye yerleşen yabancı turistlerin çok fazla olmasının etkisiyle farklı mimari etkilere maruz kalmış ve bu doğrultuda farklı kültürlerin sentezi sonucunda gelişim göstermiştir.

- Peyzaj Tasarımı

İslam mimarisinde sıklıkla görülen gölge sağlayan avlulu mekan organizasyonu ve bahçe ilişkisi, arazilerin dar olması nedeniyle Hicaz bölgesinde uygulanamamıştır. Hicaz evlerinde bahçe kullanımının ve yaşantısının olmayışı, teras çatıyı yaşam aktivitelerinin gerçekleştirildiği bir mekan haline getirmiştir [Al-Ban, 2016]. Şekil 3.9'da Hicaz bölgesindeki Mekke evine ait teras çatı kullanımı gösterilmiştir [Ragette, 2003].



Şekil 3.9: Hicaz bölgesindeki Mekke evine ait teras çatı kullanımı.

- Suyun Korunumu

Cidde’de kasabalardaki suyun kalitesiz olması, evlerin altında yağmur suyunu toplayan sarnıçlar inşa edilmesine neden olmuştur [Al-Ban, 2016].

- Malzemenin Korunumu

Kutsal mekanları barındıran Hicaz bölgesinin yüzyıllardır ekonomik, sosyo kültürel vb. konularda dış çevre ile etkileşimi oldukça güçlü olmuştur. Bölgenin dış ticaret ilişkisinin güçlü olması, Hicaz evlerinde yoğunlukla kullanılan ahşap malzemenin dışardan temin edilmesinde önemli bir etken olmuştur [Eyüce, 2005]. Bu durum geleneksel mimarlıkta genellikle yakın çevreden elde edilen yerel malzeme kullanımının, bölgenin sosyo kültürel ve ekonomik etkileri doğrultusunda farklılıklar olabileceğini göstermektedir. Bir diğer ifade ile geleneksel Hicaz evlerinde, yerel malzemelere bağımlı kalınmamıştır. Hicaz evlerinde ithal edilen malzemelerin yüksek maliyeti, sosyal statüyü de yansıtmaktadır. Bölgeden Manaqabi Körfezi’nden elde edilen mercan bloklar ve çamur harcı yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Hindistan ve Akdeniz’den ithal edilen sıcak ve nemli iklim etkilerine uygun tik ağacı, gölgeleme elemanı ve hatılda uygulanmıştır [Batterjee, 2010].

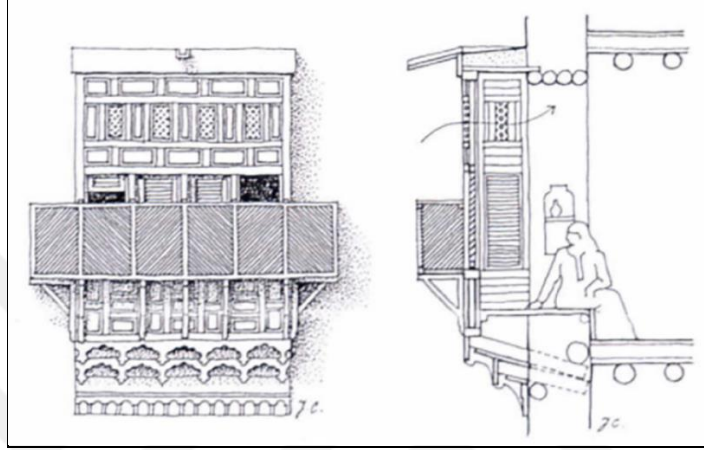
- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Kalın duvarlı yığma sistem ile yapılan Hicaz evlerinde her katın planı ve kat yükseklikleri farklılaşmaktadır. Zemin kat duvarları 80 cm kalınlığında olmasına rağmen üst katlara doğru çıkıldıkça kalınlık her katta 15 cm azalmaktadır ve bu durum yapı ağırlığının da azalmasını sağlamaktadır. Her kattın azalması ile oluşan çıkıntılar, ‘Roshan’ veya kapı/pencere için kullanılmaktadır [Al-Ban, 2016]. Roshan’ın bir ve/veya birden fazla katın dikey doğrultuda birleşmesiyle oluşturulan çeşitli uygulamaları mevcuttur.

Hicaz evlerinin cephesinde, oda zemininden 30-40 cm yüksekte yer alan üç boyutlu giydirme pencere sistemi ‘cumba/roshan’ uygulaması, pasif iklimlendirmeyi desteklemekte ve iç-dış mekan ilişkisini güçlendirmektedir. Pencere sistemi, ufka bakmak yerine yola ve gökyüzüne bakmaktadır. Bu yapı elemanlarında ahşap malzeme kullanılmıştır [Eyüce, 2005]. Şekil 3.10’da geleneksel Hicaz evlerinde kullanılan cumbalı pencere Roshan’ın görünüşü ve kesiti şematik olarak

gösterimektedir [Ragette, 2003]. ‘Roshan’ sokağı seyretmek, uyumak, çay içmek gibi çeşitli aktivitelerin gerçekleştirildiği bir mekan olarak kullanılmaktadır.

Sıcak çöl iklim etkileri doğrultusunda gelişen Geleneksel Hicaz evlerinde, pencere boşluklarının önüne bölgenin kimliğini oluşturan ve yapıyı güneşten koruyan pencere sistemi elemanları uygulanmıştır. Roshan, mekan organizasyonuna uygun şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.10: Geleneksel Hicaz evlerinde kullanılan cumbalı pencere Roshan'ın görünüşü ve kesiti.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Roshan, yaz ve kış mevsimlerinde konfor koşullarının sağlanması için kuzeye ve güneye bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Roshan uygulamalarında, kullanıcı kontrollü hareketli ve/veya sabit kafes sistemler bulunmaktadır. Roshan; doğal havalandırma, gün ışığı kontrolü, iç sıcaklığın azaltılması ve mahremiyet sağlama gibi birçok pasif tasarım stratejinin uygulanmasını desteklemektedir [Batterjee, 2010]. Hicaz evlerinde, kadın ve erkek kullanıcıya ait girişin farklı olması, ‘Roshan’ ve ‘Mashrabiya’ gölgeleme elemanlarının kullanılması ve terasın duvar ile kapatılması gibi uygulamalar mahremiyetin sağlanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar Hicaz evlerinin İslam gelenekleri doğrultusunda geliştiğini göstermektedir.

Tablo 3.2: Geleneksel Hicaz Evi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Geleneksel Hicaz Evi											
	Projenin Yılı: -					Mimarlık Ofisi: -						
	Konum: Hicaz Bölgesi, Suudi Arabistan					İşlev/Fonksiyon: Konut						
	İklim: Sıcak Çöl İklimi (BWh)					Kat Sayısı: 3-5						
	Taşıyıcı Sistem: Yığma taş taşıyıcı sistem					Alan: -						
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki			TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı			✓		
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri				Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)					
	Usta-Çırak (yerel usta)	✓	Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı				Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler					
	Mimar/Mühendis				Yenilikçi Sistem Önerisi							
	Diğer			✓	Düşük Teknoloji			✓				
					Yüksek Teknoloji							
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU					SUYUN KORUNUMU						
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı					Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)						
	Yenilikçi malzeme kullanımı					Yağmur suyun toplanması/kullanılması				✓		
	Yerel malzeme kullanımı				✓	Biyolojik arıtma sistemi						
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı				✓	İklimlendirmede su kullanımı						
	Atık yönetimi					İklim'e uygun peyzaj kullanımı						
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı					Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı						
	ENERJİNİN KORUNUMU											
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale				Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi			✓	
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim			✓		İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi			✓	
			İklim'e (hâkim rüzgâr, güneş ışınımı vb.) uygun arazi yerleşimi			✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar				
					Avluya açılan mekânlar							
	Bina Yönlendişi		Kuzey/Güney				Bina Formu	Dairesel kompakt				
			Doğu/Batı					Kare/Dikdörtgen kompakt plan			✓	
			Bağımsız					Serbest form				
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları			✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları			✓	
			Çatı açıklıkları					Çatı açıklıkları				
			Rüzgâr bacası/kepçesi			✓		Işık rafı				
			Atrium/avlu/teras					Atrium/avlu				
			Diğer					Işık tüpü				
	Güneş Kontrolü	Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			✓	Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme			
				Cephede girinti çıkıntı			✓		Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı			
		İç	Hareketli	Saçak/döşeme					Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı			
				Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı			✓		Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi			
	Yapı Kabuğu		İç mekandaki gölgeleme elemanı (jalu, panjur vb.)				Çatı	Düz Çatı			✓	
								Eğimli Çatı				
			Cephe			Tek katmanlı		✓	Konik/Kubbe Çatı			
						Çift katmanlı			Diğer			
Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı				Çatı Opak Yüzeyler				✓				
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi				Çatı Saydam Yüzeyler								
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller				İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü			✓	
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini					Rüzgâr Faktörü			✓	
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji					Sıcaklık Faktörü			✓	
	Biyokütle E.		Hidrojen E.					Nem Faktörü			✓	
	Dalga Enerjisi		HVAC									

3.7.3. Geleneksel Safranbolu Evleri

Safranbolu, vadi çevresinde şekillenen engebeli bir araziye sahiptir. Safranbolu evleri, yamaçların eğimine paralel ve doğaya saygılı olacak şekilde yerleşim göstermektedir [Gezer, 2013]. Şekil 3.11 a)'da Safranbolu evlerinin topoğrafya ile uyumlu genel görünüşü görülmektedir [WEB-7, 2021]. Safranbolu evleri, 2-3 katlı olup 18.yy ve 19.yy izlerini ve toplumun yaşam tarzını yansıtmaktadır [Günay, 1981]. Safranbolu evlerini aynı iklim bölgesindeki diğer evlerden farklılaşmasını kültürel, ekonomik, teknolojik ve dini çeşitli etkiler sağlamaktadır.



Şekil 3.11: a) Safranbolu evlerinin topoğrafya ile uyumlu genel görünüşü, b) Safranbolu evlerinin yoğunlaştığı şehir ve bağlar bölgeleri.

Safranbolu evlerinin yerleşimi genellikle hakim rüzgar olan güneybatı ve kuzeydoğu doğrultusunda gerçekleşmektedir. Safranbolu yazlar sıcak, kışlar soğuk ve ara dönemlerde ılık olan ılımlı nemli bir iklime sahiptir. Safranbolu mimarisini etkileyen ana iklim faktörleri güneş ve rüzgârdır. Safranbolu'nun sahip olduğu topoğrafya özellikleri iklim faktörleri ile birleşerek vadi ve yamaç olmak üzere iki ana yerleşim yerinin oluşmasını sağlamıştır. Soğuk dönemde 'Şehir evi' olarak ifade edilen evler vadi içinde yer alırken; sıcak dönemde yüksek rakımda ve bahçelere sahip 'Bağ evi' olarak ifade edilen yazlık evler şehir evlerinin kuzeybatısında yer almaktadır. Bu yerleşim düzeni şehir evinde rüzgârdan ve soğuktan koruma sağlarken bağ evinde rüzgârdan yararlanarak serin bir ortam oluşmasına imkan vermektedir [Gürel, 2010]. Şekil 3.11 b)'de Safranbolu evlerinin yoğunlaştığı şehir ve bağlar bölgeleri

gösterilmiştir. Araziye yerleşim ve mekan kullanımı iklim etkilerine uygun şekilde planlanmıştır. Doğa, iklim ve insan ölçeği, Safranbolu evlerinde dikkate alınan ana hususlar olmuştur ve kentin mimarisini şekillendirmiştir. Safranbolu evlerinin mekân organizasyonu, yapıların birbirinin manzarasını ve güneşini engellemeyecek şekildeki topografyaya yerleşimi ve doğaya en az müdahale ile inşa edilmesi gibi özellikleri günümüzde sürdürülebilir mimarlık anlayışının özünü barındırmaktadır.

- Ekip Çalışması

Evlerin inşasından Rum ve Türk ustalar yer almaktadır. Taş, sıva ve yol işleri Rum ustalar tarafından yapılırken marangozluk işlemleri Türk ustalar tarafından yapılmaktadır [Günay, 1981]. Safranbolu evleri, geleneksel mimarlıkta sıklıkla görülen usta, ev sahibi ve bölgede yaşayan halk tarafından inşa edilmiştir.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Safranbolu mimarisinin deneme yanılma yoluyla halkın kolektif bir ürünü olarak oluşması, yerel malzeme tercihleri, inşa edildiği çağın bilgi birikimi ile gelişim göstermesi gibi özellikleri düşük teknoloji mimarlık anlayışını yansıtmaktadır. Çağın ekonomik, sosyo kültürel yapısı mimariye yansımıştır ve bölgeye özgü mimarlığın oluşmasını sağlamıştır. Doğa bu evlerin gelişimine yön vermiştir. Bu süreçte doğadan elde edilen her şeyin doğaya dönüş sağlaması anlayışı ile hareket edilmiştir.

- Peyzaj Tasarımı

Safranbolu evlerinde peyzaj tasarımı, kentsel ve yapı ölçeğinde bir bütün olarak ele alınmıştır. Konut bahçelerinde yazın gölge oluşturacak kışın güneşin yapı içine ulaşmasını engellemeyecek ağaçlar kullanılmıştır. Aynı zamanda kullanılan bitkiler yere ve iklime uyumlu türlerden oluşmaktadır [Gezer, 2013]. Bahçeler doğayla bütünleşmiştir ve evin bir parçası olarak birçok işlevin gerçekleştirildiği bir mekân olarak kullanılmaktadır. Bu durum iç-dış mekân ilişkisini güçlü kılmaktadır.

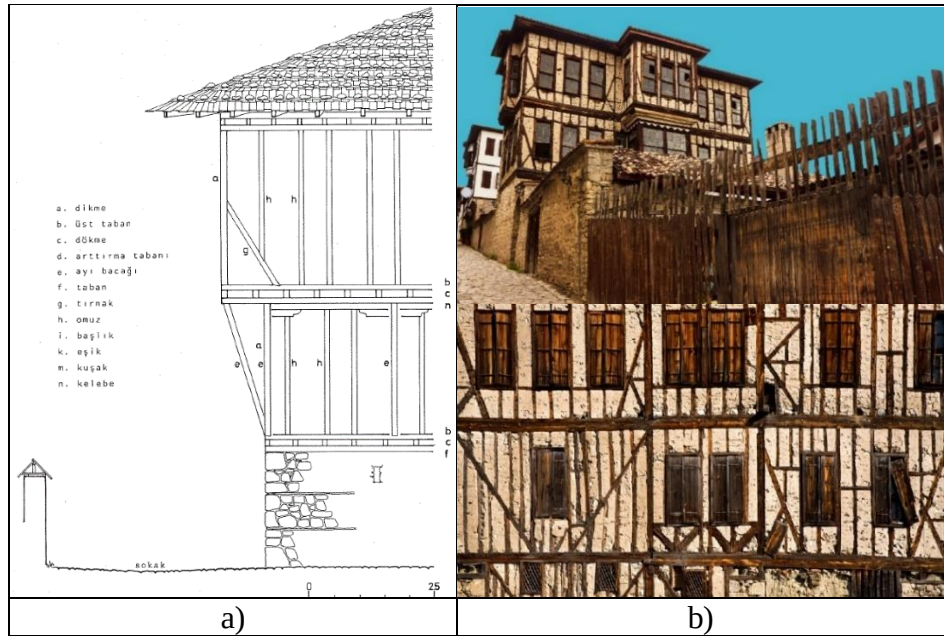
- Suyun Korunumu

Safranbolu taş sokakları ortadaki arıklardan su akışına olanak verecek şekilde merkeze doğru eğimlidir. Sokak kenarlarında toplanan su bahçelerde bulunan ağaçların sulanması için kullanılmaktadır [Gezer, 2013]. Kullanılan taş zemin, suyun

geçirirmliliğini sağlamakta ve suyun ekolojik döngü içinde devamlılığına olanak vermektedir. Safranbolu sokakları ve bahçelerinde olduğu kadar iç mekânında da su ögesine oldukça önem verilmiştir. Suyun sokakta, bahçede ve iç mekânda kullanımı iklimlendirmeyi desteklemektedir. Bu doğrultuda kentsel ve yapı ölçeğinde su ögesine yer verilmiştir.

- Malzemenin Korunumu

Safranbolu evlerinde yakın çevreden elde edilen taş, toprak ve ahşap malzemeler kullanılmıştır. Taş malzeme; sokak dokusu, bahçe duvarı, yapının zemin katı ve temeli olmak üzere farklı alanlarda kullanılmıştır [Gezer, 2013]. Yapıda kullanılan ahşap malzemeler çevredeki orman köylerinden temin edilen büyük oranda köknar ve çamdan oluşmaktadır. Evlerin ana yapım yöntemi ahşap çatıdır. Çatı, dayanıklı köknar malzemeden inşa edilmiştir ve soğuğu önlemek için ise dolgu malzemesi olarak kerpiç kullanılmıştır. Şekil 3.12 a)'da Eski Safranbolu evi çatı sistemi görünüşü görülmektedir [Günay, 1981]. Şekil 3.12 b)'de ise eski Safranbolu evi sokak ilişkisi ve çatı sistem uygulaması görülmektedir [WEB-7, 2021]. Gölgeleme elemanları ise sarıçam ağacından yapılmaktadır [Günay, 1981].



Şekil 3.12: a) Eski Safranbolu evi çatı sistemi görünüşü, b) Eski Safranbolu evi sokak ilişkisi ve çatı sistem uygulaması.

Duvar, döşeme ve tavanda ahşap kaplamalar kullanılmaktadır. Kullanılan malzemeler; dayanıklılık, yakın çevreden temin edilme ve atık süreci bakımından sürdürülebilir etkilere sahiptir. Geri dönüştürülebilir, uzun ömürlü, çevresel etkileri düşük malzeme tercihleri sürdürülebilir malzeme korunumu ilkeleri ile örtüşmektedir.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Evlerin kapalı cephelerinin kuzey yamaçlara doğru yerleştirilmesi rüzgâr ve soğuktan koruma sağlamaktadır. Yanı sıra arazinin eğimine göre şekillenen taş bahçe duvarları rüzgardan koruma sağlamakta ve mahremiyeti desteklemektedir [Gezer, 2013]. Yapı kabuğunda iklime uygun malzeme tercihleri, pencere boyutları, cumba çıkmalar, Safranbolu geleneksel mimarisi için gerekli olan doğal aydınlatmaya ve enerji tasarrufuna katkı sağlamaktadır. Safranbolu evlerinin doğal aydınlatmadan maksimum yarar sağlaması çok sayıda pencere ile sağlanmıştır. Pencerelemler çokluğu ve düzeni gün boyunca farklı açılardan gün ışığı almaya olanak tanımaktadır. Şekil 3.13'de Safranbolu evinin üst katlara doğru büyüyen ve değişen pencere düzeni görülmektedir [Günay, 1981].



Şekil 3.13: Safranbolu evinin üst katlara doğru büyüyen pencere düzeni.

Safranbolu evlerinde iklim faktörlerinin etkileri yerleşim, yönelme, kat yüksekliğindeki farklılıklar ve cephedeki doluluk boşluk oranları üzerinden mimariye yansıdığı görülmektedir. Cephede katlar arası farklılaşmalar görülmektedir. Zemin katta mahremiyetin sağlanması amacıyla penceresiz bir düzen hâkimken kışlık alan olarak kullanılan orta katta küçük pencereler yer almaktadır. Üst katta ise yaz kullanımı destekleyecek şekilde kat yüksekliğinin ve pencerelerin arttığı

görülmektedir. Üst katta odaların genişletilmesini sağlayan cumbalar bulunmaktadır. Bu cumbalar sokak ve manzara ilişkisini kurmayı desteklemenin yanı sıra gün ışığının iç mekâna ulaşmasını sağlamaktadır.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Topografyaya uyumlu yerleşim düzeni, yapıların birbirinin güneşini engellemeden maksimum verim alınmasını sağlarken doğal havalandırmaya da katkıda bulunmaktadır. Yapının yönlenmesi hâkim rüzgâra göre gerçekleştiğinden cephedeki pencerelerin bu doğrultuda yerleştirilmesi mekânın tümünde doğal havanın dolaşmasına izin vermektedir [Gürel, 2010]. Safranbolu evlerinde pasif iklimlendirmeyi destekleyen doğal aydınlatma ve doğal havalandırma ile enerji korunumu sağlanmıştır.

Safranbolu evlerinde, ısıtma-soğutma yüklerinin azaltılması için katlar arası kullanım farklılıkları oluşturulmuştur. Üst katın kat yüksekliğinin ve pencerelerinin fazla olması iç mekânı sıcak yaz için hava akışına olanak verecek bir kullanım ortamının oluşturulması sağlarken, orta katta daha az yükseklik ve pencere düzeni ısı kayıpları minimum derecede tutularak soğuk kış için uygun bir ortam oluşturulmasını sağlamıştır. Ayrıca Safranbolu evlerinde kışın soğuktan ve rüzgârdan korunmak, yazın ise iç mekân ısı artışı ve güneş ışığının içeriye girmesini engellemek için ahşap ‘kara kepenk’ olarak ifade edilen gölgeleme elemanları kullanılmaktadır [Gürel, 2010]. Şekil 3.14’de Safranbolu evlerinde kullanılan kara kepenk gölgeleme elemanları görülmektedir [Gürel, 2010].



Şekil 3.14: Safranbolu evlerinde kullanılan kara kepenk gölgeleme elemanları.

Tablo 3.3: Geleneksel Safranbolu Evi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Geleneksel Safranbolu Evi					Mimarlık Ofisi: -				
	Projenin Yılı: 18. ve 19.yy					İşlev/Fonksiyon: Konut				
	Konum: Safranbolu, Türkiye					Kat Sayısı: 2-3				
	İklim: Ilıman Okyanus iklim (Cfb)					Alan: -				
	Taşıyıcı Sistem: Ahşap çatkı kagir taşıyıcı sistem									
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki			TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı		✓	
	Mülk sahibi	✓	Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri				Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)			
	Usta-Çıracak (yerel usta)	✓	Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı				Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler			
	Mimar/Mühendis				Yenilikçi Sistem Önerisi					
	Diğer			✓	Düşük Teknoloji		✓			
					Yüksek Teknoloji					
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU					SUYUN KORUNUMU				
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı			✓	Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)					
	Yenilikçi malzeme kullanımı				Yağmur suyun toplanması/kullanılması			✓		
	Yerel malzeme kullanımı			✓	Biyolojik arıtma sistemi					
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı			✓	İklimlendirmede su kullanımı			✓		
	Atık yönetimi			✓	İklimle uygun peyzaj kullanımı			✓		
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı			✓	Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı					
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	ENERJİNİN KORUNUMU									
	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale		✓	Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi		✓	
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim		✓		İkincil mekânların tampon görevi görececek şekilde yerleştirilmesi		✓	
			İklimle (hâkim rüzgâr, güneş ışınımı vb.) uygun arazi yerleşimi		✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar			
	Bina Yönlendişi		Kuzey/Güney		✓	Bina Formu	Avluya açılan mekânlar			
			Doğu/Batı				Dairesel kompakt			
			Bağımsız				Kare/Dikdörtgen kompakt plan		✓	
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		✓	Doğal Aydınlatma	Serbest form			
			Çatı açıklıkları				Cephe açıklıkları		✓	
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Çatı açıklıkları			
			Atrium/avlu/teras				Işık rafı			
			Diğer				Atrium/avlu			
	Güneş Kontrolü	Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)		✓	Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme		
				Cephede girinti çıkıntı		✓		Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı		✓
				Saçak/döşeme		✓		Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		
		İç	Hareketli	Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı		✓		Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi		✓
				İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)				Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi		✓
	Yapı Kabuğu		Cephe	Tek katmanlı		✓	Çatı	Düz Çatı		
				Çift katmanlı				Eğimli Çatı		✓
			Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı					Konik/Kubbe Çatı		
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi				Diğer						
						Çatı Opak Yüzeyler		✓		
						Çatı Saydam Yüzeyler				
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller			İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓	
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini				Rüzgâr Faktörü		✓	
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji				Sıcaklık Faktörü			
	Biyokütle E.		Hidrojen E.				Nem Faktörü			
	Dalga Enerjisi		HVAC							

3.7.4. Geleneksel Tulou Evleri

Hakka toplumunun Tulou mimarisi; Guangdong, Fujian ve Jiangxi'nin dağlık alan sınırlarında görülmektedir [Lowe, 2012]. Şekil 3.15 a)'da Fujian'da Tulou evleri bölgesi gösterilmiştir. 3-5 kat arasında değişen Tulou evleri kendi içinde bir köyü barındırmaktadır. 12.yy ve 20.yy arasında savunma amaçlı inşa edilen Çin Fujian'daki Tuloular, daire ve kare forma sahip toplu konut binalarıdır. Şekil 3.15 b)'de Tulou evlerinin genel görünüşü ve doğal çevre ilişkisi görülmektedir [WEB-8, 2021]. Kompleks konut binaları, uzun sıcak ve nemli yaza sahip subtropikal iklim faktörlerine uygun şekilde tasarlanmıştır. Kalın korunaklı sıkıştırılmış toprak duvarlara sahip avlulu yapım sistemi, Hakka topluluğunu saldırılar ve iklim faktörleri karşısında korunmasını sağlamaktadır [Yang and Cadima, 2018].



Şekil 3.15: a) Fujian'da Tulou evleri bölgesi, b) Tulou evlerinin genel görünüşü ve doğal çevre ilişkisi.

Hakka toplumunun yaşam tarzından başlayarak takındıkları çevreye uyum sağlama çabası, inşa ettikleri yapılara da yansımıştır. Geleneksel Tulou mimarisinin iklim karşısında şekillenen malzeme kullanımı, yapım tekniği ve çevre ile kurduğu ilişki toplu konut yapılarını sürdürülebilir bir hale getirmiştir. Geleneksel Tulou evleri, Hakka toplumunun sosyo kültürel yapısını mimari üzerinden algılanmasına olanak tanımaktadır. Dışardan oluşturduğu kütleli ve dışa kapalı görüntüsü saldırılardan koruma sağlayacak şekilde planlanmıştır. Toplu konut yapılarının dışa kapalı etkisi, iç mekanda avlulu mekan planlanması ile tam tersi bir algı ortaya oymaktadır.

Çinliler genellikle dini olmayan bir toplum olarak kabul edilmesine rağmen dini mekânlarını evlerinden ayrı inşa etmemişlerdir. Diğer bir ifade ile inanç etkilerinin izleri Tulou evlerinde görülmektedir. İbadet ve öğreti alanı olarak kullanılan ata tapınağı, dairesel/kare Tulou evlerinin merkezinde ya da merkezine yakın konumda yer almaktadır [Lowe, 2012]. Tulou evlerinin avlulu formu, dini ve sosyal yaşantıyı destekleyici bir mimariye sahip olduğunu görülmektedir. Avlu, çeşitli etkinliklerin yapıldığı toplanma alanı olarak kullanılmaktadır.

- Ekip Çalışması

Fengshui ustası, Tulou evlerinin yer seçiminde söz sahibidir. Bu evlerin inşasında bulunan kişiler belli olmadığından anonim mimarlık ürünüdür ve nesilden nesile aktarılan bilgi birikimi ile gelişim göstermiştir.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Tulou evleri rüzgâr ve deprem etkilerine dayanıklı yapısal sisteme sahiptir [Yelland, 2013]. Tulou evlerinde dönemin mevcut imkanları ve teknolojisi doğrultusunda uygulanan yapı ölçeği ve yapım tekniği gibi özellikleri gelişmiş çözümlere sahip olduğunu göstermektedir. Bu evler inanç sistemi, sosyal, kültürel, ekonomik etkiler doğrultusunda şekillenmiştir ve bu durum yere özgü mimarinin oluşmasını sağlamıştır.

- Peyzaj Tasarımı

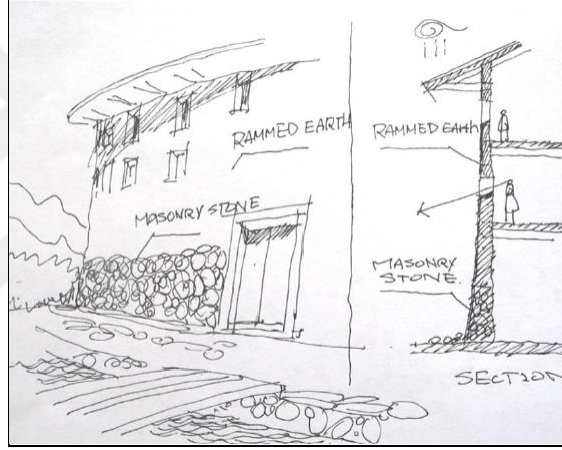
Tulou mimarisi çevresel değerleri, insanı ve yerel kaynak kullanımı önemseyen toplu konut modelidir. Çin'in geleneksel kültürün özünü oluşturan 'Fengshui' felsefesi, yapı ve çevre ilişkisinin uyumunda dikkate alınmıştır ve bu doğrultuda tasarımlar şekillenmiştir. Tulou evleri, girişi suya açılacak ve arkasını dağlara verecek bir yerleşim kurgusuna sahiptir [Wang et al. 2012].

- Suyun Korunumu

Tulou evlerinin yerleşiminde su önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır ve bu doğrultuda su kaynaklarına yakın olacak yerleşim planlanması önemsenmiştir. Yapılarda su değirmenleri ile ihtiyaç duyulan su karşılanmaktadır [Yelland, 2013].

- Malzemenin Korunumu

Tulou evleri dünyanın en eski yapı malzemesi olan sıkıştırılmış toprak ile inşa edilmiştir. Bu evler, kalın sıkıştırılmış toprak duvarlardan oluşmaktadır ve taş, kereste, bambu gibi malzemeler yapıda kullanılmaktadır. Zemin kat hizasında yapıyı yağmur suyundan koruyan dağdan elde edilen malzeme ile taş temel uygulaması yapılmıştır. Şekil 3.16’da Tulou konut binalarındaki malzeme kullanımına ait kesit ve perspektif görülmektedir [Wang et al. 2012]. Her katta iç avlu mekanına doğru yerleştirilen girişler ile desteklenen ahşap yürüyüş yolları bulunmaktadır. Kalın sıkıştırılmış toprak duvarlar, yerel malzeme ve inşaat teknikleri ile inşa edilmiştir. Yerel malzeme kullanımı, malzemenin temin edilmesi için gereken enerji miktarının azaltılmasına ve çevreye uyum sağlama gibi olumlu etkilere sahiptir.



Şekil 3.16: Tulou konut binalarındaki malzeme kullanımına ait kesit ve perspektif.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

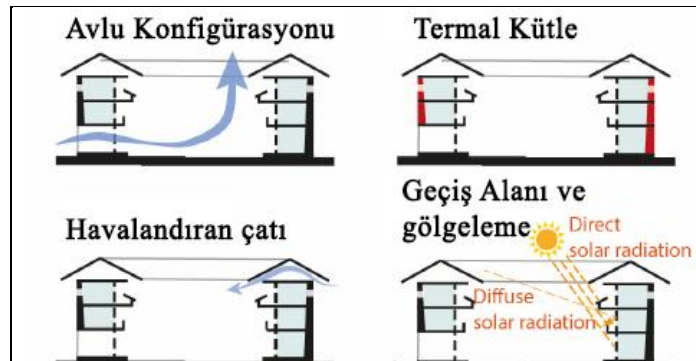
Tulou evlerinin geleneksel mimarisinde pencere boyutu ve düzeni, doluluk boşluk oranları, çatı tipi gibi özellikleri iklim faktörlerine cevap verecek şekilde planlanmıştır. Isı geçişlerini mevsimsel dönemler de avantaja çevirmek için yapıda sıkıştırılmış toprak malzeme tercihinde bulunulmuştur. Tulou evlerinin tek ve ana bir girişi bulunmaktadır. Genellikle ilk iki kat penceresiz, üçüncü ve beşinci katlar arasında değişen pencere düzeni uygulamaları görülmektedir. Şekil 3.17 a)’da Tulou evi ana giriş kapısı ve dışa açılan cephenin pencere düzeni, Şekil 3.17 b)’de avluya bakan cephenin pencere düzeni görülmektedir [WEB-8, 2021]. Yapının dışa açılan cephesinde pencereler az ve küçük iken iç avluya açılan cephedeki açıklıklar oldukça fazladır. Geniş saçaklı çatı uygulaması, yapıyı yağmurdan ve güneşten korumaktadır.



Şekil 3.17: a) Tulou evi ana giriş kapısı ve dışa açılan cephenin pencere düzeni, b) Avluya bakan cephenin pencere düzeni.

•Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Hakim rüzgara yerleştirilen yapı girişi, doğal havalandırmayı desteklemektedir. Tulou evlerinde doğal havalandırma, soğuk havanın ana giriş kapısından girmesi ve sıcak havanın avludan dışarı atılması prensibi ile gerçekleşmektedir. Bu durum iç ortam sıcaklığının dengelenmesine katkı sağlamaktadır. Sıkıştırılmış toprak duvarın termal düzenleyici gibi çalışma mekanizması ile yazın sıcak havalarda ısıyı duvarlara çekerek iç mekanı serin tutmakta, kışın soğuk havalarda ise ısıyı serbest bırakarak iklimi yumuşatmaya katkıda bulunmaktadır [Yelland, 2013]. Şekil 3.18’de Tulou evi pasif soğutma stratejileri şematik olarak gösterilmiştir [Yang and Cadima, 2018]. Tulou evleri havalandıran çatı ve avlulu mekan organizasyonu ile doğal havalandırma, toprak malzeme kullanımı ile termal kütle, geniş saçaklı çatı uygulaması ile güneş kontrolü gibi pasif iklimlendirme stratejilerine sahiptir.



Şekil 3.18: Tulou evi pasif soğutma stratejileri.

Tablo 3.4: Geleneksel Tulou Evi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Geleneksel Tuluo Evi					Mimarlık Ofisi: -						
	Projenin Yılı: 12. ve 20. yüzyıl arası					İşlev/Fonksiyon: Toplu konut/savunma						
	Konum: Fujian, Çin					Kat Sayısı: 3-5						
	İklim: Subtropikal İklim (Cfa)					Alan: -						
	Taşıyıcı Sistem: Toprak kagir taşıyıcı sistem											
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki			TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı			✓		
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri				Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)					
	Usta-Çırak (yerel usta)	✓	Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı				Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler					
	Mimar/Mühendis							Yenilikçi Sistem Önerisi				
	Diğer		✓					Düşük Teknoloji			✓	
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU					SUYUN KORUNUMU						
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı				✓	Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)						
	Yenilikçi malzeme kullanımı					Yağmur suyun toplanması/kullanılması						
	Yerel malzeme kullanımı				✓	Biyolojik arıtma sistemi						
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı				✓	İklimlendirmede su kullanımı						
	Atık yönetimi					İklime uygun peyzaj kullanımı						
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				✓	Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı						
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	ENERJİNİN KORUNUMU											
	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi					
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim				İkincil mekânların tampon görevi görececek şekilde yerleştirilmesi					
			İklim (hâkim rüzgâr, güneş ışıınımı vb.) uygun arazi yerleşimi		✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar					
				Avluya açılan mekânlar			✓					
	Bina Yönlenişi		Kuzey/Güney		✓	Bina Formu	Dairesel kompakt			✓		
			Doğu/Batı				Kare/Dikdörtgen kompakt plan			✓		
			Bağımsız				Serbest form					
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları			✓		
			Çatı açıklıkları		✓		Çatı açıklıkları					
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Işık rafı					
			Atrium/avlu/teras		✓		Atrium/avlu			✓		
			Diğer				Işık tüpü					
	Güneş Kontrollü		Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)		Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme				
					Cephede girinti çıkıntı				Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı			
			İç	Hareketli	Saçak/döşeme			✓	Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı			
					Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı				Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi			
	Yapı Kabağı		İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)			Çatı	Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi					
			Cephe		Tek katmanlı		✓	Düz Çatı				
					Çift katmanlı			Eğimli Çatı			✓	
Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı				Konik/Kubbe Çatı								
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi				Diğer								
					Çatı Opak Yüzeyler			✓				
					Çatı Saydam Yüzeyler							
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller			İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü			✓		
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini				Rüzgâr Faktörü			✓		
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji				Sıcaklık Faktörü			✓		
	Biyokütle E.		Hidrojen E.				Nem Faktörü			✓		
	Dalga Enerjiisi		HVAC									

4. DOĞAYI TAKLİT EDEN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇAĞDAŞ BİYOMİMETİK TASARIM

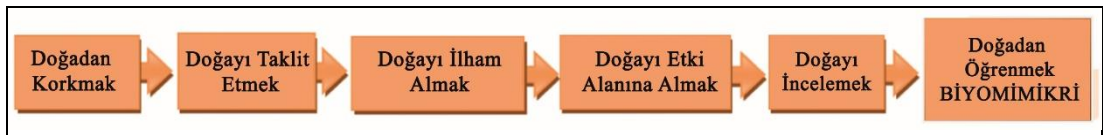
Yapılı çevre; atık oluşumu, büyük oranda malzeme ve yenilenemeyen enerji kullanımı, sera gazı emisyonlarındaki artış gibi birçok faktörden sorumludur. Doğanın çözümlerinden büyük oranda uzaklaşıldığı, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının yoğun olduğu Fosil Yakıt Çağında, doğadan alınan derslerden ve kolektif hafızadan oldukça uzaklaşmıştır. Bu nedenle yapılı çevrenin uzun vadede bu sorunları çözmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda Fosil Yakıt Çağının tetiklediği çevresel sorunların çözümü için doğanın yüzyıllardır evrim sürecinde geliştirdiği stratejileri keşfetmeye doğru değişen Ekolojik çağ dönemine girmiş bulunmaktayız [Pawlyn, 2011]. Mimarlık, gelişmeler ve değişimler doğrultusunda şekillenmekte teknolojiyen yararlanan ve çevre sorunlarına cevap veren sürdürülebilir çağdaş bir içerik ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir mimarlıkta yenilikçi ve çevreci yaklaşımlardan biri olan doğa tabanlı biyomimetik tasarım yaklaşımındaki doğanın sürdürülebilir çözümleri, birçok disiplini olduğu kadar mimariyi de etkilemektedir. Geleceğin mimarisine yön verecek çağdaş yaklaşımlardan biri olan biyomimikri/biyomimetik tasarım anlayışı; bilimsel, teknolojik, doğa, biyoloji, disiplinlerarası iş birliği ve çevresel gelişmeler ile sıkı bir ilişki içindedir. Bu doğrultuda biyomimetik tasarım yaklaşımı, doğayı taklit ederek sürdürülebilir ve enerji tasarrufu sağlayan malzeme, sistem ve yapı örneklerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır [Faggal, 2013].

Bu bölümde biyomimikri/biyomimetik tasarım; disiplinlerarası ilişki, doğa, iklim ve teknoloji ilişkisi, sürdürülebilir mimari ve enerji etkin yapı tasarımı kapsamında incelenmiştir. Doğayı taklit eden sürdürülebilir biyomimetik tasarıma ait farklı konum ve iklim bölgelerinden seçilen sekiz örnek proje incelenmiştir.

4.1. Biyomimimikri Kavramı ve Tarihçesi

Doğadan ilham alan tasarımlar uzun bir geçmişi ve süreci kapsamaktadır. Biyomimikri yeni bir bilim dalı ve araştırma konusu olsa da doğanın mimarının gelişimindeki rolü tarih öncesi zamana dayanmaktadır. Doğa, insan ve mimari ilişkisi bu süreç içinde farklı şekillerde gerçekleşmiştir. İnsanoğlunun yaşamını devam

ettirmek için doğa ile kurduğu ilişki doğadan korkma ile başlamış ve doğadan öğrenmeye doğru evrim geçirmiştir. Şekil 4.1’de tasarımdaki doğa ilişkisinin evrim süreci özetlenmiştir [Anous, 2015]. Doğa ve mimari etkileşimi 20.yy başına kadar canlı organizmaların formunun taklit edilmesi gibi yüzeysel bir durumdayken yaşanan gelişmeler ile beraber doğadaki organizmaların özelliklerinin, davranışlarının ve ekosistemlerin analiz edilmesi sürdürülebilir tasarımlar oluşturulmaya katkı sağlamıştır. Günümüzde doğayı inceleme ve tasarıma aktarma süreci, doğayı analiz etme yöntemlerinin gelişimi ile hızlanmıştır. Biyomimikri tüm canlıları inceleme ve keşfetme konusunda yenilikçi bir yol sunmakta ve sürdürülebilir çözümler için yüksek potansiyel barındırmaktadır. Doğanın çok işlevliliği, adaptasyon yeteneği, minimum atık oluşturması ve minimum enerji kullanımı gibi özelliklerinin mimariye aktarılması sürdürülebilir yapıları çevrenin oluşumuna katkıda bulunacağı aşikârdır. Doğa, 3.8 milyar yıldır bir araştırma ve gelişim sürecinin sonunda neyin işe yaradığı ve neyin işe yaramadığı konusunda deneyim kazanarak hayatta kalmanın yolunu bulmuştur. Bu durum doğanın, insanoğlunun çözemeye çalıştığı problemlere yüksek potansiyel taşıyan cevapları barındırdığının kanıtıdır [Benyus, 2002]. İnsanoğlu doğayı uzun zamandır rol model almıştır. Bu durum doğanın bilgi birikiminden yararlanması noktasında ya da ele alınmasında farklı disiplinlerde farklı kavramların oluşmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda ‘biyomimesis’, ‘biyomimikri’, ‘biyomimetik’, ‘biyonik’, ‘biyognoz’, ‘biyofilik tasarım’, ‘biyolojik olarak esinlenilmiş tasarım’, ‘biyoilham’ vb. eş anlama sahip kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu kavramlardan biri olan ‘biyomimetik’ mühendislik, tasarım, kimya, elektronik gibi alanlarda doğanın mekanizmalarının ve işlevlerinin ele alınmasını ifade etmekte gelişimini sürdürmektedir [Vincent et al, 2006].



Şekil 4.1: Tasarımdaki doğa ilişkisinin evrimi.

Biyomimikri;

“sürdürülebilir çözümler üretmek için biyolojik fomların, süreçlerin ve sistemlerin işlevsel temelini taklit etmek”

olarak tanımlanmaktadır [Pawlyn, 2011].

Biyomimikri; doğanın model, ölçüt ve akıl hocası olarak kabul edilmesi ve doğanın dehasının bilinçli şekilde taklit edilmesi ile insanoğlunun karşılaştığı problemlerin çözülmesini ifade etmektedir. Biyomimikri bilim dalı, doğadaki formların, süreçlerin ve ekosistemlerinin taklit edilmesi ile sürdürülebilir tasarımlara kaynak olması amacı taşımaktadır [Benyus, 2002].

Biyomimikri; doğanın fikirlerini inceleyen ve insan problemlerini çözmek için doğanın tasarımlarını ve süreçlerini taklit eden bir disiplindir [Rao, 2014].

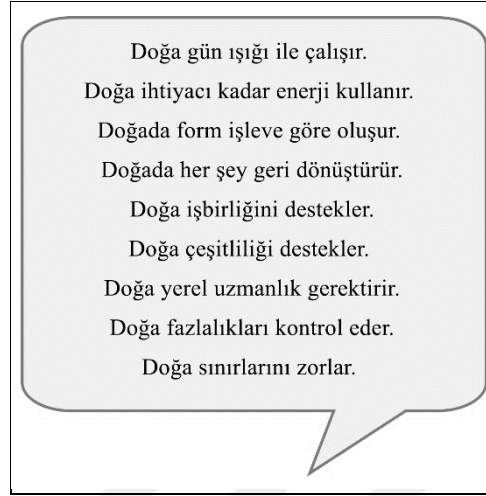
Biyomimikri, canlıların dünyasındaki stratejilere öykünme olarak ifade edilebilmektedir. Sürdürülebilir tasarımların oluşturulmasında inovasyon kaynağıdır [Pedersen Zari, 2010].

Biyomimikri bir bilim dalı olarak doğaya bakmanın yeni yollarını ve ele alış şekillerini ortaya koymaktadır. Benyus (2002), “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature” kitabında biyomimikriyi doğayı model, ölçüt ve mentor olarak kullanılmayı amaçlayan bir bilim dalı olarak tanımlamaktadır.

- Model olarak doğa: İnsanoğlunun karşılaştığı problemleri çözme sürecinde tasarımlarda doğa modellerine başvurulması ve doğanın taklit edilmesini sağlayan yenilikçi bir yöntem sunmaktadır.
- Ölçüt olarak doğa: 3.8 milyar yıldır evrim süreci ile doğa neyin işe yarayıp yaramadığını öğrenmiştir. Bu süreçte öğrenilen bilgiler ekolojik/sürdürülebilir çözümler için bir standart sunmaktadır.
- Mentor olarak doğa: Doğanın çözümlerinden ne alacağımız değil doğadan ne öğreneceğimiz oldukça önemlidir [Benyus, 2002].

Doğanın model, ölçüt ve mentor olarak ele alınması ile tasarım problemlerinin çözümünde yenilikçi sürdürülebilir stratejilerin ortaya çıkarılması için doğanın incelenmesi gereken 9 ana ilkesi bulunmaktadır [Benyus, 2002]. Şekil 4.2’de doğanın 9 ana ilkesi gösterilmektedir [Benyus, 2002]. Doğadaki tüm organizmaların özelliklerinde ve birbiri ile kurduğu ilişkide bir düzen bulunmaktadır. Bu dünyaya inşa etme eylemini gerçekleştiren tek canlı insanoğlu olmadığı için aynı bağlamda yaşadığı tüm canlı organizmaların geliştirdiği çözümler oldukça değerlidir. Bu doğrultuda

insanoğlunun, doğanın ilkelerini incelemesi ve bu ilkelerden öğrenmesi sürdürülebilir bir gelecek oluşturmayı mümkün hale getirmektedir.



Şekil 4.2: Doğanın 9 ana ilkesi (şekil yazar tarafından oluşturulmuştur).

Biyomimikrinin bu gibi tanımları ve bu doğrultuda ele alınan uygulamaları günümüzde araştırılmaya başlanmaktadır. Ancak bu tanımlar ele alınmadan çok zaman öncede doğayı taklit eden tasarımlar bulunmaktadır. Doğa, tasarımların geliştirilmesinde ve insanların aradığı sorulara cevaplar sunmada tarih öncesi zamandan itibaren ele alınan bir konudur.

- M.Ö. 500’de yunan filozofları tarafından doğal organizmalar model olarak görülmüştür.
- 1482’de Leonardo Da Vinci, kuşlardan ilham alarak uçan bir makine icat etmeye çalışmıştır.
- 1948’de Wright kardeşler Leonardo Da Vinci’nin katkısıyla uçak protitipini yapmıştır.
- 1950’lilerde Otto Schmitt, biyolojiden teknolojiye fikir aktarımında ‘Biyomimetik’ kavramını kullanmıştır. Otto Schmitt’in doktora çalışmasında sinirin biyolojik sistemini kopyalamaya çalışan bir cihaz tasarımı üzerinde yoğunlaşmıştır ve biyomimetik kavramı bu doğrultuda ortaya çıkmıştır.
- 1958’de Jack E. Steele, biyoloji ve teknoloji ilişkisini ifade eden ‘Biyonik’ kavramını kullanmıştır. Biyonik kavramı;

‘doğadan kopyalan bazı işlevleri veya özellikleri temsil eden bilim’’

olarak ifade edilmiştir.

- 1982’de Biyomimikri terimi ortaya çıkmıştır.
- 1997’de Janine Benyus’un ‘Biyomimikri: Doğadan Esinlenen İnovasyon’ (Biomimicry: Innovation Inspired By Nature) kitabı ile biyomimikri kavramı popüler bir hale gelmiştir. Biyomimikri kavramı, ‘bios’ (yaşam) ve ‘mimesis’ (taklit etme) kelimelerinin birleşiminden oluşmakta ve doğanın dehasının taklit edilmesi anlamına gelmektedir.
- 2005’de Bryony Schwan ve Janine Benyus Biyomimikri Enstitüsünü kurmuştur.
- 2007’de doğada canlıların stratejilerinin ve çözümlerinin listesini barındıran dijital kütüphane ‘AskNature’ lansmanı yapılmıştır [Benyus, 2002; Vincent et al, 2006; Radwan and Osama, 2016].

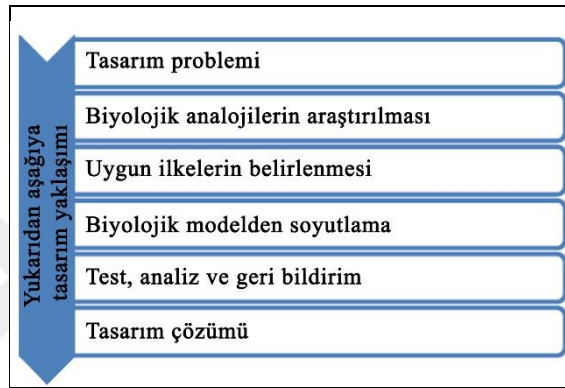
Biyomimikrinin tarihsel çerçevesi çok eskiye dayandığı ancak gelişimini hala sürdürmeye devam ettiği görülmektedir. Doğanın detaylı incelenmesini sağlayan ve bu doğrultuda insanoğlunun problemlerine çözümler sunan biyomimikri/ biyomimetik tasarım anlayışı, 21.yy’daki gelişmeler ışığında önem kazanmaya başlamaktadır [Karakoç ve Özer Yüksel, 2021]. Bu tez kapsamında doğanın sunduğu bilgi birikiminin mimarlık disiplini için taşıdığı yüksek potansiyel durumu üzerinde durulmaktadır. Bu doğrultuda biyomimikri/biyomimetik tasarım sürdürülebilir bir yapılı çevrenin oluşturulmasında sunduğu enerji verimli çözümler ile doğa, teknoloji ve disiplinlerarası ilişki çerçevesinde köprü görevi görmektedir.

4.1.1. Biyomimikri/Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları

Doğanın sunduğu bilgi birikiminin tasarıma aktarılması aşamasında iki temel biyomimetik yaklaşım bulunmaktadır.

- Biyolojiye referans veren tasarım/ Problem odaklı yaklaşım/ Yukarıdan aşağıya tasarım yaklaşımı

Bu yaklaşımda ilk başta tasarım problemi belirlenmekte ve sonrasında organizmanın veya ekosistemin bu problemi çözme yolları incelenmektedir [Pedersen Zari, 2014]. Şekil 4.3’de yukarıdan aşağıya tasarım yaklaşımı aşamaları gösterilmektedir [Prakash and Sharma, 2017]. Tasarımcılar problemi belirler ve benzer problemi çözmüş organizmalar ile eşleştirmeyi gerçekleştirir. Bu yaklaşımda süreci yöneten tasarımcı olmaktadır. Tasarımcılar gözlemlerine dayalı doğanın sunduğu çözümleri araştırmakta ve tasarıma aktarmaktadır. Ancak bu durum tasarıma aktarımda yetersiz noktalar oluşturabilmektedir [Prakash and Sharma, 2017].



Şekil 4.3: Yukarıdan aşağıya tasarım yaklaşımı aşamaları.

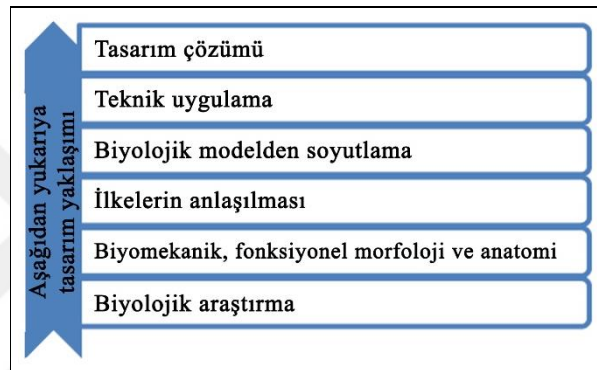
Daimler Chrysler'in prototip biyonik araba örneğinde, büyük hacim ve küçük dingil aralığa sahip bir araba tasarlama problemi ile yola çıkılmıştır. Bu doğrultuda aerodinamik özelliğe sahip kutu balığından (ostracion meleagris) ilham alınmıştır [Prakash and Sharma, 2017]. Biyonik araba tasarımında kutu balığından ilham alınması aerodinamiklik kazandırdığı için yakıt kullanımını açısından verim sağlamıştır. Ayrıca minimum malzeme kullanımı için ağaç büyüme dokusu taklit edilmiştir [Pedersen Zari, 2014]. Şekil 4.4’de kutu balığı ve ağaç büyüme dokusundan ilham alınan biyonik araba tasarımı gösterilmiştir [Pedersen Zari, 2014].



Şekil 4.4: Kutu balığı ve ağaç büyüme dokusundan ilham alınan biyonik araba tasarımı.

- Tasarıma referans veren biyoloji/ Çözüm odaklı yaklaşım/ Aşağıdan yukarı tasarım yaklaşımı

Bu yaklaşımda ilk başta organizma ve ekosistemin özellikleri tanımlanmakta ve bu bilgi birikimi tasarıma aktarılmaktadır [Pedersen Zari, 2014]. Şekil 4.5’de aşağıdan yukarı tasarım yaklaşımı aşamaları gösterilmektedir [Prakash and Sharma, 2017]. Biyolojik bilgi birikimine sahip uzmanlar, organizmalar veya ekosistemler hakkında biyolojik veya ekolojik bir araştırma yapmaktadır. Bu doğrultuda elde edilen bilgi birikimi tasarımı etkilemektedir [Prakash and Sharma, 2017]. Diğer bir ifade ile doğanın sunduğu biyolojik bilgi tasarıma referans vermektedir.



Şekil 4.5: Aşağıdan yukarı tasarım yaklaşımı aşamaları.

Binalarda kullanılan kendi kendini temizleme özelliğine sahip Lotusan boyası, nilüfer çiçeğinin bataklıkta temiz kalabilen özelliklerinin bilimsel bir araştırma ile elde edilmesi sonucu ortaya çıkan yenilikçi bir tasarımdır [Prakash and Sharma, 2017]. Şekil 4.6’da Nilüfer çiçeğinden ilham alınan Lotusan boyası gösterilmektedir [Pedersen Zari, 2014].



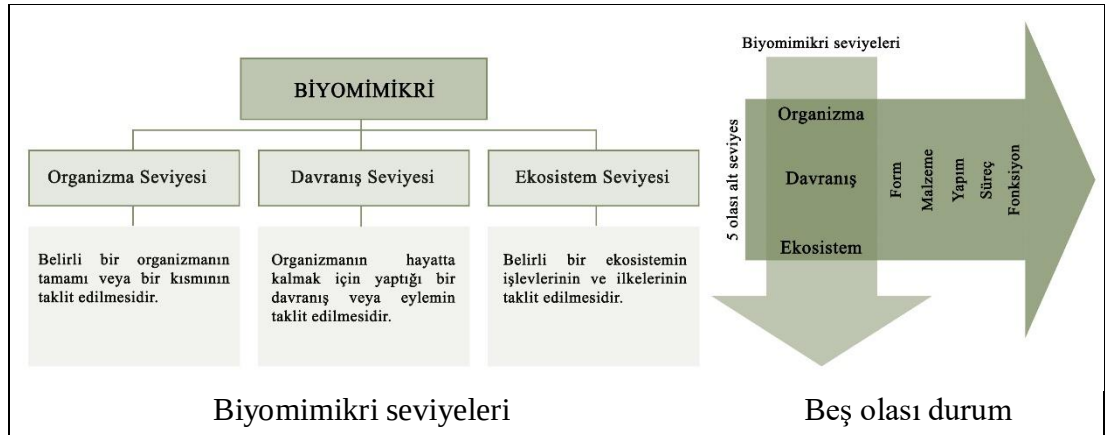
Şekil 4.6: Nilüfer çiçeğinden ilham alınan Lotusan boyası.

4.1.2. Biyomimikri Seviyeleri

Doğanın sunduğu bilgi birikiminin tasarıma aktarılması aşamasında ‘biyolojiye referans veren tasarım’ ve ‘tasarıma referans veren biyoloji’ yaklaşımlarına uygulanmak üzere üç farklı biyomimikri seviyesi bulunmaktadır.

- Organizma seviyesi, belirli bir organizmanın bir kısmının veya tamamının ilham taklit edilmesidir.
- Davranış seviyesi, belirli bir organizmanın tepkisinin veya davranışının taklit edilmesidir.
- Ekosistem seviyesi, tüm ekosistemin ve başarılı olmasını sağlayan ortak ilkelerinin taklit edilmesidir [Pedersen Zari, 2007].

Biyomimetik tasarımdaki organizma, davranış, ekosistem seviyelerinin her biri için neye benzediği (form), neyden yapıldığı (malzeme), nasıl yapıldığı (yapım), nasıl çalıştığı (süreç), ne yapabileceği (işlev) olmak üzere taklit etmenin beş olası durumu daha bulunmaktadır [Pedersen Zari, 2007]. Şekil 4.7’de biyomimikri seviyeleri ve beş olası durumu özetlenmektedir [Anous, 2015].



Şekil 4.7: Biyomimikri seviyeleri ve beş olası durumu (kaynaktaki bilgilerden yazar tarafından düzenlenmiştir).

• Organizma Seviyesi

Biyomimikrinin ilk seviyesi, doğal bir formun taklit edilmesi diğer bir ifade ile belirli bir organizmanın form, parça, malzeme ya da görünüşü gibi morfolojik

özelliklerinin bir kısmından veya tamamından ilham alınmasına dayanmaktadır. [Pawlyn, 2011].

Bitki veya hayvan gibi belirli organizmaların bir kısmının veya tamamının taklit edilmesini kapsayan bu seviyede, canlının belirli bir özelliğine yoğunlaşmaktadır. Bu doğrultuda bu yöntem, yenilikçi yapı teknolojilerinin veya malzemelerinin gelişmesine katkıda bulunsa da sürdürülebilirliği artırma konusunda detaylı araştırılması gerekmektedir [Pedersen Zari, 2007]. Organizma seviyesi taklitle tasarımcının detaylı bilgi birikimine sahip olmaması ve biyolog gibi farklı disiplinler arası ilişkiye başvurmaması biyomimetik tasarım anlayışının sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda tasarımların sürdürülebilirliğinin artırılmasında biyolog ve ekoloji uzmanlarına başvurulması oldukça önemlidir.

Nicholas Grimshaw & Partners tarafından tasarlanan Waterloo uluslararası terminal projesi, organizma seviyesi biyomimetikriye örnektir. Şekil 4.8’de Waterloo uluslararası terminal projesi ve ilham kaynağı pangolin görülmektedir [Pedersen Zari, 2007]. Waterloo uluslararası terminal projesi, trenlerin terminale girip çıkarkenki hava basıncını engelleyecek bir tasarım ihtiyacı doğrultusunda gelişmiştir. Bu doğrultuda terminalin üst örtüsünü oluşturan cam panellerinin birleşim detayında Pangolin’in esneklik özelliği taklit edilmiştir. Bu sayede üst örtü detayına hava basıncına göre hareket edebilme özelliği kazandırılmıştır [Aldersey Williams, 2003].



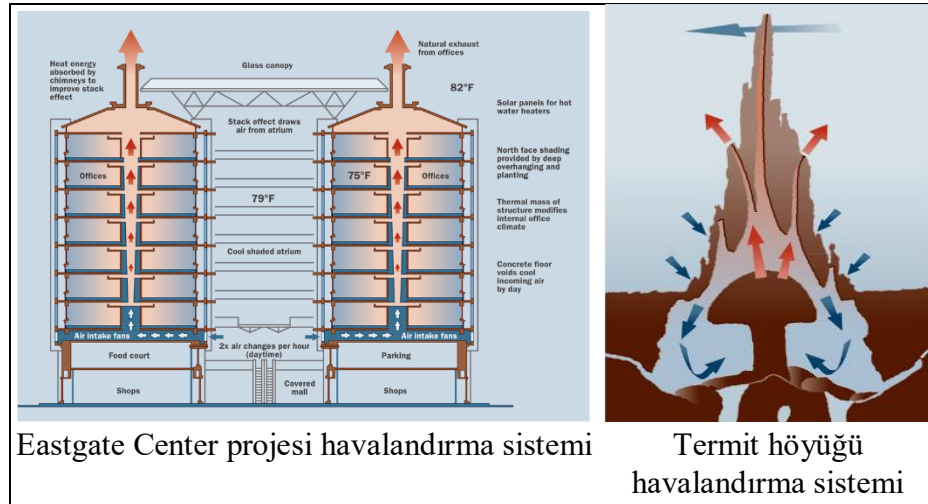
Şekil 4.8: Waterloo uluslararası terminal projesi ve ilham kaynağı pangolin.

- Davranış Seviyesi

Biyomimikrinin ikinci seviyesi, doğal bir sürecin taklit edilmesi diğer bir ifade ile bir organizmanın yaşam alanına uygun geliştirdiği davranışların veya süreçlerin ilham alınmasına dayanmaktadır [Pawlyn, 2011].

Bitki veya hayvan gibi belirli organizmaların davranışının taklit edilmesini kapsayan bu seviyede, tasarıma ilham olan canlının davranışının hangi kapsamda ele alındığının ve uygulanacağını belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin, termit yuvalarının habitatına uygun geliştirdiği davranış özellikleri pasif termal konforu sağlama konusunda binalara ilham kaynağı olmaktadır termit kolonilerinin sosyal yaşantısının taklit edilmesi ise insan yaşantısı adına uygun olmamaktadır [Pedersen Zari, 2007].

Zimbabve’de mimar Mick Pearce ve Arup işbirliğinde tasarlanan Eastgate Center projesi, termit höyüğünün havalandırma sisteminden ilham alan alışveriş kompleksi ve ofis binasıdır. Bu proje davranış seviyesi biyomimikriye örnektir. Şekil 4.9’da Eastgate Center projesi havalandırma sistemi ve termit höyüğü havalandırma sistemi görülmektedir [WEB-9, 2021]. Eastgate Center projesinde termit höyüğünün havalandırma sisteminin taklit edilmesi yapının klima ve ısıtma sistemi olmadan iç mekan sıcaklığını korumaya katkı sağlamıştır. Bu durum benzer bir yapıya göre %10 daha az enerji harcanmasını mümkün hale getirmiştir [Pawlyn, 2011].



Şekil 4.9: Eastgate Center projesi havalandırma sistemi ve termit höyüğü havalandırma sistemi.

- Ekosistem Seviyesi

Biyomimikride ekosistemin taklit edildiği seviyesi, organizma ve davranış seviyelerine göre daha karmaşık olduğu için detaylı incelenmesi gerekmektedir [Pawlyn, 2011].

Ekosistemlerin taklit edilmesin kapsayan bu seviyede, ekosistemin uyumlu çalışmasını ve başarılı olmasını sağlayan özellikleri ele alınmaktadır. Ekosistemler mimari tasarım için söz sahibi olacaksa bu durum yapılı çevrenin değişimine, enerji ve malzeme odaklı üretici haline gelmesini kısaca ekosistemin bir parçası olmasını sağlayacaktır. Bu doğrultuda ekosistem seviyesi, yenilenebilir ve sürdürülebilir çevrelerin oluşturulmasında yüksek potansiyel taşımaktadır [Pedersen Zari and Storey, 2007].

Hazar denizinin kıyı şeridi Bakü'de Bjarke Architecture Group (BIG) tarafından tasarlanan Zira Island projesi, ekosistem seviyesi biyomimikri örneğidir. Şekil 4.10'da Zira Island projesi görülmektedir [WEB-10, 2021]. Doğal ekosistemin sıfır enerji tüketimine sahip çalışma sistemini taklit eden bir şehir tasarlama amacı projenin çıkış noktasını oluşturmaktadır. Projede uygulanan deniz suyunu tatlı suya dönüştürmesini sağlayan arıtma sistemi, yağmur suyunun kullanımı, fotovoltaik paneller ve rüzgar türbini ile enerji üretimi gibi birçok strateji projenin ekosistem gibi çalışmasını sağlamaktadır [Abaeian et al., 2016].



Şekil 4.10: Zira Island projesi.

4.2. Biyomimetik Tasarım ve Disiplinlerarası İlişki

Mimari; son yıllarda teknolojik, bilimsel, çevresel faktörler ile gelişim göstermekte ve farklı bir boyut kazanmaktadır. Çağın içinde olduğu teknolojik ve bilimsel gelişmelerin ilişkisi sorgulanmaya başlanmakta ve bu doğrultuda ortaya çıkan doğadan öğrenme fikri mimarlığı da etkilemektedir. Doğa, mimarlığın gelişimi için birçok potansiyel taşımaktadır. Bu doğrultuda çevresel sorunları önlemede canlı organizmaları araştırarak doğanın sunduğu dersler ile sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler oluşturulması için disiplinlerarası işbirliği gereklidir. Bu ilişkinin bilgisayar teknolojileri ile desteklenmesi sürecin hızlanması ve gelişimi adına oldukça önemlidir. Mimarın/tasarımcının sürdürülebilir mimariye ulaşmak için doğadan ilham alan tasarımları oluşturulmasındaki rolü oldukça fazladır. Biyomimetik tasarımda, başta mimar ve biyolog işbirliğine sonrasında yapının sürdürülebilirliği sağlamada birçok uzmana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda mimarın; inşaat mühendisi, fizik, biyoloji, enerji, yapay zeka, bilgisayar mühendisliği vb. uzmanlar ile işbirliği yapması mimarının ihtiyaçlarını karşılamada zorunlu bir gereklilik olmaktadır.

Mimarlık, pek çok disiplin ile ilişki kurmaya ve etkilenmeye başlamıştır. Bu disiplin dallarından biri olan biyolojinin mimari ile ilişkisi çağın popülerleşen konularından biri haline gelmektedir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişim doğayı anlamının, okumanın ve gözlemlemenin mümkün olmasını sağlayarak mimari-biyoloji ilişkisini güçlendirmektedir. Bu doğrultuda biyomimetik tasarım, mimarlık ve biyoloji arasında köprü görevi görmektedir. Son yıllarda biyomimikrinin, mimarlık ve mühendislik alanlarında çalışmaları artsa da sadece bu alanlar ile sınırlı kalmamaktadır. Ulaşım, işletme, tıp gibi çeşitli alanları da kapsamına almaktadır [Faggal, 2013]. Teknolojik ve bilimsel gelişmelerin bir ürünü olan biyomimetik tasarım, mimar/tasarımcı için önemli bir araştırma sürecini içermektedir ve yenilikçi sürdürülebilir tasarımlar ortaya çıkarma konusunda oldukça yolun başındadır. Robotik, tıp, makine ve malzeme mühendisliği vb. farklı disiplinler için daha gelişmiş sistematığı ve kuralları bulunan biyomimetik tasarım yaklaşımında mimarlık için süreç devam etmektedir [Arslan Selçuk ve Gönenç Sorguç, 2015].

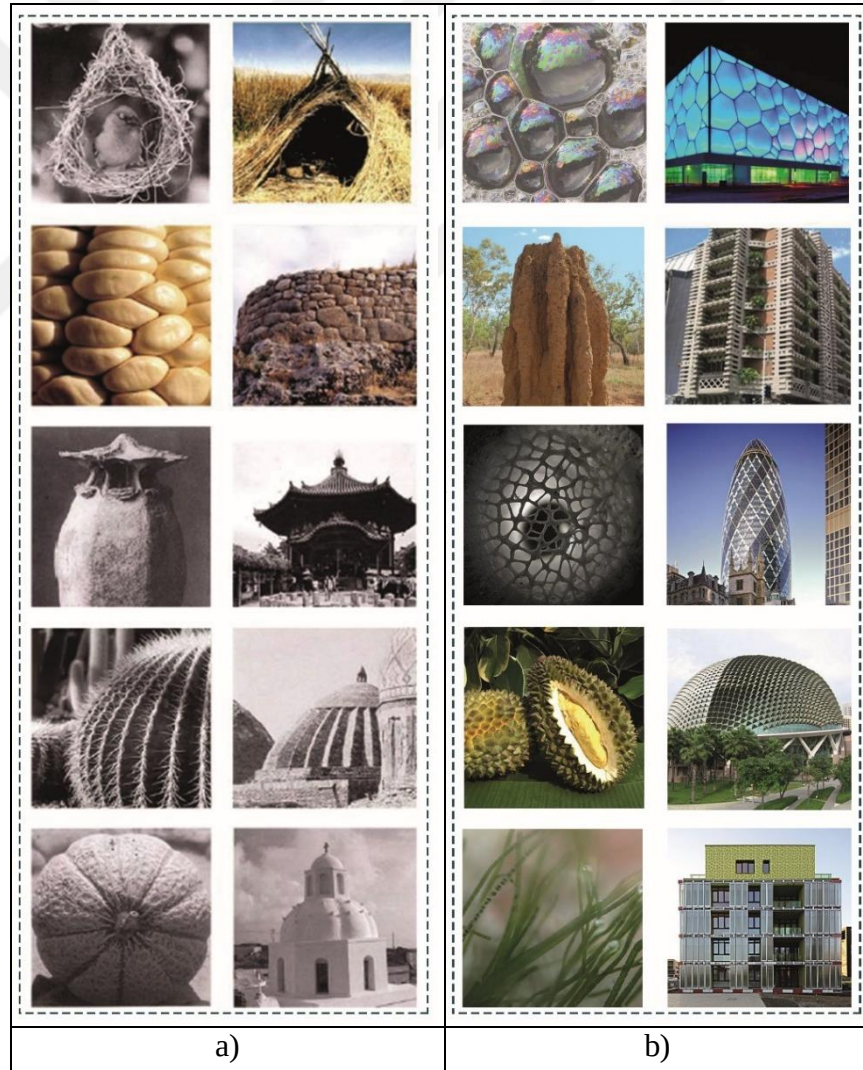
Biyomimikri popülerlik kazanan bir konu olmasına rağmen örnekler oldukça kısıtlıdır. Bu durum doğa ilişkisinin tasarıma aktarılması ve yaygınlaşması için disiplinlerarası işbirliğini gerekli kılmaktadır. Ayrıca biyomimikrinin yüzeysel taklit

olmaması ve sürdürülebilirliğe katkı sağlaması için doğal türler hakkında biyolojik, fizyolojik, mekanik bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir [Mansour, 2010]. Biyomimetik tasarım yaklaşımında, tasarımcıların yaşadığı ana zorluklardan biri ilham alınan canlının geliştirdiği stratejinin ve/veya mekanizmasının anlaşılmasının kolay olmamasıdır. Bu konuda mimarın bilgi sahibi olması ve/veya biyolog işbirliğinde mimari-biyoloji arasındaki ilişkinin kurulması gerekmektedir [Chayaamor-Heil and Hannachi-Belkadi, 2017].

4.3. Biyomimetik Tasarım ve Doğa İlişkisi

Biyomimikri örneklerinin geçmişi, kuşların incelemesiyle geliştirilen uçuş teknolojisi ve insanoğlunun barınaklarını en iyi şekilde inşa edebilmek için çevredeki hayvanları taklit etmesine dayanmaktadır [Rao, 2014]. İnsanoğlu yaşamını kolaylaştırmak amacıyla her yüzyıl doğayı gözlemlemiş ve tasarımlarında doğayı esin kaynağı haline getirmiştir. Aslında biyomimikri yeni bir bilim dalı olarak kabul edilse de bu anlayışın geçmişinin çok eskiye dayandığı anlaşılmaktadır. İnsanoğlu, ilk barınma ihtiyacının başladığı tarih öncesi dönemden dijital çağa kadarki süreçte doğa ile ayrılmaz bir ilişki kurmuştur. Bu ilişki doğaya bağımlı olduğu bir süreçten doğaya egemen olmaya çalıştığı bir sürece doğru değişim geçirmiştir. Yakın geçmişe kadar doğayı analiz edecek yöntem ve teknolojik altyapı eksikliklerin olması nedeniyle örnekler form düzeyi ile sınırlı kalmıştır. Çağın imkânlarındaki gelişim, doğayı keşfetme potansiyelini sağlamaya katkıda bulunmuştur. Günümüzde doğayı daha detaylı inceleme ve öğrenmek adına gelişen imkânlar doğrultusunda doğaya analiz etme hızı artmakta ve gelecek için yüksek potansiyel taşıyan bir konuma evrilmektedir. İnsanoğlunun ihtiyaçlarına yol göstermede söz sahibi olan doğa, yenilikçi bir yaklaşım olarak farklı açılardan ele alınmaya başlamıştır [Karabetça, 2018]. Şekil 4.11 a)'da mimarlık ve doğa benzerliğine dair örnekler [Arslan Selçuk ve Gönenç Sorguç, 2007], Şekil 4.11 b)'de mimarlığın doğayı form olarak taklidinin ötesinde ele alış şeklindeki gelişime dair örnekler gösterilmektedir. Bütün disiplinler için doğadan alınabilecek en büyük ders, tüketim odaklı bir ekosisteme sahip olmamasıdır. Günümüzde çevresel sorunların artmasının nedenlerinin başında yer alan hızlı tüketim durumunu, üretim odaklı bir hale getirmek adına doğayla ilişkinin kurulabilmesi ve sunduğu imkânların anlaşılması oldukça önemlidir. Tasarım ve doğa ilişkisinde ilk aşama, tasarım

probleminin belirlenmesi ve doğanın benzer problemleri nasıl çözdüğünün irdelenmesi gerekmektedir. Bu sayede doğayla uyumlu bir tasarım süreci ve sürdürülebilir bir tasarım geliştirilmeye başlanacaktır [Inner, 2019]. Doğadaki hayvanlar, bitkiler ve mikroplar 3.8 milyar yıllık bir süreçten sonra hayatta kalmanın sırrını bulmuşlardır. Bu süreci tamamlayamayıp başarısız olanlar ise fosil olmuştur. Bu organizmalar insanların karşılaştığı sorunlara ekonomik, ekolojik çözümler sunma potansiyeline sahiptir [Rao, 2014]. Ayrıca organizmaların evrim süreci ve adaptasyon özellikleri, başta malzeme ve enerji etkinliği gibi konularda mimarideki sorunlara yenilikçi bir bakış açısı kazandırmaya katkı sağlamaktadır. Biyomimikri, mimariye ve birçok disipline yenilikçi ve sürdürülebilir özellikler kazandırmada doğa ile teknoloji arasında bir köprü görevi görmektedir.



Şekil 4.11: a) Mimarlık ve doğa benzerliğine dair örnekler, b) Mimarlığın doğayı form olarak taklidinin ötesinde ele alış şeklindeki gelişime dair örnekler.

4.4. Biyomimetik Tasarım ve İklim İlişkisi

İklim ve mimari, barınma ihtiyacının ortaya çıktığı ilk günden itibaren sıkı bir ilişki içindedir. Geleneksel yerleşmeler, iklim ile güçlü bir ilişkinin (yerleşme, yönelme, malzeme tercihleri vb.) sonucunda gelişmiştir. 21.yy ise aynı tip yapı uygulamalarının farklı iklim bölgelerinde uygulanışı yapılaşmadan kaynaklı enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur. Bu durum enerji etkin tasarım ve sürdürülebilir mimariyi araştırma konusu haline getirmiştir. Sürdürülebilir bir yapıyı çevrede enerji etkinliği sağlamanın en önemli şartlarından biri yapının yapıldığı çevre ve iklim faktörleri ile ilişkili olacak şekilde tasarımın geliştirilmesi gerekliliğidir. Enerji etkin ve sürdürülebilir mimarlık adına yenilikçi bir alternatif sunan biyomimetik tasarımda iklim ilişkisi, doğadan ilham alınan canlının çevresel ve iklimsel faktörler doğrultusunda geliştirdiği adaptasyon yeteneği ile daha kapsamlı bir çerçeveye sahiptir.

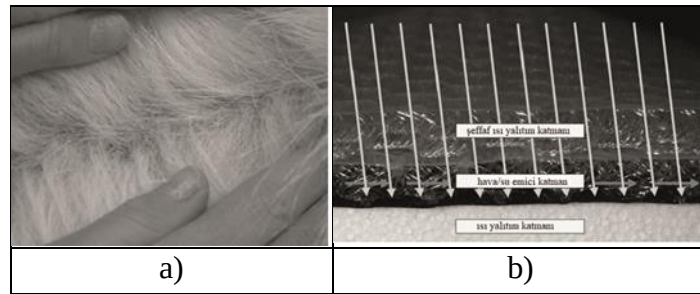
Mimari doğal ve yapay çevre ile kurduğu ilişkide çevresel ve iklimsel faktörler doğrultusunda değişim geçirmektedir. Doğadaki organizmalarda habitatının zorlu koşullarına ek olarak iklim faktörlerine uyum sağlamak için adaptasyon geçirmiş ve stratejiler oluşturmuşlardır. Aslında bu durum doğadaki canlıların ve mimarinin iklim ilişkisi doğrultusunda değişim ve gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda mimari tasarımda doğanın taklit edilmesi iklimle uyumlu çözümlerin gelişmesini beraberinde getirmiştir.

Doha Katar'da bulunan Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası tasarımında, çöl ikliminin güçlü güneş ve sıcaklık faktörleri karşısında enerji etkin çözümler geliştirilmesinde doğaya başvurulmuştur. Çöl iklimine özgü kaktüs bitkisinin havayı yüzeyine yakın tutmak ve su kaybını önlemek için geliştirdiği dikenleri veya diken benzeri yapıları, kurak havalarda gölgeleme sağlamaktadır. Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası gölgeleme sistemi tasarımında bu stratejiden ilham alınmıştır [Faggal, 2013]. Şekil 4.12'de Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası ve ilham kaynağı kaktüs bitkisi görülmektedir [Faggal, 2013]. Kaktüs su depolama, dikenleri ile gölgeleme ve iç sıcaklığının dengelenmesinin sağlanması gibi stratejileri sayesinde sıcak iklim bölgesine adapte olmaktadır. Bu doğrultuda benzer iklim şartlarında yapılacak bir yapı için kaktüs önemli bilgi birimi sunmaktadır.



Şekil 4.12: Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası ve ilham kaynağı kaktüs bitkisi.

Kutup ayısının cildi de dış çevre ve habitatının zorlu koşulları karşısında hayatta kalabilecek şekilde adaptasyon geçirmiştir. Kutup ayıları, soğuk iklim faktörleri karşısında vücut ısılarını korumak için kalın bir yağ tabakasına sahiptir. Bu yağ tabakasının üstünde güneş radyasyonundan yararlanan siyah deri ve üzerinde dış çevre koşullarında kamufle olmasını sağlayan neredeyse saydam beyaz kürk bulunmaktadır. Kutup ayısının zorlu hava koşulları karşısında geliştirdiği bu hayatta kalma stratejisi, Tekstil ve Süreç Mühendislik Enstitüsü (ITV) Denkendorf tarafından kompozit malzemeden oluşturulan membran uygulamasında ilham kaynağı olmuştur [Stegmaier et al., 2009]. Şekil 4.12 a)'da kutup ayısının cildi, Şekil 4.12 b)'de kutup ayısının katmalı cildinden ilham alan kompozit malzemeden yapılmış membran görülmektedir [Stegmaier et al., 2009].



Şekil 4.13: a) Kutup ayısının cildi, b) Kutup ayısının katmalı cildinden ilham alan kompozit malzemeden yapılmış membran.

Farklı iklim bölgelerindeki canlıların yaşamlarını en iyi şekilde devam ettirmesini sağlayan stratejilerinin analiz edilmesi farklı ölçeklerdeki (malzeme, sistem, yapı ve kent ölçeği vb.) tasarımlarda ilham kaynağı olmasına katkı sağlayacaktır. Yapılı çevrenin tetiklediği olumsuzlukların önlenmesinde aynı iklim

bölgesindeki canlı organizmaların veya ekosistemlerin benzer sorunları nasıl çözdüğünün incelenmesi yol gösterici olacaktır [Pedersen Zari, 2010].

4.5. Biyomimetik Tasarım ve Teknoloji İlişkisi

Günümüzde mimari ve teknoloji ilişkisi, çevresel sorunları çözmeyi ve yenilikçi çözümlerin oluşturulmasına katkı sağlayacak bir konumdadır. Teknoloji, mimarini gelişimi adına yüksek potansiyel taşımaya başlamıştır.

Günümüzde üretim ve tüketim dengesinin kurulabilmesi için doğayı derinlemesine incelemenin gerekliliği anlaşılmıştır. Doğadaki biyolojik sistemlerin analiz edilmesi ve keşfedilmesinde teknolojik gelişmeler oldukça önemli bir rol üstlenmiştir. Doğanın keşfedilmeyenlerinin keşfedilmesi, sürdürülebilir bir gelecek oluşturulmasında yüksek potansiyel taşımaktadır. Biyomimikrinin ana zorluğu, doğanın öğretilerini tanımlamak ve tasarıma aktarmaktır. Farklı canlı organizmaları her seferinde test etmek ve potansiyellerini keşfetmek tasarımda zorlu bir süreci beraberinde getirmektedir. Ayrıca canlılardaki stratejilerin cansız sistemlere aktarımı sağlansa bile başarılı olma durumu oldukça düşüktür. Bu durumun çözülmesinde biyolojiden teknolojiye aktarım metodu veya prosedürlerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir [Vincent et al, 2006].

Doğadaki karmaşık sistemlerin biyolojik tasarım çözümlerine aktarılmasında geleneksel tasarım yöntemleri ve inşaat teknolojileri yetersiz kalmaktadır. Bu doğrultuda teknolojik gelişmeler, biyomimikrinin mimariye aktarımını ve sürdürülebilir bir yapıyı çevre oluşturma fikrini mümkün hale getirmektedir. Bu tür gelişmeler, tasarım ve üretim aşamalarına özgün süreç, yöntem ve malzeme imkânı tanımaktadır [Čolić-Damjanovic and Gadjanski, 2016]. CAD, CAE, CAM gibi bilgisayar destekli tasarımdaki gelişmeler, karmaşık sistemlerin çözülmesini ve biyolojik canlı sistemlerinin analiz etmeyi sağlamaktadır. Bu programlar, biyomimetik tasarım ile geliştirilmiş yapılar tasarlanmaya olanak vermektedir. Ayrıca tasarlanan yapıların verimliliklerini, formlarıyla ilgili performanslarını incelemek ve optimize etmeye katkıda bulunmaktadır [Symeonidou and Efstathiadis, 2019]. Bilgisayar teknolojileri, doğadan alınan bilgileri işlenerek hesaplamaya ve algoritmalara dayalı tasarım geliştirme imkânı tanıyarak tasarımcıya kolaylık sağlamaktadır [Inner, 2019].

Teknolojik ilerlemeler, doğadan elde edilen bilgi birikiminin daha detaylı analiz edilmesini ve tasarım aşamasındaki sürecin gelişmesini sağlamıştır. Bilgisayar teknolojilerinin yardımıyla doğanın karmaşık sistemlerinin keşfetme ve mimariye aktarma konusundaki sınırlılıklar ortadan kalkmıştır. Bu doğrultuda doğal formların yüzeysel taklidinden uzaklaşarak derinlemesine araştırılması mümkün hale gelmiştir.

Teknoloji, doğayı taklit etmenin dışında doğru ve yeterli kullanıldığı takdirde mimari için yüksek potansiyel taşımaktadır. Günümüzde bilimsel gelişmeler doğrultusundaki değişimler mimariye yansımış ve yüksek teknoloji (high-tech) mimarisine sahip yapı örneklerinin artmasını tetiklemiştir. Yüksek teknoloji mimarlığı;

- cam ve metal malzemenin yoğunlukta kullanıldığı,
- saydamlığın belirgin olduğu ve servislerin algılandığı,
- esnek,
- ince çelik kablo kullanımı,
- aktif ve pasif sistem kullanımı,
- enerji tasarrufunun sağlanması,
- doğal ışıktan yararlanma,
- mekanik sistem kullanımı ile sağlıklı havalandırma uygulaması

gibi birçok özelliği barındırmaktadır [Eşsiz ve Özgen, 1999]. Yüksek teknoloji mimarlığına ait bu özelliklerin birçoğu biyomimetik tasarım yapı örneklerinde de görülmektedir. Teknoloji ile sıkı bir ilişki içinde olan biyomimetik tasarım, çağın koşulları ve gelişimleri doğrultusunda şekillenmektedir.

4.6. Biyomimetik Tasarım Yaklaşımında Sürdürülebilir Mimari ve Enerji Etkin Yapı Tasarımı

Mimari ve mühendislik gibi alanlarda doğayı taklit eden biyomimetik tasarım, sürdürülebilirlik adına yapılı çevreyi değiştirme potansiyeline sahip yenilikçi bir yaklaşımdır. Tasarımcıların, sürdürülebilir bina ve şehirlerin inşa edilmesinde doğadaki süreci başarıyla tamamlayan canlı organizmalardan öğrenmesi gerekmektedir. Canlı organizma örnekleri, fosil yakıtlara bağlı olmadan enerji etkin

birçok çözümü barındırmaktadır. Doğada en az enerji tüketen, atık ve kirlilik oluşturmeyen özellikleri barındıran canlı organizmalar, her zaman sürdürülebilir çözümlerin mühendisi olmuşlardır. Doğadaki canlı ya da cansız organizmaların en önemli özelliği tüketici rolünde olmamalarıdır. Tüm organizmalar, doğanın ve doğal döngünün bir parçası gibi hareket etmektedir. Bu durumun aksine insanoğlunun tüketim dengesini kuramamasının tetiklediği sorunlar, yapılı çevreyi tüketim nesnesi olmaktan çıkararak doğa ile ilişki kurabilen üretim odaklı bir hale getirebilme çabası içine girmesini tetiklemiştir [Tekin ve Kurugöl, 2011]. Bu doğrultuda gelişen geleceğin yapıları/şehirleri kendi enerjisini üreten, doğayla bütünleşmiş ve ekosisteminin bir parçası olması gibi özellikleri ile mimariyi değiştirme potansiyeline sahiptir. Doğanın geliştirdiği çözümlerin biyomimikri aracılığı ile tasarıma dahil edilmesi;

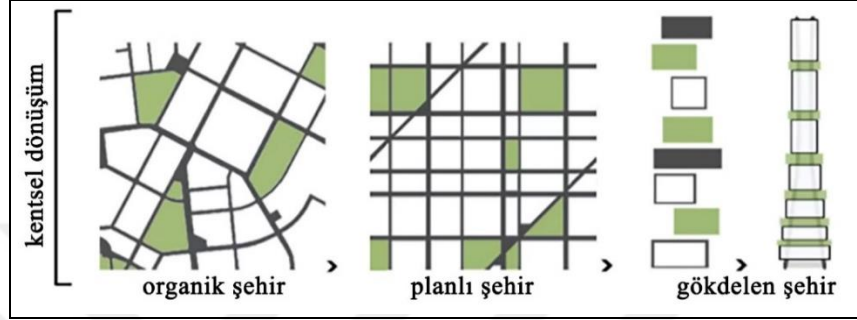
- enerji kullanımı ve üretimi bu sayede enerji etkinliğinin sağlanması,
- fosil yakıt kullanımının ortadan kaldırılması,
- atıkların azaltılması,
- CO₂ ve zararlı emisyonların salınımının azaltılması,
- doğal havalandırmanın desteklemesi,
- ekolojik dengenin kurulması [Pedersen Zari, 2014; Uçar, 2019],
- termal, işitsel, görsel konforun sağlanması,
- doğal aydınlatmayı desteklemesi,
- sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulması

gibi olumlu özellikler kazandırılmasını sağlamaktadır.

4.6.1. Kent Ölçeğinde Biyomimetik Tasarım

Kentlere doğru nüfusun artması ve arazilerin kısıtlı olması şehirlerin değişim içine girmesine neden olmaktadır. Şekil 4.14’de kentlerin dönüşümü ve değişimi şematik olarak gösterilmiştir [WEB-11, 2021]. Kent ölçeğinde biyomimetik tasarım, yapay ve doğal çevrelerin bir bütün olarak ele alınmasında ve ilişkisinin kurulmasında yol gösterici olmaktadır.

Geleceğin şehirlerinin yenilikçi, ekolojik, sistematik, sosyal, ekonomik çözümlere ulaşmasında biyomimikri ilkelerinin ve doğanın özünün anlaşılması önemli bir potansiyel sunmaktadır. Biyomimetik şehirler; atık yönetimi, su korunumu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, iklim koşullarına adaptasyon gibi özellikleri ile sürdürülebilir kentlerin oluşumunda dikkat çekmeye başlamaktadır [Minsolmaz, 2015].



Şekil 4.14: Kentlerin dönüşümü ve değişimi.

Arazilerin kısıtlı olduğu kentlerde uygulamaları gün geçtikçe artan çok katlı yapılar, kendi içinde bir şehir yaşantısını ve gerekliliklerini barındırmaktadır. Gökdelen şehirler; altyapı gereksinimlerini, kamusal ve yeşil alan gibi planlı şehirlerdeki çeşitli kentsel bileşenleri içermektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ile geliştirilen Biotic-tech gökdelen şehir projesi, şehir yaklaşımına yenilikçi bir bakış açısı kazandırmaktadır. Şekil 4.15’de Biotic-tech gökdelen şehir projesi gösterilmiştir [WEB-11, 2021].

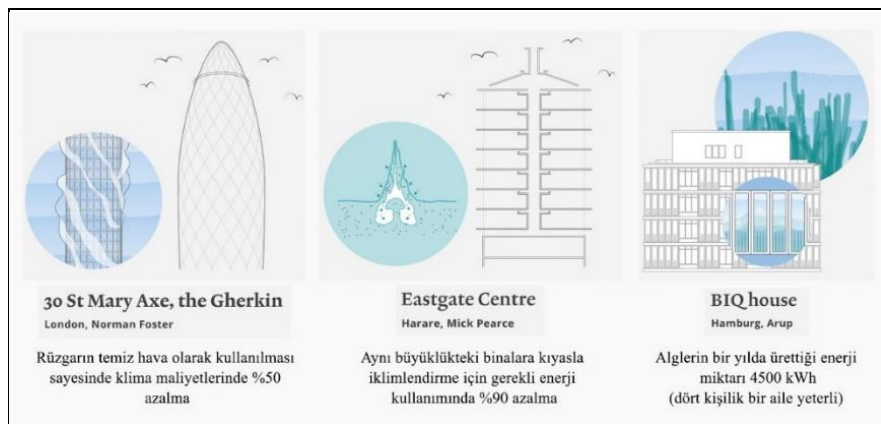


Şekil 4.15: Biotic-tech gökdelen şehir projesi.

Projede çok katlı yapıların karşılaştığı zorluklar, habitatının zorlu koşullarında yaşamını devam ettiren ahtapot, kalamar, deniz anası, deniz sünger gibi deniz canlılarından ilham alınarak çözülmüştür. Deniz canlılarının şeffaflık, esneklik, hareket koruyucu pigmentasyonu özelliklerinden esinlenilerek çevresel faktörlere cevap veren yapı kabuğu ve form tasarımı yapılmıştır. Bu doğrultuda doğadan ilham alan yenilikçi Biotic-tech gökdelen şehir projesi; suyun depolandığı, kullanıcı konforuna uygun koşulların oluşturulduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak enerji üretiminin gerçekleştiği geleceğin çok katlı yapıları için örnek teşkil etmektedir [WEB-11, 2021].

4.6.2. Yapı Ölçeğinde Biyomimetik Tasarım

Günümüzde mimariden işlevsellik, estetik, özgünlük gibi özelliklerin yanında sürdürülebilirlik ve doğa ilişkisi diğer bir ifade ile çevreci bir rolünün olması beklenmeye başlanmaktadır [Mansour, 2010]. Tasarım için yenilikçi bir bakış açısı kazandıran biyomimetik teknoloji; sera etkisi, küresel ısınma, ozon deliği gibi çevresel sorunların üstesinden gelmede bir araç haline gelmektedir. Bir diğer ifade ile inşa edilen yapı ve doğal çevreyi birleştirici köprü görevi görmektedir [Okeke et al., 2017].Yapı ölçeğinde biyomimetik tasarım; cephe/çatı sistemi, gölgelendirme elemanı, yapı kabuğu, taşıyıcı sistem, form, yalıtım, ısıtma-soğutma sistemi vb. konularda sürdürülebilir ve enerji verimli yenilikçi çözümler ortaya koymaya katkıda bulunmaktadır. Şekil 4.16’da Biyomimetik tasarım yapı örnekleri ve sağladıkları faydalar görülmektedir [WEB-12, 2021].



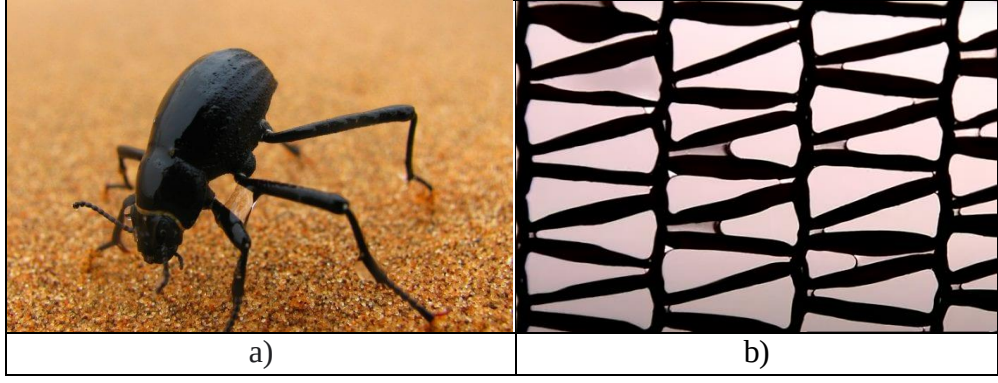
Şekil 4.16: Biyomimetik tasarım yapı örnekleri ve sağladıkları faydalar.

4.6.3. Malzeme Ölçeğinde Biyomimetik Tasarım

Günümüzde malzeme bilimi ve mimari, canlıların üstün özelliklerinden ilham alınması ile biyo ilhamlı ve biyomimetik malzemelerin geliştirilmesi konusuna odaklanmaya başlamıştır. Doğa; çok işlevli, hafif, alternatif, atık oluşturmeyen, yenilikçi malzemelerin geliştirilmesinde yol gösterici olmaktadır.

Malzeme biliminin gelişimi, biyomimetik malzemelerin araştırılması ve keşfedilmesi için kimya, fizik, biyoloji, mühendislik vb. disiplinler ile işbirliğinin kurulması gerekmektedir. Disiplinlerarası işbirliğinin sonucu geliştirilen biyolojik malzemeler; süperhidrofobik, kendi kendini temizleme, buğu önleme, ısı yalıtımı, yüksek yapışma kabiliyeti, enerji tasarrufu, dayanıklılık, yansıma önleme, sürtünme azaltma gibi birçok özelliğe sahiptir [Liu and Jiang, 2011]. Biyomimetik ve biyo ilhamlı malzemelerin gelişimi daha yolun başında olmasına rağmen doğanın evrim süreci ile geliştirdiği çözümler geleceğin malzeme bilimi için önemli potansiyeller sunmaktadır.

Günümüzde insan kaynaklı problemlerin çözülmesinde doğadaki canlıların yaşamlarını en iyi şekilde devam ettirecek adaptasyon yeteneklerine/stratejilerine başvurulmaya başlanmaktadır. Namib çöl böceği, çöl bölgesinde su kaynağının az olması problemini vücut yüzeylerindeki çiy ve okyanus sisinden ihtiyaç duyduğu suyu karşılayarak çözmektedir [WEB-13, 2021]. Namib çöl böceğinin fizyolojik özellikleri ile su toplama yöntemi, su kaynaklarının yetersiz olduğu durumlar için çözüm sunmaktadır. Şekil 4.17 a)'da Namib çöl böceği gösterilmektedir [WEB-13, 2021]. Şili Papa Katalik Üniversitesi ve MIT araştırmacıları sisten su hasadı elde etmek üzerine çalışmaktadır. Gelişen teknoloji ve laboratuvar çalışmaları sonucunda su damlacıklarını toplayabilen gözenekli mesh malzeme geliştirilmiştir [WEB-14, 2021]. Şekil 4.17 b)'de Namib çöl böceğinin su toplama özelliğinden ilham alınarak geliştirilmiş mesh malzeme görülmektedir [WEB-14, 2021]. Namib çöl böceğinin prensibinden ilham alınarak geliştirilen biyomimetik mesh malzeme, su kaynağı sıkıntısı yaşayan bölgeler için alternatif yenilikçi bir yapı malzemesi olmaktadır.



Şekil 4.17: a) Namib çöl böceği, b) Namib çöl böceğinin su toplama özelliğinden ilham alınarak geliştirilmiş mesh malzeme.

4.7. Biyomimetik Tasarım Yapı Örnekleri

Biyomimetik kavramı 1990'lı yılların sonunda farklı disiplinlerde yenilikçi bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Mimarlık pratiğinin geleceğine şekil vermesindeki etkisi ve potansiyeli literatür çalışmalar ışıığında görülmektedir. Çağdaş biyomimetik tasarım yaklaşımı; bilimsel, teknolojik, çevresel faktörler ile gelişerek ve değişerek günümüz ve gelecek mimarlığı adına önemli potansiyeller sunmaktadır. Biyomimetik tasarım, yapının sürdürülebilirliğine ve enerji verimliliğine katkı sunmaktadır.

Bu bölümde Köppen iklim sınıflandırılmasına göre; tropikal yağmur ormanı ikliminden iki, sıcak çöl ikliminden bir, ılıman okyanusal iklimden iki, subtropikal iklimden üç biyomimetik tasarım yapı örneği incelenmiştir. Farklı iklim bölgesi özelinde eşit sayıda yapı örneğinin seçilememesi geleneksel mimarlık yapı örneklerinin kısıtlılığından da kaynaklanmaktadır. Ayrıca ılıman iklim grubuna ait biyomimetik tasarım yapı örneklerinin daha fazla olması tez çalışmasında da ılıman (ılıman okyanusal ve subtropikal iklim) iklim bölgelerinden incelenen örnek sayısının artmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda tez çalışmasında biyomimetik tasarımdan sekiz örnek proje incelenmiştir. Seçilen biyomimetik tasarım örneklerinin belirlenen iklim bölgesinin özellikleri karşısında doğanın taklit edilmesi sayesinde geliştirilen sürdürülebilir ve enerji etkin stratejiler araştırılmıştır.

4.7.1. Maymun Evi

Maymun Evi, Brezilya’da Atelier Marko Brajovic ofisi tarafından tasarlanan gözlemevi olarak da kullanılan çevre dostu bir barınaktır. Şekil 4.18’de Maymun Evi projesi görülmektedir [WEB-16, 2021]. Güneydoğu Brezilya’daki Bocaina Ulusal Parkı sınırındaki sahil kasabası Paraty’e yakın konumda yer alan 3 katlı yapının inşaatına 2020 yılında başlanmıştır [WEB-15, 2021].



Şekil 4.18: Maymun Evi projesi.

Proje adını, sarıhumma virüsü nedeniyle ortadan kaybolduğu söylenen Kapuçin maymunlarından almaktadır. Maymun Evi projesi doğa ile ilişkiyi arttırmayı, sayısız canlı ile bağ kurmayı ve doğayı gözlemleme olanağı sunmaktadır. Aynı zamanda çevre ağaçların dikey etkisi tasarıma ilham kaynağı olmuştur. Şekil 4.19’da Maymun Evi’nin doğa ve çevresi ile bütünleşen dikeylik etkisi görülmektedir [WEB-16, 2021] Proje, yerel bitki örtüsüne minimum müdahale ile araziye yerleştirilmiştir [WEB-16, 2021].



Şekil 4.19: Maymun Evi’nin doğa ve çevresi ile bütünleşen dikeylik etkisi.

2020 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisi ve bu durumun sonucu evde kalınan zaman süresinin artması, doğa ile iç içe mekânlara olan talebin artmasına neden olmaktadır. Brezilya'nın Atlantik Yağmur Ormanı'nda birçok ekolojik ve sürdürülebilir özellikleri barındıran yapı tasarlayan Mimar Marko Brajovic, pandeminin getirdiği malzeme ve işgücü temini sorununa rağmen projeyi tasarlamayı kabul etmiştir [WEB-15, 2021]. Mimar doğadan öğrenerek, çevreye ve iklime uygun sürdürülebilir bir yapı tasarlama amacıyla çalışmaya başlamıştır.

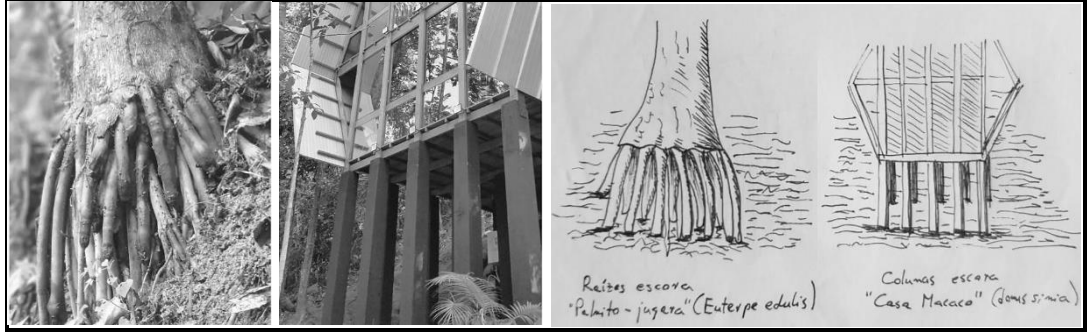
Maymun Evi, Guarani topluluğunun iklime duyarlı evleri ve geleneksel/yerel Brezilya mimarisi incelenerek tasarlanmıştır. Çatı tipi, çapraz havalandırma stratejisi, kullanılan yerel malzemeler ve dekorasyon elemanları gibi uygulamalar Guarani topluluğunun evlerinden ilham alınmıştır [WEB-15, 2021].

- Doğa ve mimari işbirliği,
- Yerel ustaların projeye dahil edilmesi,
- Yerel mimarinin sunduğu bilgi birikiminden yararlanılması,
- Yerel malzeme tercihlerinde bulunulması

gibi stratejiler enerji kullanımının azaltılmasına katkı sağlamıştır.

• Biyomimetik Tasarım

Maymun Evi'nin taşıyıcı sistemi için topoğrafyaya kendini adapte edebilen çevredeki bitkiler incelenmiştir. Bu doğrultuda doğa-mimari ilişkisinin kurulabilmesi için tasarım ekibi gerekli araştırmaları yapmıştır. Atlantik Ormanlarının endemik türü olan Euterpe Edulis palmyesinin, eğimli topografyaya kendini adapte edebilen, ince ve uzun sapı için dayanıklılık sağlayan destek kökleri tasarıma ilham kaynağı olmuştur. Palmiye köklerinin ince ve sık yapısı Maymun Evi'nin taşıyıcı sistem yapısında esin kaynağı olmuştur [WEB-16, 2021]. Şekil 4.20'de Maymun Evi projesi ve ilham kaynağı Euterpe Edulis palmyesi gösterilmiştir [WEB-16, 2021]. Bu doğrultuda tasarlanan Maymun evi projesi, 60×60 cm ölçülerinde 1m aralıklar ile yerleştirilmiş beton sütunlar üzerine yükselmektedir. [WEB-15, 2021]. Tablo 4.1'de Maymun Evi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.20: Maymun Evi projesi ve ilham kaynağı Euterpe Edulis palmyesi.

Tablo 4.1: Maymun Evi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımları		Biyomimikri Seviyeleri			Esinlenilen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarıma	Organiz -ma	Davra -nış	Ekosis -tem	Euterpe Edulis Palmyesi
✓		✓	✓		• Dayanıklılık • Topoğrafyaya uyum

• Ekip Çalışması

Maymun Evi projesinde, tasarım ekibinin yanında yakın çevreden gelen yerel üç usta inşaat uygulamasında yer almıştır [WEB-15, 2021]. Projenin sürdürülebilir mimariyi ve doğa birlikteliğini önemseyen bir ekip işbirliğinde geliştirildiği doğayı araştırmalarından anlaşılmaktadır.

• Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Proje yerel ustaların inşaat katılması, yerel malzeme kullanımı, geleneksel/yerel yapım tekniklerinin kullanılması ve doğanın derinlemesine incelenmesi ile şekillenmiştir.

• Peyzaj Tasarımı

Yerel peyzajı Maymun Evi ile birleştirerek gözlemevinin doğanın içindeki etkileşiminin attırılması sağlanmıştır. 100'den fazla Euterpe Edulis palmyesi, bromeliad ve eğreltiotu bitkisi ekilmiştir [WEB-15, 2021]. Tasarımda yere ve iklime uygun peyzaj tasarımı gerçekleştirilmiştir.

- Suyun Korunumu

Maymun evi projesindeki atık su biyodigester (biyolojik ayrıştırma) sistemi sayesinde işlenmekte [WEB-15, 2021] ve peyzaj sulaması gibi işlevlerde kullanılarak geri kazanılmaktadır.

- Malzemenin Korunumu

Bölgedeki geleneksel evlerde yoğunlukla kullanılan yerel ahşap malzemeler projede de kullanılmaktadır. İç mekân dekorasyonunda Guarani yerlileri tarafından yapılan el yapımı hamak, bambu kapı panelleri ve el sanatları ürünlerine yer verilmiştir. Ayrıca tasarımda balık ağları perde olarak, eski bir bavul sehpa olarak geri kazanılmıştır [WEB-15, 2021]. Şekil 4.21’de Maymun Evi iç mekan görünüşü ve iç mekanda kullanılan dekorasyon elemanları görülmektedir [WEB-16, 2021].



Şekil 4.21: Maymun Evi iç mekan görünüşü ve iç mekanda kullanılan dekorasyon elemanları.

Maymun Evi beton kolonlar üzerine ahşap konstrüksiyon ile inşa edilmiştir. Tasarım ekibi yerel, çevreye uyumlu, iklim etkenlerine dayanıklı ve düşük oluşum enerjili malzeme tercihlerinde bulunmuştur. Ayrıca tasarım ekibi, yerel halkın el sanatlarına önem vermiştir ve işlevini kaybetmiş malzemelerin potansiyellerini keşfetmeye çalışmıştır.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Güneşin ve yağmurun olumsuz etkilerinin kontrol edilebilmesi için geniş saçaklı eğimli çatı uygulaması yapılmıştır. Eğimli çatının yan yüzeylerinde tropikal iklim parametrelerine karşı koruma sağlamak amacıyla galvalüm metal paneller kullanılmıştır. Tropikal iklimde yetişen sert bir yapıya sahip olan Garapera ağacı;

tavan, zemin, duvar, merdiven ve iç mekânda yaygın olarak kullanılmıştır [WEB-15, 2021]. Yapıda kullanılan geniş pencereler doğa ve manzara ile ilişkiyi güçlendirmekte ve doğal aydınlatmaya katkıda bulunmaktadır.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Maymun Evi projesinde soğutma için çapraz havalandırma ve pasif sistemler kullanılmıştır. Proje, hydro türbinden elde edilen yenilenebilir enerji sistemi ile güçlendirilmektedir [WEB-15, 2021].

İç mekândaki esnek mekan organizasyonu ve bölücü duvarların olmayışı çapraz havalandırmaya katkıda bulunmaktadır. Projenin, beton sütunlar üzerine yerden yükseltilmesi doğal hava akışına izin vererek nem faktörünün olumsuz etkilerinin önlenmesini sağlamaktadır. Maymun Evi'nde çapraz havalandırmayı destekleyen pencere açıklıkları, her iki cephede karşılıklı bulunan teras uygulaması ve yapının yerden yükseltilmesi pasif soğutmayı mümkün hale getirmektedir. Yapının çevresinde bulunan ağaç dokusu, hava akışına izin vermekte ve gölgeleme sağlamaktadır.

Tablo 4.2: Maymun Evi projesi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Maymun Evi									
	Projenin Yılı: 2020				Mimarlık Ofisi: Atelier Marko Brajovic					
	Konum: Paraty, RJ, Brezilya				İşlev/Fonksiyon: Konut/Gözlem Evi					
	İklim: Tropikal yağmur ormanları iklimi (Af)				Kat Sayısı: 3 (17,7m)					
Taşıyıcı Sistem: Ahşap karkas taşıyıcı sistem				Alan: 86 m²						
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki		TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı		✓		
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri	✓		Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)				
	Usta-Çıracak (yerel usta)	✓	Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı			Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler				
	Mimar/Mühendis			✓		Yenilikçi Sistem Önerisi				
	Diğer					Düşük Teknoloji		✓		
						Yüksek Teknoloji		✓		
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU				SUYUN KORUNUMU					
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı			✓	Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)			✓		
	Yenilikçi malzeme kullanımı				Yağmur suyun toplanması/kullanılması					
	Yerel malzeme kullanımı			✓	Biyolojik arıtma sistemi			✓		
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı			✓	İklimlendirmede su kullanımı					
	Atık yönetimi				İklim uygun peyzaj kullanımı			✓		
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı			✓	Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı					
	ENERJİNİN KORUNUMU									
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale		✓	Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi		✓	
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim				İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi		✓	
			İklim (hâkim rüzgâr, güneş ışıması vb.) uygun arazi yerleşimi		✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar			
				Avluya açılan mekânlar						
	Bina Yönlenişi		Kuzey/Güney			Bina Formu	Dairesel kompakt			
			Doğu/Batı				Kare/Dikdörtgen kompakt plan		✓	
			Bağımsız				Serbest form			
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları		✓	
			Çatı açıklıkları		✓		Çatı açıklıkları			
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Işık rafı			
			Atrium/avlu/teraz		✓		Atrium/avlu			
			Diğer				Işık tüpü			
	Güneş Kontrolü		Dış Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme		
				Cephede girinti çıkıntı				Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı		✓
			İç Hareketli	Saçak/Döşeme		✓		Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		
				Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı				Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi		
	Yapı Kabuğu		İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)			Çatı	Düz Çatı			
			Cephe		Tek katmanlı		✓	Eğimli Çatı		✓
Çift katmanlı			Konik/Kubbe Çatı							
Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı				Diğer						
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi			Çatı Opak Yüzeyler		✓					
					Çatı Saydam Yüzeyler					
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller			İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓	
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini				Rüzgâr Faktörü		✓	
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji		✓		Sıcaklık Faktörü		✓	
	Biyokütle E.		Hidrojen E.				Nem Faktörü		✓	
	Dalga Enerjisi		HVAC							

4.7.2. Esplanade Sanat Merkezi

Esplanade Sanat Merkezi projesi, DP Mimarlık ve Michael Wildford & Partners tarafından tasarlanan odağında tiyatro ve konser salonu bulunan yapı grubudur. Şekil 4.22’de Esplanade Sanat Merkezi görülmektedir [WEB-17, 2021]. Singapur Marina körfezi yanında yer alan yapının tasarımına 1993 yılında başlanmış ve 2002 yılında kullanıma açılmıştır. Tiyatro ve konser salonundan oluşan iki ana yapı, farklı fonksiyonları barındıran kompleksin ana odağını oluşturmaktadır [Asian Building and Construction, 2001].



Şekil 4.22: Esplanade Sanat Merkezi.

1993 yılında tasarım ekibinin kazandığı yarışma sonucunda proje gelişmeye başlamıştır ve 1994 yılında tasarım halka sunulmuştur. Bu süreçte projede gölgeleme elemanı planlanmasına rağmen halka sunulan tasarımda bulunmamaktadır. Bu doğrultuda kompleks tiyatro ve konser salonu yapılarının çok fazla cam yüzeye sahip olması ve batılı bir tasarım olarak görülmesi nedeniyle eleştirilere maruz kalmıştır [Asian Building and Construction, 2001]. Bu eleştiriler ışığında tasarımda, bölgenin kimliğine göndermeler yapacak şekilde Asya unsurları ile ilişkisinin kurulması ve modern olması amaçlanmıştır. Asya geleneksel mimarisinden ilham alınırken geleneksel değerleri direk kopyalamadan yere uygun bir tasarım geliştirilmeye çalışılmıştır. Geleneksel değerler araştırılarak elde edilen bilgi birikimi tasarıma yol gösterici olmuştur. Asya geleneksel mimarisinin hafif malzemelerden oluşan çatısı ve güçlü taban ilişkisi tasarımda kullanılmıştır. Tiyatro ve konser salonunun 2,5 m

kolonlar üzerine hafif malzemeler ile yapılmış kabuk tasarımında bu ilişkiden yararlanılmıştır [Asian Building and Construction, 2001].

Tasarımdaki amaç, geleneksel değerlerin ve imgelerin birebir tekrarlamak olmadığı anlaşılmaktadır. Deneme-yanılma yöntemi ile gelişim göstermiş geleneksel yaklaşımların sunduğu bilgi birikiminin farklı ölçeklerdeki projelerde uygulanabilirliğinin yüksek olduğu tasarımda görülmektedir.

• Biyomimetik Tasarım

Tiyatro yapısı ve konser salonunun yapı kabuğu, Singapur'un yerel durian meyvesinin tohumlarını dış etkenlerden koruyan dikenli sert kabuğundan ve yerel olmayan kutup ayısı kürkünün ışığa verdiği tepkiden ilham alınarak tasarlanmıştır [Mohamed et al., 2019]. Şekil 4.23'de Esplanade Sanat Merkezi ve ilham kaynağı durian meyvesi gösterilmiştir [WEB-18, 2021]. Tablo 4.3'de Espalande Sanat Merkezi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.23: Esplanade Sanat Merkezi ve ilham kaynağı durian meyvesi.

Tablo 4.3: Espalande Sanat Merkezi'nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyeleri			Esinlenen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organiz -ma	Davra -nış	Ekosis -tem	Durian meyvesi ve Kutup ayısı kürkü
✓		✓	✓		• Dikenli kabuk yapısı • Işığa verdiği tepki

Espanade Sanat Merkezi projesinin gölgeleme elemanlarının tasarımında doğa işbirliğine başvurulmuştur. Ayçiçeği, balık pulu, kuş tüyü desenleri vb. canlıların doğa ilişkisinde sergiledikleri yapısal geometri özellikleri de tasarımda esin kaynağı olmuştur [Asian Building and Construction, 2001]. Projeden anlaşılacağı üzere doğa, enerji etkin yapı tasarımında yol gösterici stratejiler sunmaktadır.

- Ekip Çalışması

Tasarımın cephe/kabuk kaplaması sisteminde Atelier One Mühendislik şirketi ile çalışılmış ve projenin yüklenici firması Mero ile detaylandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir [Asian Building and Construction, 2001]. Büyük ölçekli projelerde, enerji etkin bir tasarım ortaya koymak farklı disiplinler arası iş birliğini zorunlu hale getirmektedir. Proje; mimar, inşaat mühendisi, cephe uzmanı, sanat ve akustik uzmanı gibi birçok disiplin işbirliği ile tasarlanmıştır.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Yapının kabuk tasarımında bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. Tiyatro ve konser salonunun gölgeleme elemanları, güneşin geliş açısına göre farklı şekillerde ve açılarda tasarlanmıştır. Bu durum bilgisayar programlarının birçok değişken parametreye en uygun çözümü sunması ile sağlanmıştır.

Mühendislik sorumlusu Atelier One ve tasarım ekibi DP Mimarlık, proje tasarımında CAD programı MicroStation'ı kullanmıştır [Asian Building and Construction, 2001]. Bilgisayar teknolojilerinin kullanılması cephe/kabuk kaplaması ve gölgelendirme elemanı tasarımından maksimum verim alınmasına katkıda bulunmuştur. Teknoloji imkanı, tasarımın geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır. Bilgisayar destekli programların yardımıyla karmaşık ve büyük ölçekli projelerin tasarımının geliştirilmesi, detaylandırması ve kısıtlamaların ortadan kaldırılması sağlanmıştır.

- Peyzaj Tasarımı

Esplanade Sanat Merkezi alışveriş merkezinin beton çatısında, kamusal bir mekân sunmak amacıyla çatı bahçesi uygulaması yapılmıştır. Peyzaj aydınlatmaları, su öğeleri ve oturma birimleri ile çatı sosyal bir merkez haline gelmiştir. Ön bahçe girişinde bölgeye özgü ağaç ve bitki tercihlerinde bulunulmuştur.

- Suyun Korunumu

Proje, su verimli armatür kurulumunu ifade eden PUB, Singapore's National Water Agency sertifikasına sahiptir. Yapının tahmini su tasarrufu 5,452 m³/yıl'dır [WEB-19, 2021]. Esplanade Sanat Merkezi'nde yerel peyzaj ve su verimli armatür kullanımı ile su kullanımının azaltılması sağlanmıştır.

- Malzemenin Korunumu

Sanat merkezi çelik strüktürden oluşmaktadır. Projenin malzeme tercihleri konusunda sürdürülebilir ve enerji verimliliği üzerinde durulmadığı görülmektedir.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Tiyatro ve konser salonundan oluşan iki ana yapının ilk aşamada gölgeleme elemanı olmayacak şekilde planlanması, Singapur tropikal ikliminde soğutma yükünün artmasına neden olacağı için bu doğrultuda kabuk tasarımında ayrıntılı analizler yapılmıştır. Gölgeleme elemanlarının yönelişi Singapur güneş yolunun analiz edilmesi sonucu belirlenmiştir. Gölgeleme elemanlarının farklılaşan geometrisi, kontrollü güneş ışığını alırken iç mekân konfor koşullarını desteklemektedir. Kabuk tasarımı, Esplanade Sanat Merkezini Singapur'da ikonik, iklime uygun, yerel değerlere duyarlı bir tasarım haline getirmiştir.

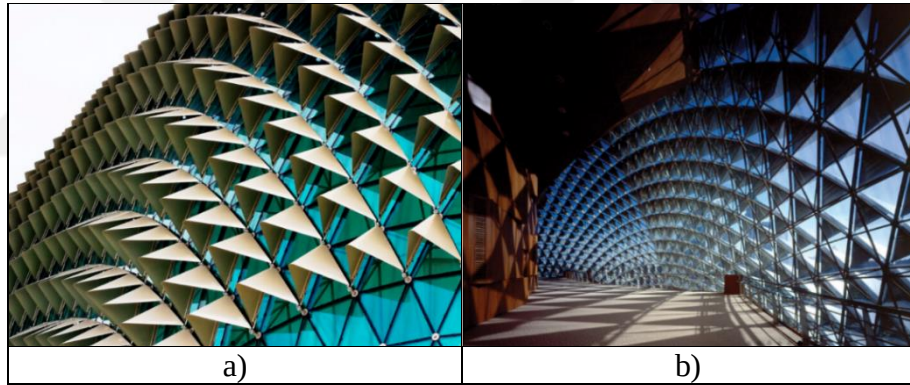
Alüminyum gölgeleme elemanları, yapının fazla ısınmasını önlemektedir ve gün ışığının iç mekana kontrollü almasını sağlamaktadır. Aynı zamanda HVAC kullanımını azaltarak enerji tasarrufuna sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Esplanade Sanat Merkezi gölgeleme elemanı tasarımında Güney Asya mimarisini kafesli, dekoratif desenli geleneksel mimari gölgeleme elemanı olan 'Jali' ilham kaynağı olmuştur [Asian Building and Construction, 2001]. Tasarımda yapının soğutulmasında mekanik sistemlerden minimum yararlanılarak enerji kullanımının ve ısı artışının azaltılmasını sağlamak amaçlanmaktadır. Isı artışını engellemek amacıyla cephede güneş ışığının geliş açısı dikkate alınarak tasarlanmış hareketli foto-sensörlü elemanlar kullanılmıştır [Karabetça, 2016]. Kabuk tasarımına üst ölçekten bakıldığında gölgeleme elemanlarının yapının iç mekânlarını güneşin yakıcı etkisinden korumak için kapalı olduğu, yanlardan bakıldığında ise görüş açısı ve güneş

ışığı alımına göre değişen açılarda açık olduğu görülmektedir. Gölgeleme elemanlarının farklı açılarda yerleşim düzeni, iç mekânda engelsiz bir görüş açısı sağlamak ve güneşin iç konfor koşullarına uygun şekilde girmesine olanak tanımaktadır [Asian Building and Construction, 2001]. Şekil 4.24 a)'da dış mekandan algılanan fotosensörlü gölgeleme elemanlarının yönelişi ve geometrisi, Şekil 4.24 b)'de iç mekanda algılanan gölgeleme elemanı sistemi ve etkisi görülmektedir [WEB-17, 2021]. Tiyatro ve Konser salonu yapılarının yerleşimi ve iki yapıya gelen güneş ışığı yönünün farklı olması, gölgeleme elemanlarının iki yapıya uygun şekilde farklı yönlendirmeler oluşturularak tasarlanmasına neden olmuştur [Asian Building and Construction, 2001].

Gölgeleme elemanları yapı içi ısı artışını önlemeyi, iç mekân hava kalitesini kontrol etmeyi, kontrollü gün ışığından yarralanmayı, büyük ölçekli projenin enerji kullanımının azaltılmasını sağlamaktadır Tasarım sonucunda %30 enerji ve %55 yapay aydınlatma kullanımı azaltılmıştır [Radwan and Osama, 2016].



Şekil 4.24: a) Dış mekandan algılanan fotosensörlü gölgeleme elemanlarının yönelişi ve geometrisi b) İç mekanda algılanan gölgeleme elemanı sistemi ve etkisi.

Tablo 4.4: Esplanade Sanat Merkezi projesi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Esplanade Sanat Merkezi					Projenin Yılı: 1994-2002					Mimarlık Ofisi: Michael Wilford & Partners ve DP Architects				
	Konum: Singapore					İşlev/Fonksiyon: Kompleks Sanat Merkezi					Kat Sayısı: 4				
	İklim: Tropikal yağmur ormanları iklimi (Af)					Taşıyıcı Sistem: Çelik Taşıyıcı Sistem					Alan: 111,000m²				
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki			TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı								
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri				Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)				✓				
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı				Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler				✓				
	Yenilikçi Sistem Önerisi				✓										
	Düşük Teknoloji														
	Yüksek Teknoloji				✓										
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU					SUYUN KORUNUMU									
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı				✓	Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)									
	Yenilikçi malzeme kullanımı					Yağmur suyun toplanması/kullanılması									
	Yerel malzeme kullanımı					Biyolojik arıtma sistemi									
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı					İklimlendirmede su kullanımı				✓					
	Atık yönetimi					İklima uygun peyzaj kullanımı				✓					
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı					Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı				✓					
	ENERJİNİN KORUNUMU														
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			Mekan Organizasyon	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi								
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim				İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi								
			İklima (hâkim rüzgâr, güneş ışınlamı vb.) uygun arazi yerleşimi		✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar								
							Avluya açılan mekânlar								
	Bina Yönelişi		Kuzey/Güney			Bina Formu	Dairesel kompakt								
			Doğu/Batı				Kare/Dikdörtgen kompakt plan								
			Bağımsız		✓		Serbest form				✓				
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları			Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları				✓				
			Çatı açıklıkları				Çatı açıklıkları				✓				
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Işık rafı								
			Atrium/avlu/teras				Atrium/avlu								
			Diğer				Işık tüpü								
	Güneş Kontrolü		Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme						
					Cephede girinti çıkıntı				Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı				✓		
			İç	Hareketli	Saçak/döşeme		✓		Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı				✓		
					Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı		✓		Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi						
					İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)										
	Yapı Kabuğu		Cephe		Tek katmanlı		Çatı	Düz Çatı							
					Çift katmanlı	✓		Eğimli Çatı							
			Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı			Konik/Kubbe Çatı									
				Diğer				✓							
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi				Çatı Opak Yüzeyler											
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller				İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü				✓			
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini					Rüzgâr Faktörü							
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji					Sıcaklık Faktörü							
	Biyokütle E.		Hidrojen E.					Nem Faktörü							
	Dalga Enerjisi		HVAC			✓									

4.7.3. Al-Bahr Kuleleri

Al-bahr Kuleleri, inovasyon tasarımı ve araştırma danışmanı Abdulmajid Karanouh ve Arup işbirliğinde tasarlanan ana fonksiyonu ofis olan kompleks yapılardır [Karanouh and Kerber, 2015]. Şekil 4.25’de Al-Bahr Kuleleri görülmektedir [WEB 20, 2021]. Proje, Aedas Mimarlık ve Arup Mühendislik Ofisi işbirliği ile yarışma sonucunda geliştirilmiştir. Ahu Dabi’nin finans merkezinde yer alan 26 katlı Al-Bahr kulelerinin inşaatına 2009 yılında başlanmış ve 2013 yılında tamamlanmıştır [Xuereb, 2014].



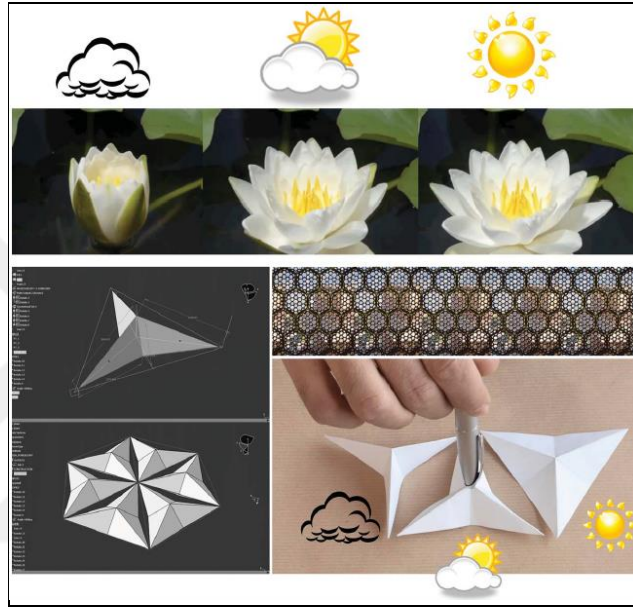
Şekil 4.25: Al-Bahr Kuleleri.

Ahu Dabi’de yer alan proje alanı yüksek sıcaklık, nem ve güneşlenme değerlerine sahiptir. Ortadoğu ülkelerinde güçlü güneş ışığını engellemek ve iç ortam koşullarını iyileştirmek için geleneksel ‘Mashrabiya’ gölgeleme elemanından yararlanılmıştır [Karanouh and Kerber, 2015]. Al-Bahr Kuleleri’nin tasarımında geleneksel İslam mimarisi ve teknoloji ilişkisi birleştirilmeye çalışılmıştır. Proje, iklim koşullarına uyumlu olacak şekilde geleneksel ve çağdaş biyomimetik tasarım anlayışının harmanlanmasının bir ürünüdür.

- Biyomimetik Tasarım

Al-Bahr Kuleleri tasarımında kaktüs, ananas ve çiçek formları gibi doğa referansları projeye ilham kaynağı olmuştur. Kaktüsün hava geçirmez dış çeperi, çiçeklerin hava koşulları karşısında açılıp kapanan mekanizması ve ananasın altıgen

yapısının kavisli yüzeyleri ile bütünleşen ilişkisi tasarıma aktarılmaya çalışılmıştır [Karanouh and Kerber, 2015]. Nilüfer çiçeğinin güneşin hareketine ve ışığa verdiği tepki, gölgeleme elemanı tasarımına ilham kaynağı olmuştur. Şekil 4.26’da Al-Bahr Kuleleri’nde biyomimetik tasarım yaklaşımının uygulandığı gölgeleme elemanı birimi ve ilham kaynağı nilüfer çiçeği ilişkisi şematik olarak gösterilmektedir [Karanouh and Kerber, 2015]. Tablo 4.5’de Al-Bahr Kuleleri’nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.26: Al-Bahr Kuleleri’nde biyomimetik tasarım yaklaşımının uygulandığı gölgeleme elemanı birimi ve ilham kaynağı nilüfer çiçeği.

Tablo 4.5: Al-Bahr Kuleleri’nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyeleri			Esinlenilen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organiz -ma	Davra -nış	Ekosis -tem	Nilüfer çiçeği/çiçek • güneşin hareketine ve ışığa verdiği tepki
✓			✓		

• Ekip Çalışması

Al-Bahr Kuleleri’nin tasarımı müşteri, yatırımcı ve tasarımcı tarafları ile geliştirilen bir çabanın sonucudur [Xuereb, 2014]. Al-Bahr Kuleleri’nin tasarımında

aydınlatma, akustik, yapısal mühendislik gibi birçok uzman çalışmasına başvurulmuştur.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Yüksek teknoloji ve yenilikçi malzemelerin kullanıldığı Al-Bahr Kuleleri'nin tasarımında, projenin ölçeğinden kaynaklı farklı zorluklar ile mücadele edilmiştir. Projenin geliştirilmesinde BIM ve parametrik modelleme üretim sistemleri olan dijital araçlardan yararlanılmıştır. BIM modelleri, ekip çalışmasında bilgi alışverişine ve koordinasyona izin vermektedir [Attia, 2017]. Projenin ölçeğinin büyüklüğü, daha önce yapılmış hazır sistemlerin olmayışı, geometri ve performans ile ilgili yazılımsal açıdan standart programların olmayışı tasarım ekibini zorlamıştır. Ayrıca tasarımın karmaşıklığı birçok verinin aynı anda kontrol edilmesini gerekli kılmaktadır. Yapıya ve gölgeleme elemanlarına gelen yüklerin belirlenmesi için rüzgâr tüneli testleri yapılmıştır. Uygulamalar küçük ve tam ölçekli modeller üzerinden test edilmiştir [Karanouh and Kerber, 2015]. Teknolojinin tasarıma katılması, uygulama aşamasından önce gerekli kararların alınmasını mümkün hale getirmiştir. Yapılan güneş, rüzgar ve termal analizler projenin uzun vadede maliyetinin azaltılmasına ve kullanıcı konforuna uygun çözümlerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Al-Bahr kulelerinde kullanılan dinamik gölgeleme panelleri, ayarlanmış program kontrol yazılımı ile güneşin konumuna göre katlanma hareketi yapmaktadır [Karanouh and Kerber, 2015]. Gölgeleme elemanı sistemi, çatıda ışıkölçer ve anemometre ile güncellenen bilgi sayesinde çalışmaktadır. Dış çevre koşullarına göre gerekli durumlarda hareket mekanizması işlevsiz bırakılmaktadır [Attia, 2017].

- Peyzaj Tasarımı

Al-Bahr Tower projesinde peyzaj tasarımı ve iç mekan bitkilendirme hakkında literatür taramasında bir veri bulunmamaktadır.

- Suyun Korunumu

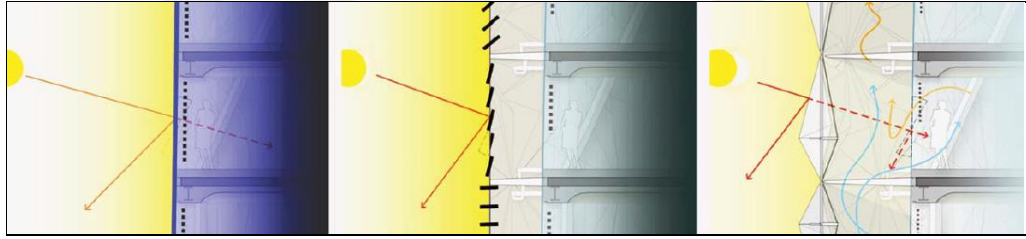
Al-Bahr Tower projesinde su kullanımı ve korunumu hakkında literatür taramasında bir veri bulunmamaktadır.

- Malzemenin Korunumu

Teknoloji ve bilimsel gelişmeler doğrultusunda malzemelere üstün özellikler kazandırılarak yenilikçi malzemeler oluşturulmaktadır. Bu doğrultuda projenin gölgeleme elemanlarında görsel konforu engellemeden hareket imkanı tanıyan dayanıklı ve yenilikçi PTFE (teflon) malzeme kullanılmıştır. Hareketli gölgeleme birimleri, PTFE ve fiberglass içerikli yarı saydam bir malzeme kullanımı ile oluşturulmuştur [Xuereb, 2014].

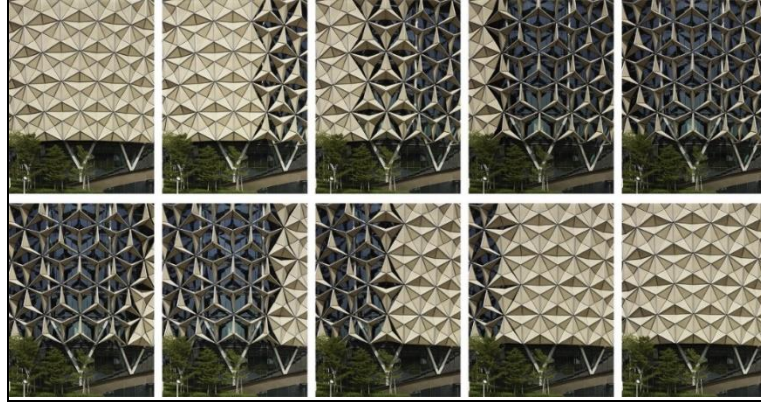
- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Al-Bahr Kuleleri'nde saydamlık oranlarının, çöl ikliminin olumsuz güneş ve sıcaklık faktörlerine göre fazla olması soğutma yükünü arttıracak için bu doğrultuda giydirme cephe uygulaması yapılmıştır. Şekil 4.27'de Al-Bahr Kuleleri'ne ait giydirme cephe uygulamasının diğer sistemlere göre güneş kontrol mekanizması ve yararları görülmektedir [Karanouh and Kerber, 2015].



Şekil 4.27: Al-Bahr Kuleleri'ne ait giydirme cephe uygulamasının diğer sistemlere göre güneş kontrol mekanizması.

Al-Bahr Kuleleri'nde kullanılan üçgen şekillerdeki gölgeleme elemanları, güneş ışığına tepki verecek şekilde açılıp kapanabilen mekanizmaya sahiptir [Karanouh and Kerber, 2015]. Şekil 4.28'de kinetik gölgeleme elemanlarının açılıp kapanabilen mekanizması görülmektedir [WEB 20, 2021]. Bu kinetik mekanizma, geleneksel mimarlıktaki dikey ve yatay sabit gölgeleme elemanlarının sınırlayıcı özelliklerinin ötesine geçmeye olanak tanımaktadır [Karanouh and Kerber, 2015].



Şekil 4.28: Kinetik gölgeleme elemanlarının açılıp kapanabilen mekanizması.

İslam mimarisine ait gölgeleme elemanı konsepti, çağa uygun ve iklim koşullarına adaptasyon sağlayacak şekilde yeniden uyarlanmıştır. Al-Bahr Kuleleri'nin çevre koşullarına uyum sağlayan kinetik cephesi; teknoloji, doğa ve geleneksel öğretilerin beraber kullanılması sonucu gelişmiştir. Yenilikçi cephe sistemi; yapı için %20, ofis alanları için %50 enerji tasarrufunu sağlamaktadır. Tüm ofis alanlarında %50 karbon emisyonu azaltılmaktadır [Karanouh and Kerber, 2015].

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgeleme Stratejileri

Yenilikçi sistem ve detaylara sahip gölgeleme elemanı ısı kazancının kontrol edilmesini ve doğal aydınlatmanın optimize edilmesini sağlamaktadır. Al-Bahr Kuleleri'nde kullanılan gölgeleme elemanları doğu, güney, batı cephelerinde uygulanmıştır. Kuzey cephesinin sabah ve öğleden sonra güneş alması gölgeleme elemanı uygulamasını gereksiz kılmaktadır. Projede güneşe maruz kaldığında kapalı duruma gelen ve güneşin hareketi ile açılan 1049 adet gölgeleme elemanı kullanılmıştır [Karanouh and Kerber, 2015]. Paneller tam kapalı konumdayken kullanılan yarı saydam malzemeden dolayı iç-dış görsel ilişkisi kesintiye uğramamaktadır. Güneş kontrollü sağlayan dinamik/kinetik gölgeleme elemanları; mahremiyeti, gün ışığının kontrol edilmesini ve yapının kimliğinin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Gölgeleme elemanlarının geometrisi ve mekanizması, güneş hareketine yanıt oluşturarak enerji kazanımını %50'ye kadar azaltmaktadır [WEB 20, 2021].

Tablo 4.6: Al-Bahr Kuleleri projesi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Al-Bahar Tower				Mimarlık Ofisi: Aedas Architects				
	Projenin Yılı: 2009-2013				İşlev/Fonksiyon: Ofis Yapısı				
	Konum: Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri				Kat Sayısı: 26 (150m)				
	İklim: Sıcak Çöl İklimi (BWh)				Alan: 56.000 m²				
	Taşıyıcı Sistem: Çelik+Betonarme Karma Sistem								
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki		TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı			
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri	✓		Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)	✓		
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı	✓		Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler	✓		
				✓		Yenilikçi Sistem Önerisi	✓		
	Mimar/Mühendis			✓		Düşük Teknoloji			
	Diğer			✓		Yüksek Teknoloji	✓		
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU				SUYUN KORUNUMU				
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı				Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)				
	Yenilikçi malzeme kullanımı			✓	Yağmur suyun toplanması/kullanılması				
	Yerel malzeme kullanımı				Biyolojik arıtma sistemi				
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı				İklimlendirmede su kullanımı				
	Atık yönetimi			✓	İklimle uygun peyzaj kullanımı				
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı				
	ENERJİNİN KORUNUMU								
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale		Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi		✓	
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim			İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi			
			İklimle (hâkim rüzgâr, güneş ışıını vb.) uygun arazi yerleşimi			Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar		✓	
			Avluya açılan mekânlar						
	Bina Yönlendişi		Kuzey/Güney		Bina Formu	Dairesel kompakt		✓	
			Doğu/Batı			Kare/Dikdörtgen kompakt plan			
			Bağımsız			Serbest form			
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları		✓	
			Çatı açıklıkları			Çatı açıklıkları		✓	
			Rüzgâr bacası/kepçesi			Işık rafı			
			Atrium/avlu/teras			Atrium/avlu			
			Diğer			Işık tüpü			
	Güneş Kontrolü		Dış Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)		Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme		
				Cephede girinti çıkıntı			Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı		
			İç Hareketli	Saçak/döşeme			Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		
				Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı			✓	Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi	
	Yapı Kabuğu		İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)						
			Cephe	Tek katmanlı		Çatı	Düz Çatı		
				Çift katmanlı			Eğimli Çatı		
				Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı			Konik/Kubbe Çatı		
		Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi		✓	Diğer		✓		
					Çatı Opak Yüzeyler		✓		
					Çatı Saydam Yüzeyler		✓		
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller		İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓	
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini			Rüzgâr Faktörü			
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji			Sıcaklık Faktörü		✓	
	Biyokütle E.		Hidrojen E.			Nem Faktörü			
	Dalga Enerjisi		HVAC						

4.7.4. Wuhan Energy Flower Binası

Wuhan Energy Flower projesi, Çin’de Soeters Van Eldonk Mimarlık ofisi ve Grontmij şirketi tarafından tasarlanan ofis binasıdır. Şekil 4.29’da Wuhan Energy Flower Binası görülmektedir [WEB-21, 2021]. Wuhan’da yer alan 19 katlı yapının inşaatına 2010 yılında başlanmıştır. Proje yarışma sonucu geliştirilmiş ve Çin hükümeti tarafından desteklenmiştir [Smith, 2015].



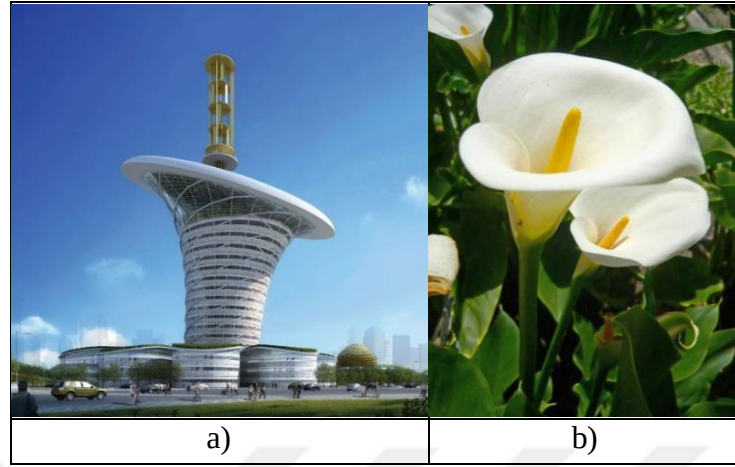
Şekil 4.29: Wuhan Energy Flower Binası.

Tasarımda, formu şekillendiren ve doğadaki bilgi birikimine başvurulmasını sağlayan ana zorluk iklim faktörleri olmuştur. Wuhan Hubei’deki proje alanında subtropikal iklim özellikleri görülmektedir. Bu doğrultuda 45°’yi bulan sıcaklıklar yapı tasarımının gelişiminde belirleyici olmuştur. Sıcak ve nemli iklim özelliklerine sahip proje bölgesinde yapılacak tasarımın ana zorluğu yapının soğutulması olmuştur. Bu doğrultuda yapı tasarımında iklim faktörlerine uyumlu ve güney cephesinde gölge oluşturacak form arayışına gidilmiştir [Smith, 2015].

- Biyomimimetik Tasarım

Yapıda kullanılan yenilikçi özellikler ve sürdürülebilir yöntemlere ek olarak doğadan ilham alınmıştır. Wuhan Energy Flower projesinde, Kalla zambağı çiçeğinden esinlenilmiş ve doğanın rehberliğine başvurulmuştur. Şekil 4.30 a)’da Wuhan Energy Flower Binası genel görünüşü, Şekil 4.30 b)’de Wuhan Energy Flower Binasına ilham kaynağı olan kalla zambağı çiçeği gösterilmektedir [WEB-22, 2021].

Tablo 4.7’de Wuhan Energy Flower Binasının biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.30: a) Wuhan Energy Flower Binası genel görünüşü, b) Wuhan Energy Flower Binasına ilham kaynağı olan kalla zambağı çiçeği.

Tablo 4.7: Wuhan Energy Flower Binası’nın biomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyesi			Esinlenilen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organizma	Davranış	Ekosistem	Kalla zambağı çiçeği
		✓	✓		• formu • fotosentez özelliği

Kalla zambağı çiçeğinin güneşten yararlanmayı sağlayan yukarıya doğru genişleyen formu ve yönelimi yapı formunda taklit edilmiştir. Bu sayede yapıya entegre edilen güneş panellerinden maksimum verim alınması sağlanmıştır. Kalla zambağı çiçeğinin formu ve fotosentez davranışından yapıda esinlenilmiştir [Syed, 2021].

• Ekip Çalışması

Grontmij şirketi yangın güvenliği, yapı mühendisliği, sürdürülebilirlik ve enerji konularında; Soeters Van Eldonk Mimarlık ofisi ise mimari ve şehir planlamasında yer almıştır [WEB-22, 2021]. Mimarlık ofisinin farklı alanlarda uzmanlığa sahip Grontmij şirketi ile işbirliği, sürdürülebilir yenilikçi özelliklerin yapı tasarıma entegre edilmesini sağlamıştır.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Yapısal tasarımda hızlıca alınan kararlar bilgisayar teknolojileri ile sağlanmıştır. Tasarım, SketchUp, Revit ve CAD programlarını içeren etkileşimli bir süreci kapsamaktadır. Teknoloji ve bilgisayar yazılımları esnek tasarım imkanı tanımadan deprem yükleri karşısında yapının davranışını belirlemeye kadar birçok olanak tanımaktadır [WEB-23, 2021]. Ayrıca bu teknolojilerin mimaride kullanımı disiplinlerarası ilişkiyi güçlendirmekte, zorlu detayların çözülmesini sağlamakta ve müşteri tasarımcı arasında köprü görevi görmektedir.

- Peyzaj Tasarımı

Projede, dış çevre peyzajı ile bütünleşmiş otopark alanına doğal aydınlatmayı ulaştıran ışık tüpü uygulaması yapılmıştır.

- Suyun Korunumu

Wuhan Energy Flower projesinde yağmur suyu ve gri su geri dönüştürülerek ıslak hacim ve çatı bahçesinin peyzajında kullanılmaktadır [Smith, 2015]. Projede kullanılan suyun yaklaşık %38 geri dönüştürülmüştür ve yıllık 4800 ton su tasarrufu sağlanmaktadır [WEB-21, 2021].

- Malzemenin Korunumu

Projenin sürdürülebilir malzeme tercihleri konusunda yoğunlaşmadığı görülmektedir.

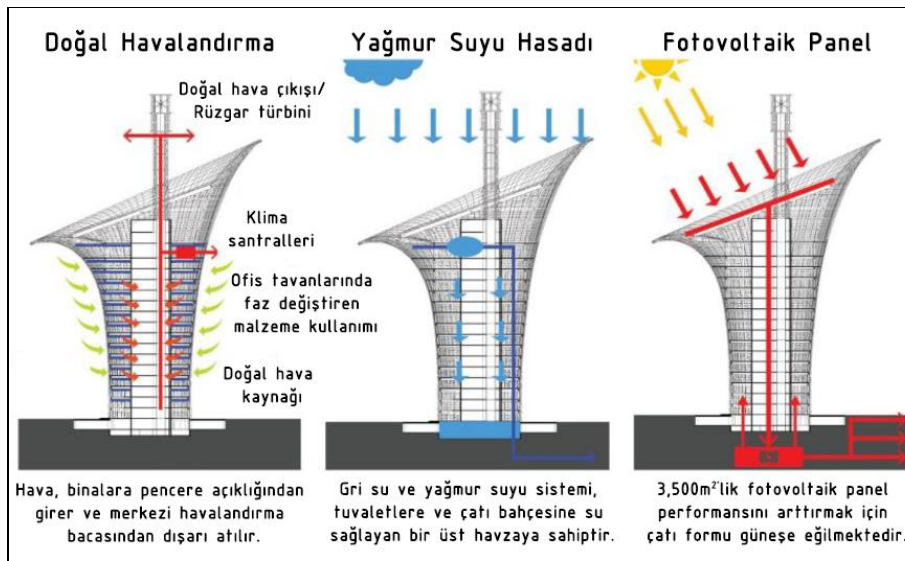
- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Wuhan Energy Flower Binası çelik taşıyıcı sistem ile inşa edilmiştir. Cepheye alüminyum ve cam malzeme tercihlerinde bulunmuştur. Proje yaz ve kış güneş yolundan maksimum verim alacak şekilde tasarlanmıştır. Bu doğrultuda kışın güney cephesi ışık almakta yazın ise çatı formu ile gölgelendirme sağlanmaktadır. Çatı formu, güneş panellerinden maksimum verim almayı mümkün hale getirmektedir. Yapıya entegre edilen yenilenebilir güneş ve rüzgar enerjisi ile enerji üretimi sağlanmaktadır. 3500m²'lik PV panel ve dikey eksenli rüzgar türbini uygulaması yapının yıllık tükettiği miktarını %14'ünün üretilmesine katkıda bulunmaktadır [WEB-21, 2021]

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Kalla zambağı çiçeği formuna benzeyen yapının ana gövde bölümünün merkezinde, doğal havalandırma sistemi bulunmaktadır. Sıcaklık farkı ile sağlanan hava akışı sıcak ve nemli iklim koşullarında iç mekân konforuna uygun ortamın oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Wuhan Energy Flower projesi formunun merkezinde yer alan sarı çelik çerçeve yapının hem havalandırma sistemini oluşturmakta hem de dış mekanda yükselen bölümü dikey eksenli rüzgar türbini görevi görmektedir. Baca etkisi prensibine dayanan havalandırma sisteminde, sıcak hava merkezi havalandırmadan yükselirken cephe açıklıklarında sağlanan hava girişi yapının soğutulmasına katkıda bulunmaktadır. Merkezi havalandırma sisteminden geçen hava soğuk olduğunda ise yeterli soğutma sağlanamayacağı için klima santralleri devreye girmektedir [Smith, 2015].. Şekil 4.31’de Wuhan Energy Flower projesinde kullanılan sürdürülebilir çözümler şematik olarak gösterilmiştir [Smith, 2015].

Projede pencerelerin açık ya da kapalı olduğunu algılayan sensör sistemi bulunmaktadır ve bu sayede mekanik havalandırma sisteminin gereksiz kullanımı engellenmektedir [WEB-22, 2021]. Wuhan Energy Flower projesinde, bodrum katının doğal ışıktan yararlanmasını sağlayan ışık toplayıcı tüpler kullanılmıştır. Uygulanan ışık tüpleri gün ışığından yararlanamayan otoparkın yapay aydınlatma ihtiyacının azaltılmasını sağlamıştır [Smith, 2015].



Şekil 4.31: Wuhan Energy Flower projesinde kullanılan sürdürülebilir çözümler.

Tablo 4.8: Wuhan Energy Flower Binası incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Wuhan Energy Flower Binası				Mimarlık Ofisi: Soeters Van Eldonk Architects, Grontmi şirketi						
	Projenin Yılı: 2010-2013				İşlev/Fonksiyon: Ofis Yapısı						
	Konum: Wuhan, Çin				Kat Sayısı: 19 (140m)						
	İklim: Subtropikal İklim (Cfa)				Alan: 68.480 m²						
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki		TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı					
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri	✓		Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)	✓				
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı	✓		Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler	✓				
	Mimar/Mühendis			✓		Yenilikçi Sistem Önerisi	✓				
	Diğer			✓		Düşük Teknoloji					
				✓		Yüksek Teknoloji	✓				
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU				SUYUN KORUNUMU						
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı				Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)				✓		
	Yenilikçi malzeme kullanımı				Yağmur suyun toplanması/kullanılması				✓		
	Yerel malzeme kullanımı				Biyolojik arıtma sistemi						
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı				İklimlendirmede su kullanımı						
	Atık yönetimi				İklima uygun peyzaj kullanımı						
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı						
	ENERJİNİN KORUNUMU										
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi		✓		
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim				İkincil mekânların tampon görevi görececek şekilde yerleştirilmesi				
			İklima (hâkim rüzgâr, güneş ışınımı vb.) uygun arazi yerleşimi		✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar				
				Avluya açılan mekânlar							
	Bina Yönleneşi		Kuzey/Güney		✓	Bina Formu	Dairesel kompakt				
			Doğu/Batı				Kare/Dikdörtgen kompakt plan				
			Bağımsız				Serbest form		✓		
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları		✓		
			Çatı açıklıkları		✓		Çatı açıklıkları				
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Işık rafı				
			Atrium/avlu/teraz				Atrium/avlu				
			Diğer		✓		Işık tüpü		✓		
	Güneş Kontrolü	Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme			
				Cephede girinti çıkıntı				Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı			
				Saçak/döşeme		✓		Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		✓	
		İç	Hareketli	Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı				Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi			
				İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)							
	Yapı Kabuğu		Cephe	Tek katmanlı		✓	Çatı	Düz Çatı			
				Çift katmanlı				Eğimli Çatı			
			Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı						Konik/Kubbe Çatı		
									Diğer		✓
			Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi			Çatı Opak Yüzeyler					
						Çatı Saydam Yüzeyler					
	AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller		✓	İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓	
Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini		✓	Rüzgâr Faktörü			✓			
Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji			Sıcaklık Faktörü			✓			
Biyokütle E.		Hidrojen E.			Nem Faktörü			✓			
Dalga Enerjisi		HVAC		✓							

4.7.5. One Ocean Thematic Pavilyon

One Ocean Thematic Pavilyon, Güney Kore’de SOMA Mimarlık ofisi tarafından EXPO 2012’de kullanılmak üzere tasarlanan uluslararası fuar binasının bir parçasıdır [Knippers et al., 2012]. Şekil 4.32’de One Ocean Thematic Pavilyon projesi gösterilmektedir [WEB-25, 2021]. Teması ‘Yaşayan Okyanus ve Sahil’ olan EXPO 2012 fuar binası, yarışma ile belirlenmiştir. Proje eski bir endüstriyel liman alanını, turistler ve yerel kullanıcılar için aktivite merkezi haline getirirken kentsel ve doğal bağlam ile ilişki kuracak şekilde tasarlanmıştır [WEB-24, 2021].



Şekil 4.32: One Ocean Thematic Pavilyon.

Proje bölgesi olan Yeosu; soğuk kış, sıcak ve nemli bir yaz ve ılımlı ara dönemler olmak üzere üç ana mevsim özelliklerini göstermektedir [WEB-25, 2021]. Bu mevsim geçişleri ve iklimsel faktörler yapının tasarımına yön vermiştir. EXPO 2012’de kullanılmak üzere yapılan sergi binalarının yerleşimi hâkim rüzgârdan yararlanılacak şekilde planlanmıştır.

- Biyomimimetik Tasarım

SOMA Mimarlık ofisi ve Knippers Helbig Advanced Engineering işbirliği ile tasarlanan pavilyonda, cephe sistemi bitki hareketlerinin araştırılması sonucunda geliştirilmiştir. Cennet kuşu çiçeğinin (*Strelitzia reginae*) tozlaşma sırasında yapraklarının hareket mekanizmasının sergilediği burulma bükülme prensibi cephe sistemine ilham kaynağı olmuştur [Lopez et al., 2017]. Şekil 4.33’de One Ocean Pavilyon projesine ilham kaynağı olan cennet kuşu çiçeği ve sergilediği hareket

mekanizması gösterilmektedir [WEB-26, 2021]. Tablo 4.9’da One Ocean Pavilyon projesinin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.33: One Ocean Pavillion projesine ilham kaynağı olan cennet kuşu çiçeği ve sergilediği hareket mekanizması.

Tablo 4.9: One Ocean Pavilyon projesinin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyesi			Esinlenen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organiz- -ma	Davra- -nış	Ekosis- -tem	Cennet kuşu çiçeği •Menteşesiz çalışma mekanizması
	✓		✓		

- Ekip Çalışması

SOMA Mimarlık ofisi yapısal mühendislik, kinetik cephe, iklimsel tasarım, ışık tasarımı ve peyzaj mimarlığı gibi birçok disiplin ile işbirliği içinde çalışmıştır [WEB-24, 2021]. Disiplinlerarası ilişki beraberinde enerji kullanımını azaltan yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesini sağlamaktadır.

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Cephe elemanlarının ayrı ve farklı çalışma mekanizması için rüzgâr tüneli testleri uygulanmıştır. Ayrıca cephenin maruz kalacağı teknik aksaklık vb. gibi durumlarda oluşacak yük durumu için analizler yapılmış ve güvenilirliği FEM yazılım (FEM-software) programı ile kontrol edilmiştir. Program kontrolleri ve testler dışında cephedeki en küçük ve en büyük panellerin tam ölçekli uygulaması 35 gün boyunca test edilmiştir. Sonuç olarak gölgeleme elemanlarının çalışması başarı ile tamamlanmıştır

[Knippers et al., 2012]. Gölgeleme panellerinin hareket imkânının, bilgisayar teknolojileri tarafından analiz edilmesi ve tam ölçekli performans testinin yapılması, cephe uygulanmasında oluşabilecek problemlerin önceden çözülmesini sağlamıştır.

- Peyzaj Tasarımı

Projede çatı bahçesi ile 360° panorama sunan sergi alanı oluşturulmuştur. Ayrıca yeşil çatı uygulaması yapılmıştır [WEB-24, 2021].

- Suyun Korunumu

Yapıda kullanılan radyant zemin sistemi deniz suyu ısı esanjörü ile desteklenmekte ve bu doğrultuda yapının soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Diğer bir ifade ile mekanik sistem için gerekli ısı üretimi okyanus enerjisi sayesinde sağlanmaktadır [WEB-24, 2021]. Yapı tasarımında su ile kurulan sosyal ilişki dışında okyanus enerjisinin kullanılması proje alanına özgü yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

- Malzeme Korunumu

Cephede kullanılan paneller GFRP'den (cam elyaf takviyeli polimerden) üretilmiştir ve hareket esnekliği bu malzeme ile sağlanmıştır [WEB-24, 2021]. Yenilikçi malzeme, projede kullanılan gölgeleme elemanlarına menteşesiz çalışma imkânı vermektedir.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

Yapının cephesi, farklı yüksekliklerdeki 108 kinetik gölgeleme elemanından oluşmaktadır. Gölgeleme panellerinin her biri ayrı ayrı çalıştırılabilmektedir. Bu ayrı ve farklı çalışma mekanizması rüzgâr, güneş gibi iklim faktörlerine cevap oluşturmakta ve kullanıcı konforuna uygun koşulların oluşturulmasını sağlamaktadır. Yanı sıra cephede dinamik ve kinetik bir görsel etkinin oluşturulmasına da katkıda bulunmaktadır [Knippers et al., 2012].

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

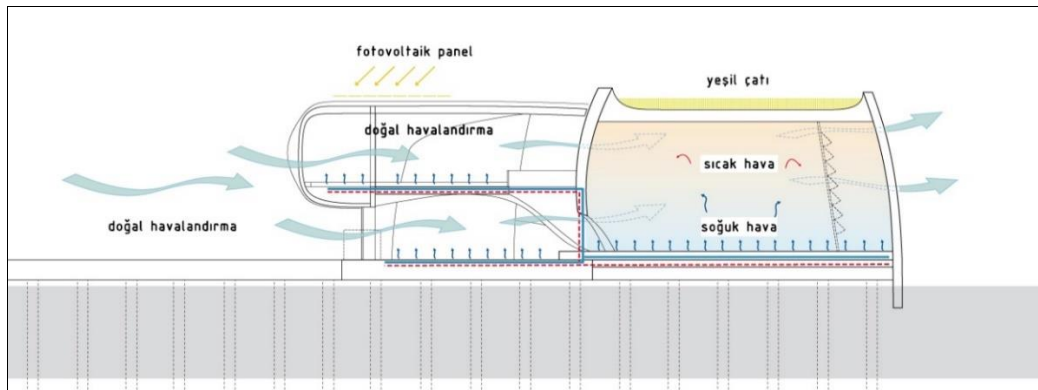
Gölgeleme elemanları, çatıda kullanılan güneş panelleri tarafından çalıştırılmaktadır [WEB-24, 2021]. Cephenin sahip olduğu kinetik sistem, iklim özellikleri karşısında rüzgârı yönlendirmeye olanak tanıyarak doğal havalandırmaya

ve ışığın fuaye alanına ulaşımının kontrol edilmesine katkıda bulunmaktadır. Kinetik panellerin açılıp kapanma özelliği hem kullanıcı konfor koşullarını sağlamakta hem de doğal havalandırmaya ve doğal aydınlatmaya olanak tanıyarak yapı için kullanılan enerji miktarını azaltmaktadır. Şekil 4.34’de Kinetik cephe panellerinin açık ve kapalı durumu görülmektedir [WEB-25, 2021].



Şekil 4.34: Kinetik cephe panellerinin açık ve kapalı durumu.

Kinetik cephe, radyant döşeme ile desteklenen okyanus enerjisi ve yeşil çatı uygulaması proje alanının sahip olduğu sıcak ve nemli iklimde yapının soğutma yükünün azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Şekil 4.35’de One Ocean Thematic Pavilyon projesine ait sürdürülebilir strateji diyagramı görülmektedir [WEB-25, 2021].



Şekil 4.35: One Ocean Thematic Pavilyon projesine ait sürdürülebilir strateji diyagramı.

Tablo 4.10: One Ocean Thematic Pavilyon projesi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: One Ocean Thematic Pavilyon									
	Projenin Yılı: 2010-2012				Mimarlık Ofisi: SOMA Mimarlık					
	Konum: Yeosu-si, Jeollanam do, South Korea				İşlev/Fonksiyon: Pavilyon/Fuar Binası					
	İklim: Subtropikal İklim (Cfa)				Kat Sayısı: 2					
Taşıyıcı Sistem: Betonarme Taşıyıcı Sistem				Alan: 6.900m²						
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki		TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı				
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri	✓		Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)	✓			
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı	✓		Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler	✓			
	Mimar/Mühendis			✓		Yenilikçi Sistem Önerisi	✓			
	Diğer			✓		Düşük Teknoloji				
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU				SUYUN KORUNUMU					
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı				Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)					
	Yenilikçi malzeme kullanımı			✓	Yağmur suyun toplanması/kullanılması					
	Yerel malzeme kullanımı				Biyolojik arıtma sistemi					
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı				İklimlendirmede su kullanımı					
	Atık yönetimi				İklimle uygun peyzaj kullanımı			✓		
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı					
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	ENERJİNİN KORUNUMU									
	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			Mekan Organizasyonu		Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi		
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim					İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi		
			İklimle (hâkim rüzgâr, güneş ışınımı vb.) uygun arazi yerleşimi					Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar		
	Bina Yönlendişi		Kuzey/Güney		✓	Bina Formu		Dairesel kompakt		
			Doğu/Batı					Kare/Dikdörtgen kompakt plan		
			Bağımsız					Serbest form		✓
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		✓	Doğal Aydınlatma		Cephe açıklıkları		✓
			Çatı açıklıkları					Çatı açıklıkları		
			Rüzgâr bacası/kepçesi					Işık rafı		
			Atrium/avlu/teras					Atrium/avlu		
	Güneş Kontrolü		Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			Peyzaj Bitkilendirme		İç mekân bitkilendirme		
			Cephede girinti çıkıntı					Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı		✓
			Saçak/döşeme					Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		✓
			Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı					Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi		
	Yapı Kabuğu		İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)			Çatı		Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi		
			Cephe					Tek katmanlı		
								Çift katmanlı		✓
			Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı							
Yapı Kabuğu		Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi			Çatı		Düz Çatı			
							Eğimli Çatı			
							Konik/Kubbe Çatı			
							Diğer		✓	
Yapı Kabuğu		Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi			Çatı		Çatı Opak Yüzeyler			
							Çatı Saydam Yüzeyler			
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller		✓	İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓	
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini				Rüzgâr Faktörü		✓	
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji				Sıcaklık Faktörü		✓	
	Biyokütle E.		Hidrojen E.				Nem Faktörü		✓	
	Dalga Enerjisi		✓	HVAC			✓			

4.7.6. Pearl River Kulesi

Pearl River Kulesi, Çin’de Skidmore, Owings & Merrill (SOM) Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan ofis binasıdır. Şekil 4.36’da Pearl River Kulesi görülmektedir [WEB-27, 2021]. Guangzhou’da yer alan 71 katlı yapının tasarımına 2005 yılında kazanılan yarışma sonucunda başlanmıştır ve 2010 yılında yapı kullanıma açılmıştır. Pearl River Kulesi iç ortam konforunu sağlayan, bölgenin iklim koşullarına uyumlu, çevresel sorunlara yanıt veren, karbon emisyonu ve enerji tüketiminin azaltan ilk yüksek binalardan biridir [Tomlinson et al., 2008].



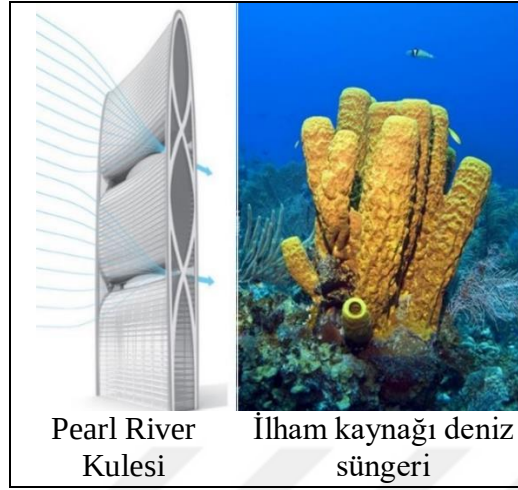
Şekil 4.36: Pearl River Kulesi.

Proje bölgesinde Pearl River Kulesi gibi çok katlı yapılar bulunmaktadır. Bu durum tasarımın, bulunduğu çevre binaları dikkate alarak gelişmesine neden olmuştur. Pearl River Kulesi’nin araziye yerleşimi ve yapı formu güneş ve rüzgar faktörlerinden maksimum verim alacak şekilde planlanmıştır [Özdemir, 2014].

- Biyomimetik Tasarım

Tasarım ekibinde yer alan mimarlar, Pearl River Kulesi’nin formunu deniz süngerinden ilham alarak tasarlamıştır. Deniz süngerinin delikli geçirgen yapısı suyu ve organizmaları içine almaya olanak tanımaktadır. Bu özellik projenin formunda esin kaynağı olmuştur. Pearl River Kulesi’nin formunda gözeneklere benzeyen 4 adet boşluk bırakılmıştır. Bu boşluklar yapının rüzgar enerjisinden yararlanmasını ve enerji üretilmesini sağlamıştır [Özdemir, 2014]. Şekil 4.37’de Pearl River Kulesi ve ilham

kaynağı deniz süngeri gösterilmektedir. Tablo 4.11’de Pearl River Kulesi’nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.37: Pearl River Kulesi ve ilham kaynağı deniz süngeri.

Tablo 4.11: Pearl River Kulesi’nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyesi			Esinlenilen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organiz -ma	Davra -nış	Ekosis -tem	Deniz süngeri •delikli geçirgen yapısı
	✓		✓		

- Ekip Çalışması

Pearl River Kulesi projesi, müşterinin yüksek performanslı ve enerji tüketimini azaltan bir yapı talebi ile açılan yarışma sonucunda oluşmuştur. Bu süreçten sonra yapıdaki sürdürülebilir stratejiler müşteri, mimar ve mühendis işbirliğinde geliştirilmiştir. Yüksek katlı yapının tasarımı; mimarlar, mühendisler, rüzgâr danışmanı, peyzaj mimari, yangın, aydınlatma ve akustik uzmanı gibi birçok disiplin işbirliğinde gerçekleşmiştir [Tomlinson et al., 2008].

- Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Pearl River Kulesi projesi, rüzgar enerjisinden yararlanmak için güneyden esen hakim rüzgara göre yönlendirilmiştir. Bu durum rüzgar sirkülasyonuna izin vermesine rağmen proje alanının kıyıya yakınlığı ile birleşince yapı yüklerinin artmasına neden

olmuştur. Bu doğrultuda projede rüzgar tüneli testleri yapılarak tasarım geliştirilmiştir. Aynı zamanda proje alanının deprem bölgesinde bulunması yapısal elemanların bu etkene göre tasarlanmasına neden olmuştur ve deprem anında oluşacak katlar arası ötelenmenin öğrenilmesi için elasto-plastik analizi yapılmıştır. Tasarım bu doğrultuda rüzgâr ve deprem yüklerine göre yapılan analizler sonucu geliştirilmiştir [Tomlinson et al., 2008]. Projeye teknolojinin de dâhil edilmesi yenilikçi sistem önerilerini beraberinde getirmiştir. Rüzgar testlerine göre belirlenen yapı formu ve dikey eksenli rüzgar türbinlerinin yapıya entegre edilmesi projenin başlıca yenilikçi özellikleridir.

- Peyzaj Tasarımı

Pearl River Kulesi'nin peyzaj tasarımı ve iç mekan bitkilendirme çalışmaları hakkında literatür taramasında bir veri bulunmamaktadır.

- Suyun Korunumu

Pearl River Kulesi'nde yağmur suyu toplama ve gri su geri dönüşüm sistemi kullanılarak su tasarrufu sağlanmaktadır [WEB-28, 2021].

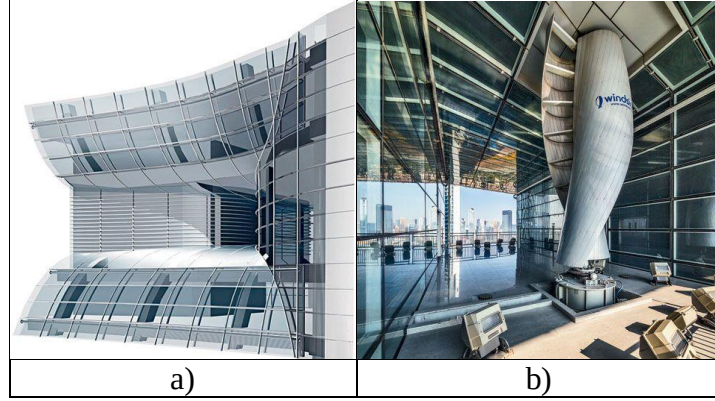
- Malzeme Korunumu

Yapı cephelerinde yüksek performanslı low-e cam kullanılarak düşük ısı kazancı ve yüksek şeffaflık etkisi sağlanmıştır [Tomlinson et al., 2008]. Projede südürülebilir ve enerji verimli malzeme tercihleri konusuna yoğunlaşılmadığı görülmektedir.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

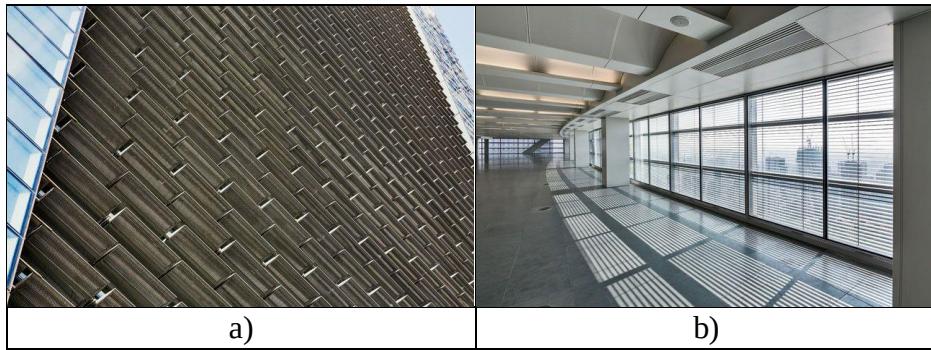
Proje alanının sıcak ve nemli subtropikal iklim özelliklerine sahip olması yapının soğutulmasını ana tasarım zorluğu olarak ortaya çıkarmıştır. Bu doğrultuda projede çift katmanlı cephe uygulaması yapılmıştır. Yapının soğutulması ve enerji kazanımı için Pearl River Kulesi projesinin cepheleri rüzgardan yararlanacak şekilde farklılaştırılmıştır. Hakim rüzgara konumlandırılan iç bükey forma sahip güney cephesinde rüzgarı yapı içine almak için 4 adet boşluk oluşturulmuştur [Özdemir, 2014]. Şekil 4.38 a)'da Pearl River Kulesi'nin rüzgarı yapı içine alınmasını sağlayan iç bükey formu görülmektedir [WEB-27, 2021]. Bu boşluklar yapıyı 3 bölüme ayırmaktadır ve her boşluğun içinde 2 adet olacak şekilde toplamda projede 8 adet dikey eksenli rüzgar türbini bulunmaktadır. Şekil 4.38 b)'de Rüzgarı yapı içine

alınmasını sağlayan boşluklar ve dikey eksenli rüzgar türbini görülmektedir [WEB-27, 2021]. Bu yenilikçi çözüm ile enerji kazanımı sağlanmaktadır [Özdemir, 2014].



Şekil 4.38: a) Pearl River Kulesi'nin rüzgarı yapı içine almasını sağlayan iç bükey formu, b) Rüzgarı yapı içine alınmasını sağlayan boşluklar ve dikey eksenli rüzgar türbini.

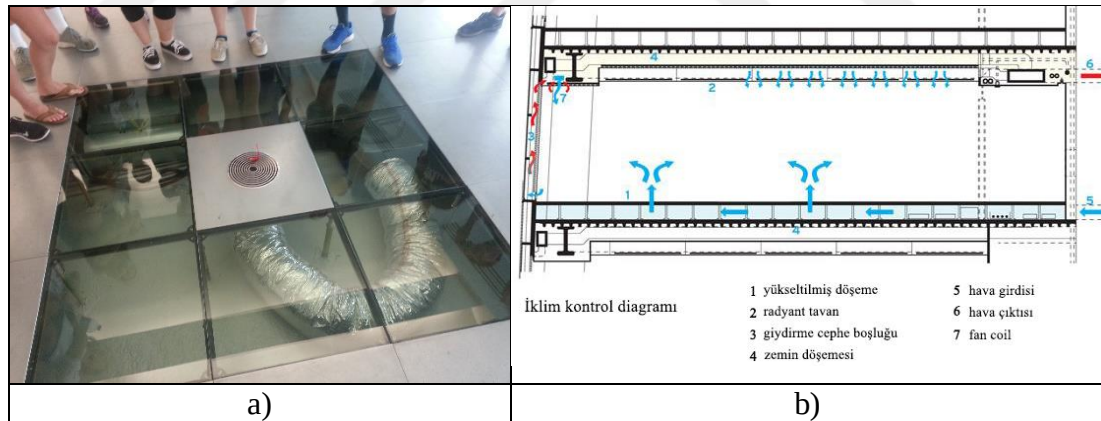
Pearl River Kulesi'nin formu ve cepheleri rüzgar enerjisinden yararlanılacak şekilde planlanmıştır. Projenin doğu/batı cepheleri düz, kuzey cephesi dış bükey ve güney cephesi ise iç bükeydir. Güney ve kuzey çift katmanlı cepheden oluşmaktadır. Çift katmanlı cephe; iç ve dış sıcaklık farkını azaltmakta, gürültü kontrollü sağlamakta, doğal aydınlatmaya ve havalandırmaya katkıda bulunarak iç mekân konforunu arttırmaktadır. Doğu/Batı cephesinde PV panel entegreli gölgeleme elemanı, içte ise jaluzi sistemi kullanılmıştır [Tomlinson et al., 2008]. Şekil 4.39 a)'da PV panel entegreli gölgeleme sistemi, Şekil 4.39 b)'de iç jaluzi sistemi görülmektedir [WEB-27, 2021]. PV paneller gölgeleme elemanlarına ve çatının kavisli formuna göre ayarlanmıştır [Tomlinson et al., 2008].



Şekil 4.39: a) PV panel entegreli gölgeleme sistemi, b) İç jaluzi sistemi.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Doğu/Batı cephesinde bulunan sabit gölgeleme elemanlarına entegre edilen PV paneller 200.000 kWh/yıl elektrik üretmekte hem de gölgeleme görevi görmektedir. İç mekânda da otomatik ayarlanabilen jaluzi gölgeleme sistemi gün ışığına duyarlı sensörler ile kontrol edilmektedir. Bu jaluziler parlamayı azaltmaktadır [Tomlinson et al., 2008]. Projenin en önemli enerji tasarrufu sağlayan noktası ise soğutma sistemidir. Geleneksel klima sisteminden farklı olarak tavanda hava soğutulmakta zeminde bulunan deliklerden ise havalandırma yapılmaktadır [WEB-29, 2021]. Şekil 4.40'da Yerden havalandırmalı soğutma sistemi gösterilmektedir [WEB-29, 2021]. Yerden temiz hava desteği ile iç hava kalitesini destekleyen radyant soğutma sistemi beraber çalışmaktadır. Bu sistem birlikteliği yapının soğutulmasını sağlamaktadır. Ayrıca genelde bodrumda yer alan mekanik sistemin kazanılmasına ek olarak malzeme ve enerji tasarrufu sağlanmıştır [Tomlinson et al., 2008]. Yerden havalandırma ile birleştirilmiş radyant tavan soğutma sistemi, geleneksel HVAC sistemleri yerine kullanılmıştır. Projede kullanılan bu soğutma sistemi, geleneksel sistemler ile karşılaştırıldığında %40 enerji tasarrufu sağlamaktadır [Zinzade, 2010].



Şekil 4.40: a)Yerden havalandırmalı soğutma sistemi, b) Pearl River Kulesi'nin iklim kontrol diyagramı.

Yapıda uygulanan çift katmanlı cephe arasında yer alan boşluktan geçen havanın iklim koşullarına göre ısınması halinde her katta bulunan fanlar yardımıyla yapıdan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Normal koşullarda ise boşlukta bulunan hava katlara dağıtılarak iç mekânda kullanılmaktadır [Sev ve Başarır, 2011]. Şekil 4.40 b)'de Pearl River Kulesi'nin iklim kontrol diyagramı görülmektedir [WEB-27, 2021].

Tablo 4.12: Pearl River Kulesi projesi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Pearl River Tower				Mimarlık Ofisi: Skidmore, Owings and Merrill					
	Projenin Yılı: 2005-2010				İşlev/Fonksiyon: Ofis Yapısı					
	Konum: Guangzhou, Çin				Kat Sayısı: 71 (309 m)					
	İklim: Subtropikal İklim (Cfa)				Alan: 214.000 m²					
	Taşıyıcı Sistem: Çelik+Betonarme Karma Sistem									
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki		TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı				
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri	✓		Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)	✓			
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı			Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler	✓			
	Mimar/Mühendis			✓		Yenilikçi Sistem Önerisi	✓			
	Diğer			✓		Düşük Teknoloji				
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU				SUYUN KORUNUMU					
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı				Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)					
	Yenilikçi malzeme kullanımı				Yağmur suyun toplanması/kullanılması					
	Yerel malzeme kullanımı				Biyolojik arıtma sistemi					
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı				İklimlendirmede su kullanımı					
	Atık yönetimi				İklim'e uygun peyzaj kullanımı					
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı					
	ENERJİNİN KORUNUMU									
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale		Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi				
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim			✓	İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi			
			İklim'e (hâkim rüzgâr, güneş ışınlı vb.) uygun arazi yerleşimi			✓	Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar	✓		
	Bina Yönelişi		Kuzey/Güney		Bina Formu	Avluya açılan mekânlar				
			Doğu/Batı				Dairesel kompakt			
			Bağımsız				Kare/Dikdörtgen kompakt plan			
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		Doğal Aydınlatma	Serbest form		✓		
			Çatı açıklıkları				Cephe açıklıkları	✓		
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Çatı açıklıkları			
			Atrium/avlu/teras				İşık rafı			
			Diğer				Atrium/avlu			
	Güneş Kontrolü		İç	Sabit	Peyzaj Bitkilendirme	İşık tüpü				
						İç mekân bitkilendirme				
			Hareketli	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)		Çatı	Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı			
				Cephede girinti çıkıntı				Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		
	Yapı Kabuğu		Saçak/döşeme			Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi				
			Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı			Düz Çatı				
İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)			✓	Eğimli Çatı						
Cephe			Tek katmanlı		Konik/Kubbe Çatı	✓				
			Çift katmanlı	✓	Diğer					
		Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı			Çatı Opak Yüzeyler					
		Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi		✓	Çatı Saydam Yüzeyler	✓				
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller		İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓		
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini			Rüzgâr Faktörü		✓		
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji			Sıcaklık Faktörü		✓		
	Biyokütle E.		Hidrojen E.			Nem Faktörü		✓		
	Dalga Enerjisi		HVAC							

4.7.7. Gherkin Kulesi/ Swiss Re Genel Merkezi

Gherkin Kulesi, Londra’da Foster + Partners ve Arup işbirliği ile tasarlanan ofis binasıdır. Merkezi konumda yer alan 41 katlı yapının inşaatına 2001 yılında başlanmıştır ve yapı 2004 yılında kullanıma açılmıştır. Şekil 4.41’de Gherkin Kulesi projesi görülmektedir [WEB-30, 2021]. Foster + Partners, 100 yıllık tarihi binalar arasında zıt bir uyum yakalayarak ofis binasını Londra’da ikonik mimari bir simge haline getirmiştir. Yapının formu, yenilikçi yapım tekniği ve malzeme olanakları ile desteklenerek oluşturulmuştur. Tasarımda Arup’un önerisi üzerine cephede diagrid çelik strüktür uygulaması yapılmıştır. Gherkin Kulesi formu, yenilikçi detaylandırma önerileri ve diagrid taşıyıcı sistem uygulaması gibi birçok özelliği ile Londra’nın ilk ekolojik çok katlı binası olmuştur. Proje, enerji tüketiminin azaltan çevreci yaklaşımı ile çevresindeki ve yeni yapılacak çok katlı yapılar için örnek bir tasarım oluşturmaktadır [Küçük ve Arslan, 2020].



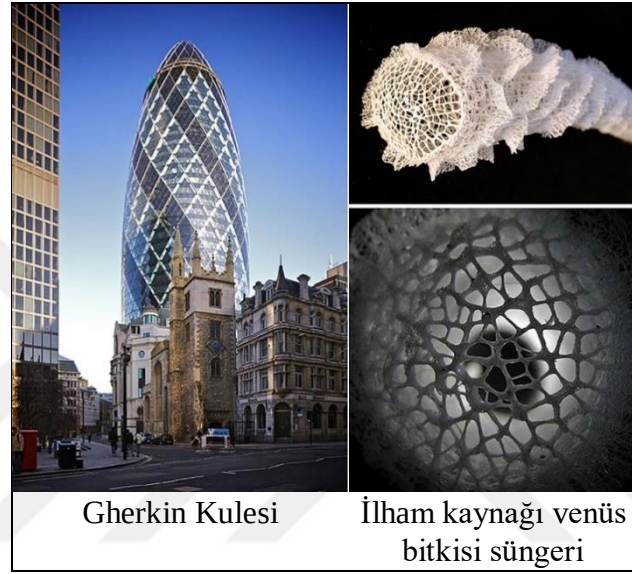
Şekil 4.41: Gherkin Kulesi projesi.

Binanın yükseldikçe çapı küçülen aerodinamik dairesel formu, dikdörtgen/kare formlu çok katlı yapılara göre tasarımda rüzgârın yapı etrafında dönmesine olanak tanımaktadır. Bu durum zeminde daha az rüzgâr sirkülasyonu oluşturarak sokak seviyesinde yayaların yaşayacağı çevresel problemleri ortadan kaldırmakta ve kentsel bir kullanım alanı sunmaktadır [Küçük ve Arslan, 2020].

- **Biyomimimetik Tasarım**

Tasarıma su altında yaşayan ve habitatının zorlu koşullarına uyum sağlayan, camsı kafes sistemine benzer kabuğa ve yuvarlak forma sahip venüs bitkisi süngeri ilham kaynağı olmuştur. Venüs bitkisi süngerinin kabuğu ve hegzagonal form

özellikleri Gherkin Kulesi projesi için esin kaynağı oluşturmuştur [Karaduman Ercan, 2018]. Şekil 4.42’de Gherkin Tower projesi ve ilham kaynağı venüs bitkisi süngeri gösterilmektedir [WEB-31, 2021]. Biyomimetik tasarım yaklaşımı, Gherkin Kulesi projesinin diagrid taşıyıcı sistem ve cephe uygulamasının gelişmesinde katkıda bulunmaktadır. Bu sayede hem enerji korunumu ve hem kolonsuz iç mekân organizasyonu sağlanmıştır. Tablo 4.13’de Gherkin Kulesi’nin biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir



Şekil 4.42: Gherkin Kulesi ve ilham kaynağı venüs bitkisi süngeri.

Tablo 4.13: Gherkin Kulesi’nin biyomimikri/biyomimetiktasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyesi			Esinlenen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organiz- ma	Davra- nış	Ekosis- tem	Venüs Bitkisi Süngeri
✓		✓			•Dayanıklılık •Strüktür •Kabuk •Hekzagonal form

• Ekip Çalışması

Ofis binasının boyutu, çok fonksiyonlu olması, sürdürülebilir sistemleri barındırması ve teknoloji girdisi gibi birçok etken tasarım ve uygulama aşamasında disiplinlerarası ilişkiye olan ihtiyacı arttırmıştır. Proje bu kapsamda çevre mühendisi,

peyzaj mimarı, cephe mühendisi, mimar, yapısal mühendislik gibi farklı alanlarda uzmanların işbirliği sonucu oluşmaktadır.

•Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Rüzgâr faktörü, çok katlı yapıların tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli parametredir ve bu durum ofis binasının formunun şekillenmesine yön vermiştir. Yapının formu belirlenirken türbülans ve rüzgar simülasyonu testleri yapılmıştır ve bu doğrultuda en uygun tasarım gerçekleştirilmiştir [Küçük ve Arslan, 2020]. Teknoloji ve mimari ilişkisi, özellikle çok katlı yapılarda tasarımın geliştirilmesi ve enerji etkinliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynamıştır. Projede teknoloji kullanımı ile geliştirilen yenilikçi sistem önerileri;

- diagrid ve çift katmanlı cephe uygulaması,
- katların 5° döndürülmesi ve üst üste getirilmesi ile meydana gelen ışık kuyusu/atrium oluşumudur.

•Peyzaj Tasarımı

Projenin iç mekânında kullanılan özel tasarlanmış saksılar, doğaya dönüş anlayışı ile İngiliz peyzajını yansıtmaktadır. Özel tasarlanmış bitki saksıları, çalışanlar ve ziyaret edenler tarafından dokunulduğunda hareket edecek şekilde zemine yerleştirilmiştir [WEB-32, 2021]. Şekil 4.43’de Gherkin Kulesi projesi iç mekânı için özel tasarlanmış bitki saksıları görülmektedir [WEB-32, 2021].



Şekil 4.43: Gherkin Kulesi projesi iç mekânı için özel tasarlanmış bitki saksıları.

- Suyun Korunumu

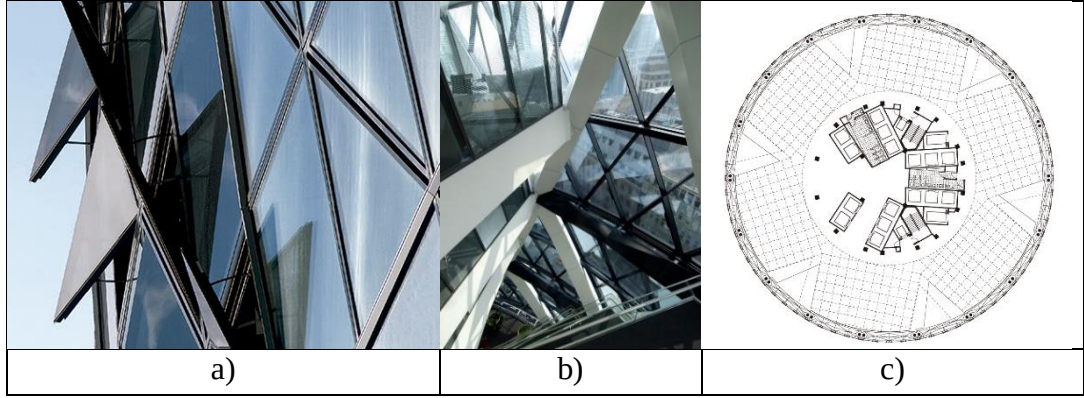
Ofis binasının üst katlara doğru daralan formu sayesinde yağmur suyunun zemine iniş hızı yavaşlamaktadır ve su hendeklerde toplanarak kullanılmak üzere tanklarda depolanmaktadır. Yapıda ıslak hacim sifonlarında gri su ve yağmur suyu kullanılmaktadır [WEB-33, 2021].

- Malzemenin Korunumu

Ofis binasının yapımında büyük oranda çelik ve cam malzeme kullanılmıştır. Yapıda kullanılan çelik malzemeler; diagrid sistemde, çekirdekteki kolonlarda ve kirişlerde kullanılmaktadır. Cephede kullanılan 7.429 dış cam panel, geri dönüştürülmüş malzemeden oluşmaktadır [WEB-34, 2021]. Projede, enerji korunumu avantajının dışında mümkün olduğunca geri dönüştürülmüş ve/veya geri dönüştürülebilecek malzeme kullanımına önem verdiği görülmektedir.

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve Özellikleri

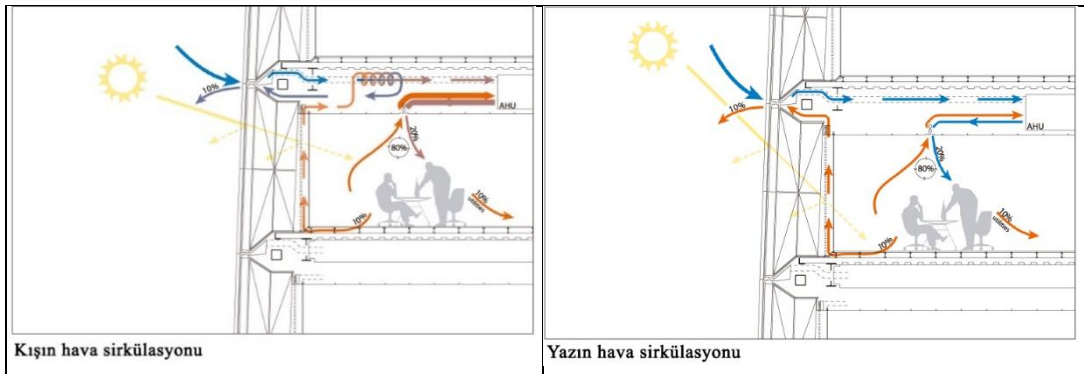
Gherkin Tower cephesi açılabilir cam paneller, delikli alüminyum panjurlar, alüminyum kolon kasası ve cephe çerçevesi bileşenlerinden oluşmaktadır. Ofis binası cephesi; yenilikçi cam teknolojisi, iç mekânda panjur sistemi ve havalandırma boşlukları sayesinde % 85'e kadar güneş korumasına sahiptir [WEB-35, 2021]. Projede giydirme cephe uygulaması yapının ihtiyaç duyacağı ısıtma ve soğutma ihtiyacının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Güneş faktörü, cephede malzeme seçimlerinde ve sistem önerisinde tasarıma yön vermiştir. Aynı zamanda tasarım aşamasında yapılan planlamalar ile gün ışığından maksimum verim alınması sağlanmıştır. Yapının iklimlendirilmesinin sağlamasında en önemli özelliklerden biri ışık kuyusu/atrium bölgesinde açılabilen mekanik sistemli 792 pencere uygulamasıdır [Küçük ve Arslan, 2020]. Şekil 4.44 a)'da cephede mekanik açılabilen pencereler görülmektedir [WEB-30, 2021]. Bu özellik hava sirkülasyonu ile iç hava kalitesinin artırılmasını sağlamaktadır. Katlarda oluşturulan 6 adet ışık kuyusu, kullanıcılar için sosyal mekân olarak kullanılmakta ve ofis mekânlarının gün ışığından maksimum yararlanmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca yangın zonu olarak da çalışmaktadır. [Küçük ve Arslan, 2020]. Şekil 4.44 b)'de projede oluşturulan ışık kuyusunun iç mekan algısı, Şekil 4.44 c)'de planda görülen 6 adet ışık kuyusu gösterilmektedir [WEB-30, 2021].



Şekil 4.44: a) Cephede mekanik açılabilen pencereler, b) Projede oluşturulan ışık kuyusunun iç mekan algısı, c) Planda görülen 6 adet ışık kuyusu.

•Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgelendirme Stratejileri

Gherkin Kulesi tasarımında doğal aydınlatma, doğal havalandırma ve gölgelendirme stratejileri ile enerji kazanımı ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanması amaçlanmıştır. Cephede açılabilen pencereler, gölgeleme sağlamak ve doğal havalandırmayı desteklemektedir. Kışın ve yazın iç mekânın hava kalitesini sağlamada klima santralleri ve kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Şekil 4.45’de Gherkin Kulesi’nin yaz/kış hava sirkülasyonu ve klima kullanımı şematik olarak gösterilmektedir [WEB-30, 2021].



Şekil 4.45: Gherkin Kulesi’nin yaz/kış hava sirkülasyonu ve klima kullanımı.

Kışın yapı kabuğu ile alınan temiz ve doğal hava, santral klima sistemi ile gerektiğinde iç ortam sıcaklığını dengelemekte kullanılmaktadır. İç mekândaki soğuk ve kirlenen hava ise asma tavan aracılığıyla dışarıya atılmaktadır. Yazın da alınan doğal hava, santral klima sistemi ile iç mekânın sıcaklığını dengelemekte

kullanılmakta ve mekândaki sıcak, kirlenen hava ise dışarı atılmaktadır. Yapı kabuğundaki üçgen cam paneller sayesinde alınan doğal hava, döşeme giriş kanalına iletilmekte ve ihtiyaç dâhilinde asma tavandan iç mekâna verilmektedir. Yapıda kullanılan stratejiler ile yıllık zaman diliminin %40'ında doğal havalandırma imkânı sağlanmaktadır. Aynı zamanda projenin, aynı büyüklükteki bir yapı ile karşılaştırıldığında %50 enerji tasarrufu elde ettiği görülmektedir [Özeler Kanan, 2010].

Projenin kat planları her katta 5° döndürülerek üst üste getirilmiştir ve katlarda üçgen forma sahip 6 adet atrium oluşturulmuştur. Atriumun geleneksel merkezi yerleşimi, projede yapı çeperlerinde konumlandırılarak farklılaşmaktadır ve ışık kuyusu gibi çalışarak hem doğal aydınlatma hem de doğal havalandırma sağlamaktadır. Aynı zamanda, yazın sıcak havanın baca etkisi ile dışarı atılması kışın ise sera etkisi oluşturması ile yapının ısıtma-soğutma için gerekli olan enerji harcamalarının azaltılmasını sağlamaktadır [Özeler Kanan, 2010].

Tablo 4.14: Gherkin Kulesi projesi incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: Gherkin Kulesi/ Swiss Re Genel Merkezi/ 30 St Mary Axe Binası									
	Projenin Yılı: 2001-2004			Mimarlık Ofisi: Foster + Partners						
	Konum: Londra, Birleşik Krallık			İşlev/Fonksiyon: Ofis Yapısı						
	İklim: Ilıman Okyanus İklimi (Cfb)			Kat Sayısı: 41 (180m)						
	Taşıyıcı Sistem: Çelik+Betonaarme Karma Sistem			Alan: -						
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki		TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı				
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri	✓		Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)	✓			
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı	✓		Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler	✓			
	Mimar/Mühendis			✓		Yenilikçi Sistem Önerisi	✓			
	Diğer			✓		Düşük Teknoloji				
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU				SUYUN KORUNUMU					
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı			✓	Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)			✓		
	Yenilikçi malzeme kullanımı				Yağmur suyun toplanması/kullanılması			✓		
	Yerel malzeme kullanımı				Biyolojik arıtma sistemi					
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı			✓	İklimlendirmede su kullanımı					
	Atık yönetimi				İklimde uygun peyzaj kullanımı			✓		
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı					
	ENERJİNİN KORUNUMU									
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi			
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim		✓		İkincil mekânların tampon görevi görececek şekilde yerleştirilmesi			
			İklimde (hâkim rüzgâr, güneş ışınlamı vb.) uygun arazi yerleşimi		✓		Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar		✓	
							Avluya açılan mekânlar			
	Bina Yönlenişi		Kuzey/Güney			Bina Formu	Dairesel kompakt		✓	
			Doğu/Batı				Kare/Dikdörtgen kompakt plan			
			Bağımsız		✓		Serbest form			
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları		✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları		✓	
			Çatı açıklıkları		✓		Çatı açıklıkları		✓	
			Rüzgâr bacası/kepçesi				Işık rafı		✓	
			Atrium/avlu/teraz				Atrium/avlu		✓	
			Diğer				Işık tüpü			
	Güneş Kontrolü	Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)		Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme		✓	
				Cephede girinti çıkıntı				Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı		
		İç	Hareketli	Saçak/döşeme				Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı		
				Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı			✓	Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi		
	Yapı Kabuğu		Cephe	Tek katmanlı		Çatı	Düz Çatı			
				Çift katmanlı			✓	Eğimli Çatı		
			Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı				Konik/Kubbe Çatı		✓	
			Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi		✓		Diğer			
					Çatı Opak Yüzeyler					
					Çatı Saydam Yüzeyler		✓			
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller			İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü		✓	
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini				Rüzgâr Faktörü		✓	
	Jeotermal Enerji		Hidrolik Enerji				Sıcaklık Faktörü			
	Biyokütle E.		Hidrojen E.				Nem Faktörü			
	Dalga Enerjisi		HVAC							

4.7.8. ThyssenKrupp Mahallesi: Q1 Genel Merkez Binası

ThyssenKrupp Mahallesi projesi, Chaix & Morel et Associés ve JSWD Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan dokuz binadan oluşan kampüs yapısıdır ve tasarımın en göze çarpan yapısı genel merkez ofisi Q1'dir. Şekil 4.46'da ThyssenKrupp Mahallesi ve Q1 Binası görülmektedir [WEB-36, 2021]. Proje, tasarım ekibinin 2006 yılında kazandığı yarışma sonucunda gelişmeye başlamıştır. Terkedilmiş fabrikaların bulunduğu alanda inşa edilen kampüs projesinin Q1 Genel Merkez Ofisi, 2010 yılında kullanıma açılmıştır. Q1 Ofis Binası tasarımında insan ölçeğine uygun bir yapı inşa edilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda tasarım çok katlı bir yapı yapmamak üzerine kurgulanmıştır. ThyssenKrupp Mahalle projesi içinde Q1 Binası, 50 m ile en yüksek yapı olmakla beraber diğer yapı gruplarının yüksekliği maksimum 25 m ile sınırlı tutulmuştur [Gerfen, 2010].



Şekil 4.46: ThyssenKrupp Mahallesi ve Q1 Binası.

Kampüs projesinde insan ölçeğine saygılı tasarımının yanı sıra sürdürülebilirlik bilinci ile yenilikçi çözümler geliştirilmiştir. Q1 Binası, kabuk ve form tasarımı ile yenilikçi ve özgün bir tasarım ortaya koyarken çevreye saygılı bakış açısında da yararlanılmıştır.

- Biyomimetik Tasarım

Q1 Genel Merkez Binası'ndaki gölgeleme elemanı, kuş tüyünden ilham alınarak tasarlanmıştır. Kuş tüyünün cildini korumak için sahip olduğu su geçirmeyen sistem özellikleri ve birbirine kenetlenen yapısı gölgeleme elemanı tasarımına esin kaynağı olmuştur [Charkas, 2019]. Tablo 4.15'de ThyssenKrupp Mahallesi: Q1 Binası'nın biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi görülmektedir

Tablo 4.15: ThyssenKrupp Mahallesi: Q1 Binası'nın biyomimikri/biyomimetik tasarım kapsamında incelemesi.

Biyomimikri Tasarım Yaklaşımı		Biyomimikri Seviyesi			Esinlenilen Canlı ve Özelliği
Tasarımdan biyolojiye	Biyolojiden tasarım	Organiz -ma	Davra -nış	Ekosis -tem	Kuş tüyü •su geçirmeyen ve birbirini kenetlenen yapısı
	✓		✓		

• Ekip Çalışması

Karmaşık ve yenilikçi sistem önerileri beraberinde disiplinler arası ilişkiyi getirmektedir. Q1 genel merkezi tasarımında mimarlar, mühendisler, 300 şirket ve 50 ilgili uzman koordine çalışmıştır [Andia and Spiegelhalter, 2015]. Gölgeleme elemanı tasarımı mimarlar tarafında önerilmiştir ve enerji uzmanları işbirliğinde geliştirilmiştir. Ek olarak proje; rüzgâr danışmanı, aydınlatma tasarımcısı, geoteknik mühendisi, elektrik mühendisi, peyzaj mimari ve inşaat mühendisi gibi birçok disiplini bir araya getirmektedir [Gerfen, 2010].

•Teknoloji ve Tasarım İlişkisi

Q1 Genel Merkezi tasarımında eskiz, 2D ve 3D model programlarından yararlanılmıştır ve gün ışığına göre hareket eden sensör kontrollü sistem mekanizması geliştirmiştir. Fraunhofer Güneş Enerjisi Sistemi Enstitüsü tarafından algoritmik olarak geliştirilmiş sensör sistem önerisi hava koşullarına adapte hareketli gölgeleme elemanının ortaya çıkmasına olanak tanımıştır [Andia and Spiegelhalter, 2015]. Projedeki çok fazla bileşeni barındıran gölgeleme elemanlarının kontrolü, teknoloji ve otomasyon sistemleri ile sağlanmaktadır. Diğer bir ifade ile teknolojinin tasarımın bir parçası haline getirilmesi, sürdürülebilir bir tasarım oluşturulmasına katkı sağlanmakta ve karmaşık sistemlerin çözülmesine olanak tanımaktadır.

• Peyzaj Tasarımı

Kampüs alanı peyzaj tasarımında yaklaşık 700 ağaç dikilmiştir. Q1 Genel Merkezi aksı üzerinde yer alan ve doğrudan yapı ile ilişki kuran 200 m uzunluğunda 30 m genişliğindeki yansıtma havuzu ve peyzaj tasarımı mikro iklimlendirmede önemli bir rol oynamaktadır. [WEB-37, 2021]. Ayrıca projenin endüstriyel geçmişe

sahip elik üretimini yapılan fabrika alanına inşa edilmesi bu konuyu peyzaj tasarımında dikkat edilmesi gereken bir konu haline getirmiştir ve alanda toprak iyileştirilmesi yapılmasını gerekli kılmıştır. Elenme ve temizlenme gibi işlemler sonucunda elde edilen toprak, kampüs peyzajında küçük tepeler oluşturulmasında ve park alanlarında kullanılarak geri kazanılmıştır. evre peyzajı dışında, Q1 Binası'nda yer alan i mekân köprülerinde bitkilendirme çalışmaları yapılmıştır [Gerfen, 2010].

- Su Korunumu

Projenin asfaltlı zeminlerinin az ve genel zeminlerinin geçirimli bir yapıya sahip olması yağmur suyunun toprağa ulaşmasına olanak tanıyarak su döngüsüne izin vermektedir. Aynı zamanda kampüs binaları çatılarında yağmur suyu toplanmakta ve yakın konumdaki park glne aktarılmaktadır. Bu stratejiler sahip proje, yenilikçi ve sürdürülebilir yağmur suyu sistemi için “Watermark” dl almıştır [WEB-38, 2021].

- Malzeme Korunumu

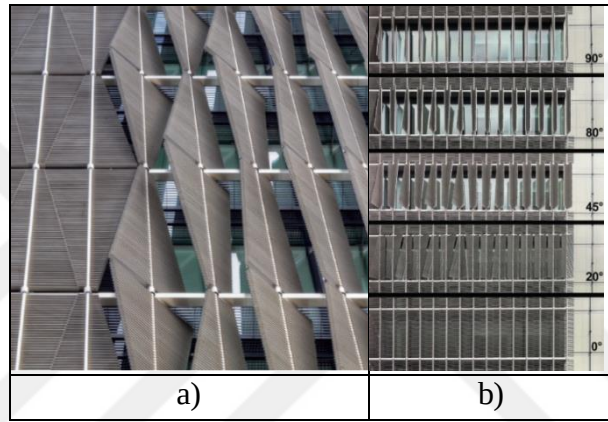
Tasarım ekibi, sürdürülebilir mimarlıktaki malzemenin rolünü bilerek yenilenebilir malzeme tercihlerinde bulunmuştur. İ mekânda eko-sertifikalı ahşap malzeme kullanılmıştır [WEB-37, 2021]. Kampüs mimarisinde ortak olarak cam ve elik malzeme dili kullanılmıştır.

Gölgeleme elemanları ise ThyssenKrup şirketi tarafından krom-nikel-molibden elementlerinden oluşan paslanmaz çelikten üretilmiştir [WEB-38, 2021]. şirket tarafından üretilen paslanmaz çeliğin pahalı alüminyum panellerin yerini alması planlanmaktadır [WEB-36, 2021].

- Cephe/Kabuk Tasarımı ve zellikleri

Kabuk tasarımının iklim etkilerine karşı ana zorlukları, doğal ışıktan maksim verim sağlamak ve yağmurdan korunmaktır. Aynı zamanda gölgeleme elemanı tasarımda kullanıcıların görsel konforu da bu zorluğa eklenmektedir. Bu zorlukları önlemede tasarım ekibi kabuk tasarımında doğadan ilham almıştır. Tasarımda uygulanan gölgeleme sistemi, 400.000 paslanmaz elik ıttadan oluşmaktadır. Gölgeleme sisteminin, çatıya yerleştirilen hava istasyonundan alınan bilgi ile güneş hareketine göre tam kapalı ve açık olacak şekilde adapte olma özelliği bulunmaktadır [Charkas, 2019]. Q1 Binası'nda uygulanan ve paslanmaz elik malzemeden oluşan

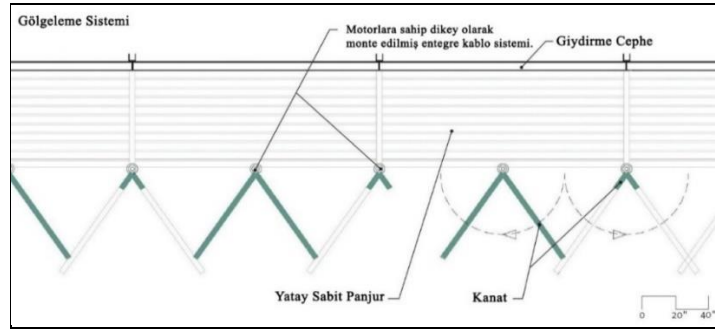
gölgeleme elemanları proje alanının güneş yolu (sun path) dikkate alınarak tasarlanmıştır. Ofis binasındaki güneşe göre adapte olabilen ve hareket eden gölgeleme sistemi klima kullanımını ortadan kaldırmaktadır. Gölgeleme elemanlarının enerji tasarrufu, iklim koşullarına uyum gibi etkilerinin dışında sahip olduğu üçgen, kare ve yamuk formları yapıya özgü bir görünüş sunmaktadır. Gölgeleme elemanı tasarımına özgü detaylar kanatların 180° dönüşüne, kendi içinde ve yanındaki kanatlar ile sorunsuz çalışmasına olanak tanımaktadır [Gerfen, 2010]. Şekil 4.47 b)'de cephede farklı açı ve formlardan oluşan gölgeleme elemanı sistemi görülmektedir [WEB-36, 2021].



Şekil 4.47: a) Gölgeleme elemanlarının hareket sistemine izin veren dikey kablo sistemine entegre kanatların, kendi içindeki ve yandaki kanatlar ile çalışma mekanizması, b) Cephede farklı açı ve formlardan oluşan gölgeleme elemanı sistemi.

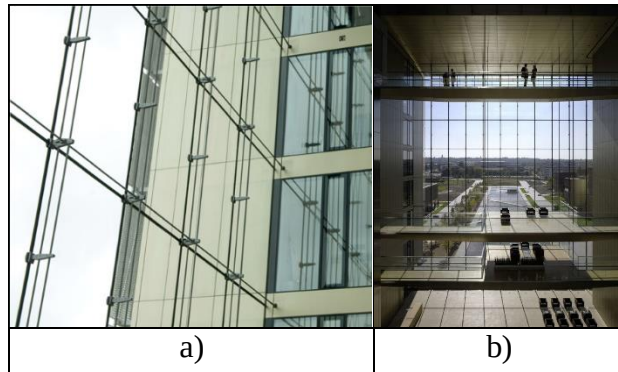
Gölgeleme sistemi, giydirme cepheye entegre edilmiş sabit-yatay ve hareketli-dikey elemanlardan oluşmaktadır. Hareketli gölgeleme elemanlarında bulunan dikey borular, sabit gölgeleme elemanları ile birleşmektedir ve aynı zamanda üçgen, kare ve yamuk formlu kanatları bağlamaktadır. Şekil 4.47 a)'da gölgeleme elemanlarının hareket sistemine izin veren dikey kablo sistemine entegre kanatların, kendi içindeki ve yandaki kanatlar ile çalışma mekanizması gösterilmektedir [Gerfen, 2010]. Sabit-yatay gölgeleme elemanları mini ışık rafı görevi görmektedir ve ışığı yansıtmaktadır. Hareketli-dikey gölgeleme elemanlarında ise kanatlardan geçen ışık iç mekâna yayılmaktadır [Gerfen, 2010]. Şekil 4.48'de sabit-yatay ve hareketli-dikey gölgeleme elemanı sistemi görülmektedir [WEB-36, 2021]. Bu özellikler doğal ışıktan yararlanmaya katkıda bulunmaktadır. İklim etkilerine göre adapte olabilen gölgeleme

elemanı tasarımı, mekanik iklimlendirme ihtiyacını azaltmakta ve ofis işlevini destekleyici iç ortam koşullarının oluşmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.48: Sabit-yatay ve hareketli-dikey gölgeleme elemanı sistemi.

Kuzey/güney yönlenmesinde şeffaf yüzeyleri elde etmek için dikey ve yatay öngermeli çelik halat cephe sistemi kullanılmıştır. Q1 Genel Merkezi Binası'nda, 25 m genişliğe ve 28 m yüksekliğe sahip çerçeve ve kanat çubukları bulunmayan cam cephe sistemi, kuzey/güney yönlenmesinde kesintisiz bir panoramik peyzaj görüntüsü sunmaktadır. [WEB-38, 2021]. Şekil 4.49 a)'da kuzey/güney yönlenmesindeki panoramik çelik halat cephe sistemi, Şekil 4.49 b)'de panoramik cephe sisteminin iç mekanda sunduğu kesintisiz görüş imkanı gösterilmektedir [WEB-36, 2021]. Malzeme ve yapım tekniğinin sunduğu yenilikçi özellikler tasarımda büyük açıklıkları naif cam yüzeyler ile geçmeye olanak tanımaktadır. Bu cephe sistemi yenilikçi özelliği dışında iç mekânın doğal ışık almasını sağlamaktadır. Atriumu aydınlatmak için kuzey/güneş şeffaf pencerelere ek olarak, kablo ağı ile desteklenen çatı pencereleri doğal ışığın içeriye girmesini sağlamaktadır [WEB-36, 2021].



Şekil 4.49: a) Kuzey/güney yönlenmesindeki panoramik çelik halat cephe sistemi, b) Panoramik cephe sisteminin iç mekanda sunduğu kesintisiz görüş imkanı.

- Doğal Havalandırma/ Doğal Aydınlatma/Gölgeleme Stratejileri

Hareketli gölgeleme elemanlarının güneş, rüzgâr, yağmur gibi iklimsel etkilere karşı adapte olabilen ve açılıp-kapanabilen motorlu sistem özelliği, bilgisayar sensörlü kontrol mekanizması ile sağlanmaktadır. Gölgeleme elemanları, şiddetli rüzgâra maruz kaldığında herhangi bir hasar almamak üzere tam kapalı konumdayken yapıyı bir kalkan gibi korumaktadır. Gölgeleme elemanlarının sağladığı iklim koşullarına uyum, doğal aydınlatma ve havalandırmadan yararlanma durumu ana belirleyici olmasına rağmen bu elemanların açık ve kapalıyken sergilediği görsel konfor müşterinin talepleri arasında yer almaktaydı. Bu nedenle gölgeleme elemanları tam kapalı olsa da iç-dış mekân ilişkisine olanak tanıyacak şekilde planlanmıştır [Gerfen, 2010]. Ek olarak tam kapalı durumdayken bile pencereler açılabilir ve bakım işlemleri gerektiğinde sorunsuz gerçekleştirilebilir. Ayrıca gölgeleme sisteminin binanın enerji tüketimini ve sera gazı emisyonunu azaltmaya katkıda bulunması sistemin en büyük avantajlarıdır [Andia and Spiegelhalter, 2015]. Gölgeleme elemanlarının yapısal özelliklerinde ise bir tarafı parlatılmakta iken diğer tarafı kumlanmaktadır. Bu özellik gün ışığı geldiğinde tam kapalı durumdayken bile ışığı yönlendirerek iç mekânın aydınlık olmasını sağlamaktadır [WEB-38, 2021].

Q1 binasındaki atrium, ofis çalışanları ve ziyaretçileri için dinlenme, çalışma mekânı olarak kullanılmakta ve yapının sosyal odağını oluşturmaktadır. Ek olarak, ısıtma ve soğutma için gerekli olan enerji miktarını azaltacak şekilde tasarım kurgusuna dâhil edilmiştir. Atriumda doğal havalandırma sağlamak için çatı pencereleri yapılmış ve bu sayede pasif iklimlendirmeye katkıda bulunulmuştur [Gerfen, 2010]. Tasarımda yenilenebilir enerji kullanımı ve hammadde kaynakların sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi talebi, yapının ısıtılmasında ve soğutulmasında yenilenebilir jeotermal enerji kullanımı ile sonuçlanmıştır.[WEB-37, 2021].

Tablo 4.16: Q1 Genel Merkez Binası incelemesi.

PROJE KÜNYESİ	Proje Adı: ThyssenKrupp Quarter; Q1 Genel Merkez Binası												
	Projenin Yılı: 2010					Mimarlık Ofisi: Chaix & Morel et Associés, JSWD Architecten							
	Konum: Essen, Almanya					İşlev/Fonksiyon: Ofis Yapısı							
	İklim: Ilıman Okyanus İklimi (Cfb)					Kat Sayısı: 14 (50 m)							
	Taşıyıcı Sistem: Betonarme Taşıyıcı Sistem					Alan: 153.500 m2 (genel arazi alanı)							
EKİP	Mimarsız Mimarlık		Disiplinler Arası İlişki			TEKNOLOJİ	Yerel Teknoloji Kullanımı						
	Mülk sahibi		Yerel yönetim/ Kullanıcı/Müşteri				✓	Bilgisayar Programı Kullanımı (Parametrik, Enerji Prog. vb.)			✓		
	Usta-Çıracak (yerel usta)		Biomimikri/ Çevre/ Enerji Uzmanı					Kinetik/ Dinamik/Akıllı Sistemler			✓		
	Mimar/Mühendis			✓			Yenilikçi Sistem Önerisi			✓			
	Diğer			✓			Düşük Teknoloji						
							Yüksek Teknoloji			✓			
KAYNAK KORUNUMU İLKESİ	MALZEMENİN KORUNUMU					SUYUN KORUNUMU							
	Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı					Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım Gri su kullanımı (tuvalet, peyzaj vb.)							
	Yenilikçi malzeme kullanımı				✓	Yağmur suyun toplanması/kullanılması				✓			
	Yerel malzeme kullanımı					Biyolojik arıtma sistemi							
	Uzun ömürlü malzeme kullanımı					İklimlendirmede su kullanımı				✓			
	Atık yönetimi				✓	İklimde uygun peyzaj kullanımı							
	Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı				✓	Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı							
	ENERJİNİN KORUNUMU												
ENERJİ ETKİN BİNAYA AİT PARAMETRELER	Yerleşme/ Topografya İlişkisi		Topografyaya uyum ve en az müdahale			✓	Mekan Organizasyonu	Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi					
			Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim			✓		İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi					
			İklimde (hâkim rüzgâr, güneş ışınlamı vb.) uygun arazi yerleşimi					Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar			✓		
								Avluya açılan mekânlar					
	Bina Yönlendişi		Kuzey/Güney				Bina Formu	Dairesel kompakt					
			Doğu/Batı					Kare/Dikdörtgen kompakt plan			✓		
			Bağımsız			✓		Serbest form					
	Doğal Havalandırma		Cephe açıklıkları			✓	Doğal Aydınlatma	Cephe açıklıkları			✓		
			Çatı açıklıkları			✓		Çatı açıklıkları			✓		
			Rüzgâr bacası/kepçesi					Işık rafı			✓		
			Atrium/avlu/teraz			✓		Atrium/avlu			✓		
			Diğer					Işık tüpü					
	Güneş Kontrolü		Dış	Sabit	Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.)			✓	Peyzaj Bitkilendirme	İç mekân bitkilendirme			✓
					Cephede girinti çıkıntı			✓		Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı			
			İç	Hareketli	Saçak/döşeme					Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı			
					Otomatik/dinamik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı			✓		Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi			
					İç mekandaki gölgeleme elemanı (jaluzi, panjur vb.)								
	Yapı Kabuğu		Cephe	Tek katmanlı			✓	Çatı	Düz Çatı			✓	
				Çift katmanlı			✓		Eğimli Çatı				
Cephe/Kabuk bitkilendirme kullanımı				Konik/Kubbe Çatı									
Yutucu, yansıtıcı, güneş etkisine uygun malzeme seçimi			✓	Diğer									
							Çatı Opak Yüzeyler			✓			
							Çatı Saydam Yüzeyler			✓			
AKTİF SİSTEMLER	Güneş Enerjisi		Fotovoltaik paneller				İKLİM FAKTÖRÜ	Güneş Faktörü			✓		
	Rüzgâr Enerjisi		Rüzgar türbini					Rüzgâr Faktörü			✓		
	Jeotermal Enerji		✓	Hidrolik Enerji					Sıcaklık Faktörü				
	Biyokütle E.			Hidrojen E.					Nem Faktörü				
	Dalga Enerjisi			HVAC				✓					

5. GELENEKSEL MİMARLIK ve BİYOMİMETİK TASARIM YAPI ÖRNEKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tezin bu bölümünde, geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımı ile gerçekleştirilen yapı örnekleri analiz edilmiştir. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının benzerliklerinin ve farklılıklarının belirlenmesi adına aynı iklim bölgesinden seçilen yapı örnekleri, başta enerji etkin yapı tasarım parametreleri ve sürdürülebilir mimarlık kaynak korunumu ilkeleri kapsamında değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımdan seçilen yapı örneklerinin bulunduğu iklim bölgeleri için çağdaş sürdürülebilir tasarım rehberi oluşturulmuştur.

5.1. Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Yapı Örneklerinin Köppen İklim Sınıfına Göre Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması

Farklı dönemler ve ihtiyaç doğrultusunda gelişim gösteren geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için iklim belirleyici bir parametre olmuştur. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin ulusal/uluslararası konumlarda uygulamalarının bulunması uluslararası geçerliğe sahip iklim sınıflandırılmasının kullanılmasını gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda ‘Köppen iklim sınıflandırılması’ ndan yararlanılmıştır. Yapı örnekleri Köppen iklim sınıflandırılmasına göre benzer ana ve alt iklim gruplarına sahip olacak şekilde seçilmiştir.

Tez çalışmasında geleneksel mimarlık örneklerinde bölgenin mimarisi genel olarak ele alınmaktadır. Geleneksel mimarlıkta sürdürülebilirlik bağlamında ele alınan örneklerin literatürdeki azlığı genel olarak iklim bölgesi özelinde seçilen konumlara ait (geleneksel Safranbolu evleri, geleneksel hicaz evleri vb.) konut fonksiyonuna yoğunlaşmaya neden olmuştur. Biyomimetik tasarım örneklerinde ise genellikle ofis binası, sanat merkezi, pavilyon fonksiyonları ağırlıklı olduğu için konut/yaşam alanı yapı örnekleri kısıtlı incelenmiştir. Bu doğrultuda iki mimarlık pratiğine ait incelenen yapı örneklerinin tipolojilerinde farklılıklar bulunmaktadır.

Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örnekleri, ortak paydada bulunduğu iklim faktörü dışında her iki mimarlık pratiğini etkileyen faktörler, ekip ilişkisi, yapı ölçeği/kat sayısı, doğa ilişkisi, teknoloji ilişkisi, taşıyıcı sistem, maliyet, malzemenin/suyun/enerjinin korunumu, yapının enerji kazanımını sağlayan stratejileri, yerleşme/topoğrafya ilişkisi, bina formu, bina yönlenmesi, mekan organizasyonu, peyzaj/bitkilendirme, yapı kabuğu ve malzeme, saydamlık dereceleri, aktif/pasif sistem ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi birçok kriter ışığında değerlendirilmiştir.

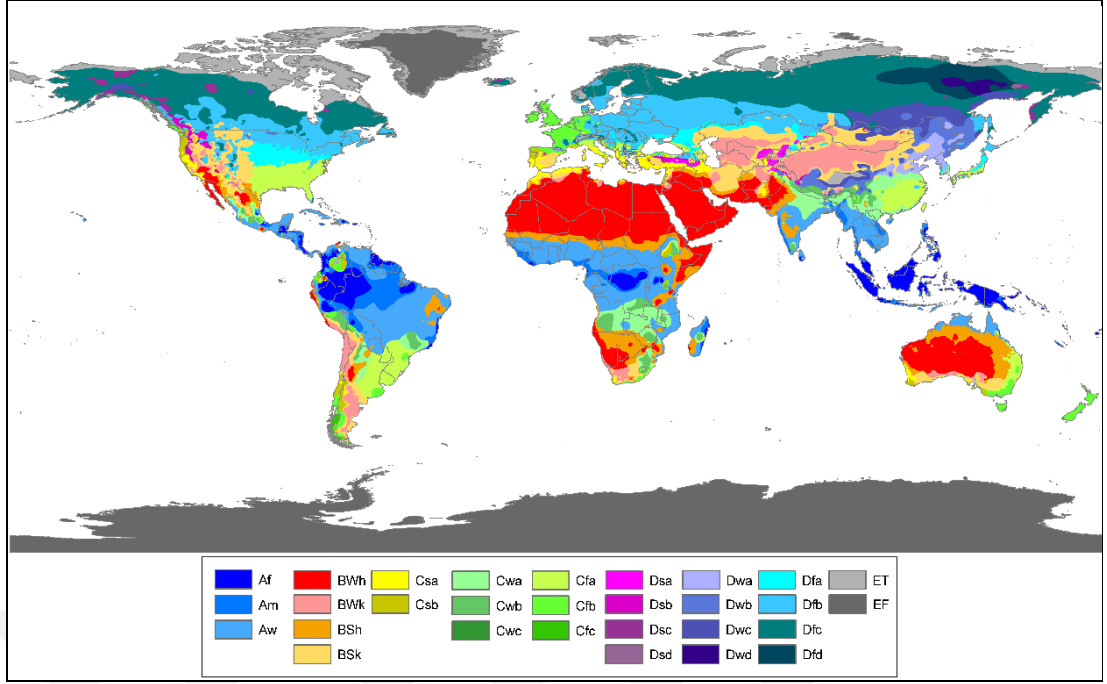
5.1.1. Köppen İklim Sınıflandırılması

Tez kapsamından belirlenen ulusal ve uluslararası örnek projelerin karşılaştırılmasında dünyaca kabul edilmiş ‘Köppen İklim Sınıflandırılması’ kullanılmıştır. Şekil 5.1’de dünyanın Köppen-Geiger iklim sınıflandırması görülmektedir [Peel et al., 2007].

Köppen iklim sınıflandırması; A, B, C, D ve E olmak üzere beş ana iklim grubu ve alt gruplarından oluşmaktadır. Aşağıda Köppen iklim sınıflandırılmasına göre beş ana iklim grubu ve alt grupları özetlenmiştir.

- A Grubu ‘Tropikal’ İklim (Af, Am, Aw)
- B Grubu ‘Kurak’ İklim (BWh, BWk, BSh, BSk)
- C Grubu ‘Ilıman’ İklim (Csa, Csb, Csc, Cfa, Cfb, Cfc, Cwa, Cwb, Cwc)
- D Grubu ‘Soğuk’ İklim (Dsa, Dsb, Dsc, Dsd, Dfa, Dfb, Dfc, Dfd, Dwa, Dwb, Dwc, Dwd)
- E Grubu ‘Kutup’ İklimi (ET, EF) [Peel et al., 2007].

Köppen iklim sınıflandırılması yukarıda belirtilen beş ana gruptan oluşmaktadır. Her gruba ait alt iklim sınıflarının belirlenmesinde ikinci harf yağış rejimini, üçüncü harf ise sıcaklık durumunu ifade etmektedir [T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016].



Şekil 5.1: Dünyanın Köppen-Geiger iklim sınıflandırması.

- A Grubu ‘Tropikal’ iklimde, yıllık sıcaklık 18°C ’nin altına düşmemektedir. Yıl boyunca sıcak olan bu iklimde yağış ve nem oldukça fazladır [WEB-39, 2021]. Kış mevsimi yoktur.
- B Grubu ‘Kurak’ iklimde, az yağış, düşük bağıl nem ve yüksek güneş radyasyonu görülmektedir [WEB-40, 2021].
- C Grubu ‘İlman’ iklimde, aşırı sıcak ve soğuk dönemler görülmemektedir [WEB-41, 2021]. En soğuk ayın ortalaması -3°C ile 18°C arasındadır. En sıcak ay ise 10°C ’den fazladır [Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 2017].
- D Grubu ‘Soğuk/Karasal/Kıtasal’ iklimde; kışlar soğuk ve karlı, yazlar sıcak ve kurak özellikler sergilemektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 10°C ’dir. Yaz/kış sıcaklık farkı fazladır [WEB-42, 2021].
- E Grubu ‘Kutup/Kutupsal’ iklimde; yaz mevsimi yoktur ve en sıcak ay 10°C ’nin altındadır [WEB-43, 2021].

5.1.2. Köppen İklim Sınıflandırılmasına Göre Örnek Projelerin Seçilmesi

Geleneksel mimarlık örnekleri, bölgeden bölgeye çeşitlilik göstermesi nedeniyle oldukça fazladır. Ancak geleneksel mimarlık uygulamaları, bazı bölgelerde günümüze

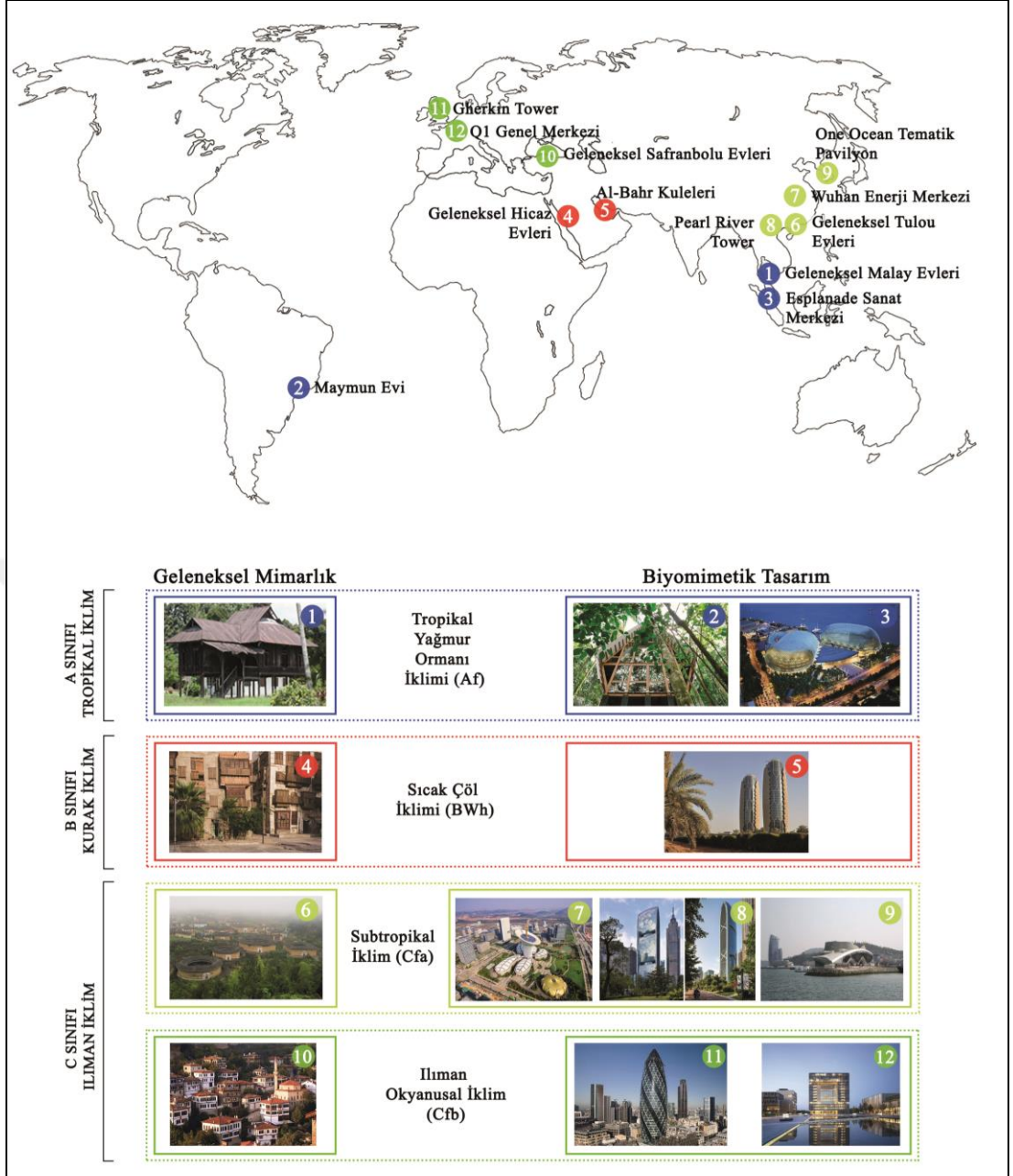
dek ulaşamamış ve terk edilmeye başlanmıştır. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ile geliştirilen yapı örnekleri ise oldukça sınırlıdır. Bu doğrultuda biyomimetik tasarım örneklerinin belirlenmesi ile geleneksel mimarlık örnekleri seçilmiştir. Farklı konumlarda ve dönemlerde inşa edilen örneklerin değerlendirilebilmesi için uluslararası kabulü olan Köppen iklim sınıfından yararlanılmıştır. Köppen iklim sınıfında yer alan 5 gruptan, örneklerin kısıtlılığı nedeniyle tropikal iklim (A), kurak iklim (B), ılıman iklim (C) grupları değerlendirmeye alınmıştır. A, B ve C gruplarından seçilen örnek projelerin ise kendi içinde de alt gruplarının benzer olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 5.2’de seçilen ulusal/uluslararası geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin Köppen iklim sınıflandırılmasına göre dünyaki dağılımı gösterilmektedir.

- A tropikal iklim grubunun Af tropikal yağmur ormanları alt iklimi,
- B kurak iklim grubunun BWh sıcak çöl alt iklimi,
- C ılıman iklim grubunun Cfa subtropikal ve Cfb ılıman okyanusal alt iklimleri,

geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin karşılaştırılabilmesi için seçilmiştir. Bu veriler ışığında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının benzerlikleri ve farklılıkları tespit edilmiştir.

Köppen iklim sınıfına göre seçilen iklim bölgelerinin sergilediği özelliklere bakıldığında:

- Tropikal yağmur ormanı ikliminde yaz ve kış mevsimleri bulunmamaktadır. Yıl boyunca sıcaklık ve yağış fazladır [WEB-44, 2021].
- Sıcak çöl iklimi yıl boyunca sıcak, kurak ve güneşlidir [WEB-45, 2021].
- Subtropikal iklimde yıllık ortalama sıcaklık 10 °C'nin üzerindedir. Mevsimler arası yağış farkı yoktur, her mevsim yağışlıdır [WEB-43, 2021].
- Ilıman okyanusal iklimde yazlar serin, kışlar ılıktır. Yıllık sıcaklık farkı azdır. Yıllık ortalama sıcaklık 10° C ile 15° C’dir. Her mevsim yağışlıdır ve bu durumdan ötürü güneşlenme azdır [WEB-41, 2021].



Şekil 5.2: Seçilen ulusal/uluslararası geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin köppen iklim sınıflandırılmasına göre dağılımı.

5.1.3. Tropikal Yağmur Ormanı İklimindeki Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Yapı Örneklerinin Değerlendirmesi

Tropikal yağmur ormanı ikliminden seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örnekleri değerlendirildiğinde;

Geleneksel Malay evleri; sosyal, ekonomik, dini vb. faktörler ile dönemin mevcut imkanları doğrultusunda gelişim göstermiştir. Geleneksel mimarlığın

bölgeden bölgeye değişen ve çeşitlenen yapısı, Malay evlerinde de görülmektedir. İklim ve doğa ilişkisi, bu evlerin şekillenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Malay mimarisi inşa edildiği çağın koşullarında esnek, prefabrik, çevreye saygılı ve düşük maliyetli çözümleri barındırmaktadır. Malay evleri; yapının yerden yükseltilmesi ile nem kontrolü, mekan organizasyonu ve havalandıran çatı uygulaması ile doğal havalandırma, geniş saçaklı eğimli çatı ile güneş kontrolü gibi birçok pasif tasarım stratejisine sahiptir.

Biyomimetik tasarım yapı örneklerinden Esplanade Sanat Merkezi projesinin tasarımında, bilgisayar teknolojilerinin kullanımı ve disiplinlerarası çalışma önemli rol oynamaktadır. Esplanade Sanat Merkezi ve Maymun Evi projesinde doğa ilişkisi, yerel ekoisteme ait canlı organizmaların özelliklerinin incelenmesi sonucunda yapı kabuğu, taşıyıcı sistem ve topografyaya adaptasyon gibi farklı alanlarda tasarıma çözüm sağlamıştır. Esplanade Sanat Merkezi projesi; bölgeye özgü peyzaj tasarımı, yapının ısınmasını önleyen ve güneş kontrolü sağlayan gölgeleme elemanı, su verimli ekipman kullanımı gibi sürdürülebilir ve enerji verimli stratejilere sahiptir. Maymun Evi projesinde ise, mekan organizasyonunun çapraz havalandırmayı desteklemesi, yapının yerden yükseltilmesi ile nem kontrolü, eğimli geniş saçaklı çatı ile güneş kontrolü gibi enerji tüketimini azaltacak pasif tasarım stratejiler uygulanmıştır.

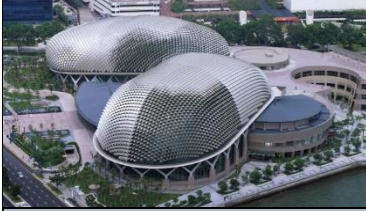
Maymun Evi projesinde, tasarımdan uygulama aşamasına kadar tüm süreçte bağlam, mimari ve doğa ilişkisi çerçevesinde kalınmıştır. Biyomimetik tasarım örneklerinde görülen yüksek teknolojinin baskınlığı ve disiplinlerarası sıkı ilişkinin bu projede geri planda kaldığı görülmektedir. Maymun Evi projesinde güçlü doğa işbirliği ve uyumu dışında geleneksel Guarani topluluğunun mimari kültürü tasarımda dikkate alınmıştır. Bu geleneksel bilgi birikimi tasarımda yol gösterici olmuştur. Bu doğrultuda küçük ölçekli Maymun Evi projesinde, biyomimetik tasarım ve geleneksel mimarlık ilişkisi sentezlenmiştir. Bu sentezlenme ve ilişki kurma durumu Esplanade Sanat Merkezi projesinin gölgeleme elemanı tasarımında ve taşıyıcı sistem kurgusunda da görülmektedir. Esplanade Sanat Merkezi gibi kompleks bir yapıda da geleneksel bilgi birikimi (Asya mimarisi) ve biyomimetik tasarım ilişkisi kurulmuştur.

Sürdürülebilir malzeme tercihlerinde Sanat merkezinin kompleks olmasının da etkisiyle Malay evi ve Maymun Evi'ne göre daha az dikkate alındığı görülmektedir. Sanat Merkezinin ölçeğinin ve fonksiyonunun getirdiği saydam oranların artması, yapının soğutma yüklerini arttıracak için yapı kabuğu çözümlerine ve yapı kabuğu

üzerinde kontrol elemanlarına dair düzenlemelere yoğunlaşmaya neden olmuştur. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ile geliştirilen Esplanade Sanat Merkezi'nde, bağımsız yönlenme söz konusuken uygulanan gölgeleme elemanlarının yönlenmesinde güneş yolu ve hareketi dikkate alınmıştır. Projede yönlenmedeki bağımsızlık, yapı kabuğu tasarımına yoğunlaşmaya neden olmuş ve tasarımda esneklik kazanmayı sağlamıştır. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ile inşa edilen Maymun Evi ve geleneksel mimarlık ürünü Malay evlerinin aynı iklim bölgesinde ve yapı ölçeğinde olmasının da etkisiyle benzer pasif tasarım stratejilere sahip olduğu görülmektedir.

Geleneksel mimarlığın ve çağdaş biyomimetik tasarımın sentezlenmesi ile enerji etkin, sürdürülebilir, iklim ve doğaya uyumlu yapıların inşa edileceği örnekler üzerinden görülmektedir. Bu durumun bilinçli bir tasarım anlayışına dönüştürülmesinin günümüz ve gelecek sürdürülebilir mimarlık anlayışına şekil vermeye katkıda bulunulacağı düşünülmektedir. Tablo 5.1'de tropikal yağmur ormanı ikliminde yer alan geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım proje örneklerine ait değerlendirilmesi görülmektedir. Bu değerlendirmelerin sonucunda Tablo 5.2'de tropikal yağmur ormanı iklimi için oluşturulan çağdaş sürdürülebilir mimari tasarım rehberi (geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımın sentezi) gösterilmektedir.

Tablo 5.1: Tropikal Yağmur Ormanı İkliminde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi.

A GRUP İKLİMİ		
TROPİKAL İKLİM/ TROPİKAL YAĞMUR ORMANI İKLİMİ (AF)		
BİOMİMETİK TASARIM		GELENEKSEL MİMARLIK
PROJE KÜNYESİ		
Esplanade Sanat Merkezi	Maymun Evi	Geleneksel Malay Evi
Proje Yılı: 1994-2002	Proje Yılı: 2020	Proje Yılı:-
Proje Konumu: Singapore	Proje Konumu: Paraty, Brezilya	Proje Konumu: Malezya
İşlev/Fonksiyon: Kompleks Sanat Merkezi	İşlev/Fonksiyon: Konut/Gözlem evi	İşlev/Fonksiyon: Konut
		
İKLİM FAKTÖRLERİ		
Güneş faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü
GELENEKSEL MİMARLIK VE ÇAĞDAŞ BİOMİMETİK TASARIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER		
Çağdaş+ Geleneksel mimarlık harmanı - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) - Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının birbiri ile harmanlanması - Çağın koşullarının ve imkanlarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.) - Bölgenin kültürel izlerinin mimariye aktarılması (Asya mimarisi felsefesi ve özellikleri)	Çağdaş + Geleneksel mimarlık harmanı - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (düşük+ yüksek teknoloji) - Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının birbiri ile harmanlanması - Çağın koşullarının ve imkanlarının mimariye yansması (pandemi vb.) - Bölgenin kültürel izlerinin mimariye aktarılması (Guarani toplumunun mimarisi ve el sanatları)	Geleneksel mimarlık - Yaşanabilir bir çevre oluşturma bilinci ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (düşük teknoloji) - İklim, doğa ve coğrafyanın iyi analiz edilmesi ve tasarımın bu doğrultuda geliştirilmesi - Sosyal, kültürel, ekonomik, dini etkilerin ve çağın koşullarının mimariye yansması
TASARIM ŞEKLİ/EKİP İLİŞKİSİ		
Disiplinlerarası ilişki Proje yarışma sonucunda geliştirilmiştir.	Mimar, yerel usta	Yerel usta, şaman, heykeltıraş, zanaatkar vb.
YAPI ÖLÇEĞİ/ KAT SAYISI		
4 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu	3 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu	2 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu
DOĞA İLİŞKİSİ		
Doğayı taklit etme (biomimikri/biomimetik tasarım)	Doğayı taklit etme (biomimikri/biomimetik tasarım)	Doğaya uyumlu

Tablo 5.1: Devam.

TEKNOLOJİ		
- Yüksek teknoloji kullanımı - Bilgisayar programı kullanımı - Kinetik/dinamik/akıllı sistemler	- Yerel teknoloji kullanımı - Düşük teknoloji - Yüksek teknoloji	- Yerel teknoloji kullanımı - Düşük teknoloji
TAŞIYICI SİSTEM		
Çelik taşıyıcı sistem	Beton sütunlar üzerine yükseltilmiş ahşap taşıyıcı sistem	Ahşap karkas taşıyıcı sistem
MALİYET		
600 milyon \$\$	×	Malay evleri, aile yaşantısına göre genişleyebilen yapısı ve yerel malzeme tercihleri sebebiyle ekonomiktir.
MALZEMENİN KORUNUMU (Yapının Malzeme Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)		
Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı	- Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı - Yerel malzeme kullanımı - Uzun ömürlü malzeme kullanımı - Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı	- Atık yönetimi - Yerel malzeme kullanımı - Uzun ömürlü malzeme kullanımı - Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı
SUYUN KORUNUMU (Yapının Su Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)		
- İklimlendirmede su kullanımı - İklim uygun peyzaj kullanımı - Su tasarrufu sağlayan ekipman kullanımı	- Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım - Biyolojik arıtma sistemi - İklim uygun peyzaj kullanımı	- Yağmur suyun toplanması/kullanılması - İklimlendirmede su kullanımı - İklim uygun peyzaj kullanımı
ENERJİ KORUNUMU (Yapının Enerji Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)		
Doğal havalandırma: Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Güneş Kontrolü: Saçak/döşeme Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Atrium/teras Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Atrium/avlu/teras Güneş Kontrolü: Saçak/döşeme	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Atrium/avlu/teras Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Güneş Kontrolü: Sabit güneş kırıcılar Saçak/döşeme Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı
Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Yapının iklim faktörleri doğrultusunda soğutma giderlerini azaltmak için yapılan kabuk tasarımı - Güneş yoluna göre tasarlanan farklı formlarda ve açılarda yerleştirilen foto sensörlü gölgeleme elemanları ile kaplanmış yapı kabuğu - Tasarım sonucunda %30 enerji kullanımı ve %55 yapay aydınlatma kullanımı azaltılmıştır [Radwan and Osama, 2016].	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Geniş saçaklı eğimli çatı ile iklim etkilerinden korunma - İç mekanda bölücü duvarların olmaması sayesinde kesintisiz hava sirkülasyonunun sağlanması ve yapının yanlarında bulunan teraslar ile çapraz havalandırmanın desteklenmesi - İklim faktörlerinden nem problemi doğrultusunda yapının yerden yükseltilmesi ile döşeme altı doğal havalandırmanın sağlanması - İklim koşullarına uygun yerel ve yeni malzeme seçimleri	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Geniş saçaklı eğimli çatı ile iklim etkilerinden korunma - İç mekanda bölücü duvarların olmaması sayesinde kesintisiz hava sirkülasyonu ve çapraz havalandırmanın desteklenmesi - İklim koşullarına uygun olarak yapının yerden yükseltilmesi ile döşeme altı doğal havalandırmanın sağlanması - Kamaşmayı engelleyen ve havalandırmayı destekleyen vücut seviyesindeki pencereler

Tablo 5.1: Devam.

• Durian meyvesinin tohumlarını dış etkenlerden koruyan dikenli sert kabuğu ve kutup ayısı kürkünün ışığa verdiği tepki projenin yapı kabuğuna ilham kaynağı olması • Çift katmanlı cephe uygulaması	• Euterpe Edulis palmyesinin köklerinin projenin taşıyıcı sisteminde ve topografyaya adaptasyonunda ilham kaynağı olması	• Ahşap kafes ve kepenk ile güneş kontrolü • Düşük termal kapasiteli iklim uygun malzeme kullanımı
YERLEŞME/ TOPOGRAFYA İLİŞKİSİ		
• İklim uygun arazi yerleşimi	• Topografyaya uyum ve en az müdahale • İklim uygun arazi yerleşimi	• Topografyaya uyum ve en az müdahale • Çevre binalar arası ilişkilerine göre yerleşim • İklim uygun arazi yerleşimi
BİNA FORMU		
Serbest form	Kare/dikdörtgen kompakt plan	Kare/dikdörtgen kompakt plan
BİNA YÖNLENİŞİ		
Bağımsız	×	Doğu-batı
MEKAN ORGANİZASYONU		
×	• Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi • İkincil mekânların tampon görevi göreceğ şekilde yerleştirilmesi	• Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi • İkincil mekânların tampon görevi göreceğ şekilde yerleştirilmesi
PEYZAJ/BİTKİLENDİRME		
• Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı • Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı	• Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı	• Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı • Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi
YAPI KABUĞU ve MALZEME		
Cephe: yalıtımlı cam kullanımı çelik-cam malzeme kullanımı Duvar:- Çatı: çelik uzay kafes sistemi üzerine alüminyum gölgeleme panelleri Döşeme:- Gölgeleme Elemanı: alüminyum gölgeleme sistemi	Cephe: ahşap-cam malzeme kullanımı Duvar: ahşap malzeme Çatı: eğimli ahşap çatı üzerine galvanüm kaplama Döşeme: ahşap malzeme Gölgeleme Elemanı: geniş saçaklı galvanüm kaplamalı saçak	Cephe: ahşap malzeme kullanımı Duvar: ahşap/bambu malzeme Çatı: eğimli ahşap çatı üzerine saz kaplama Döşeme: ahşap malzeme Gölgeleme Elemanı: ahşap kepek ve kafes sistemi
SAYDAMLIK DERECEŚİ		
Saydamlık oranı fazla %100	Saydamlık oranı fazla %60	Saydamlık oranı %40
AKTİF/PASİF SİSTEM ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI		
Aktif + pasif sistem	Aktif + pasif sistem Enerji üretme ve kullanma Hidrolik enerji	Pasif sistem

Tablo 5.2: Tropikal Yağmur Ormanı İklimi İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).

	ÇAĞDAŞ SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ (GELENEKSEL MİMARLIK ve BİYOMİMETİK TASARIMIN SENTEZİ)
	TROPİKAL İKLİM (Tropikal Yağmur Ormanı İklimi)
Arazi Yerleşimi (Yerleşme/ Topoğrafya İlişkisi/ Peyzaj/ Yönlenme)	- Arazi yerleşimi topoğrafyaya uyumlu, çevre yapılar ile kurduğu ilişkiyi dikkate alan ve iklim faktörlerine uygun yapılmalıdır. Arazi olanakları doğrultusunda doğaya ve çevreye minimum müdahale edecek bir yerleşim sağlanmalıdır. Peyzaj tasarımında, doğal havalandırmaya olanak tanıyan ve gölgeleme sağlayan yerel türlerin seçilmesine dikkate edilmelidir. Proje tasarımı doğrultusunda yeşil çatı ve çatı bahçesi uygulamaları yapılabilir. - Proje bölgesinin ve/veya yakın çevresinin doğal ekosisteminin analiz edilmesi ve taklit edilmesi ile tasarım problemlerine sürdürülebilir çözümler geliştirilebilir. - Arazinin sunduğu kısıtlamalar tasarımda iklim faktörlerine uygun yönlenebilir izin vermiyorsa veya tasarım bu şekilde gelişmiyorsa yapı kabuğu stratejileri ile yönlenebilir olumsuz etkileri önlenmeye çalışılmalıdır.
Yapı Formu	- Doğal havalandırmaya izin veren ve parlama kontrolü sağlayan geniş saçaklı eğimli çatı uygulaması iklim etkilerine uygun bir çözüm sunmaktadır. - Yapı ölçeğinin ve tasarımın uygunluğuna bağlı olarak yapının zemini yerden yükseltilebilir. Kompleks bir yapı tasarlandığında ise nemi uzaklaştıracak ve hava sirkülasyonuna izin verecek farklılaşan zemin kat stratejileri uygulanabilir.
Mekân Organizasyonu	- Projenin mekân organizasyonunda zamanla genişleyebilen, esnek, modüler bir kurgunun gerçekleştirilmesi çevresel, ekonomik ve sosyal fayda sağlamaya katkıda bulunmaktadır. Proje tasarımı bu doğrultuda geliştirilebilir. - Küçük ölçekli yapılarda veranda/teras sosyal bir alan sağlarken mekânlar arası çapraz havalandırmayı destekleyecek katkıda bulunmaktadır. Büyük ölçekli yapılarda da bu uygulama doğal havalandırmayı destekleyecek şekilde uyarlanabilir. - İklim faktörlerine uyum sağlanabilmesi için mekân organizasyonu ve pencere açıklıklarının doğal havalandırmayı destekleyecek şekilde planlanması gerekmektedir. Ana mekân kurgusunda mekânlar arası bölücülerin az ve karşılıklı cephelerdeki basınç farklılıklarına uygun pencere yerleşimi hava hareketini destekleyerek yapının soğutma yükünün azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu stratejiler uygulanarak proje geliştirilebilir. - Küçük ölçekli projelerde yaşam alanları cepheye ve güneşe göre yerleştirilmelidir. Büyük ölçekli projelerde fonksiyona bağlı olarak mekân organizasyonu değişkenlik ve esnek kullanım gösterebilir.
Cephe/ Yapı Kabuğu ve Malzeme	- Tropikal iklimde mimariye yön veren ana iklim faktörü nemdir. Bu doğrultuda havalandırma sağlayan çatı uygulaması ve/veya cephe açıklıklarının çapraz havalandırmayı destekleyecek şekilde konumlandırılması önem taşımaktadır. - Bilgisayar teknolojilerinin tasarımda kullanılması ile projenin yapı kabuğu vb. çözümleri için analiz ve testler yapılarak iklime en uygun çözümlerin (güneş yoluna uygun gölgeleme elemanı vb.) geliştirilmesi sağlanmalıdır. - Projenin ölçeği, maliyet ve teknolojik imkânı doğrultusunda dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanları kullanılarak güneş kontrolü sağlanabilir. Güneş kontrol elemanlarının kullanımı kamaşma ve yapının fazla ısınmasına çözüm sunmaktadır. Yapı kabuğu ve gölgeleme elemanlarının tasarımında dış çevre faktörleri karşısında doğadaki canlı organizmaların geliştirdiği stratejilerden ilham alınabilir. Ayrıca projenin yapılacağı bölgenin geleneksel mimarlık uygulamalarının analiz edilmesi tasarımda sürdürülebilir pasif tasarım stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. - Çatı, cephe, kabuk ve döşeme elemanlarında güneş ısıtım yansıtıcılığı yüksek yüzey malzemeleri tercih edilmelidir. Yapı kabuğu aracılığı ile hava geçişine izin veren, düşük termal kapasiteli yapı kabuğu bileşenleri ve malzemeleri kullanılmalıdır.
Malzeme ve Yapım Tekniği	- Ahşap, sıcak ve nemli iklim bölgesinde kullanılmak üzere nefes alan bir malzeme olduğu için uygundur. Bu doğrultuda ahşap malzeme; doğrama, döşeme, duvar, gölgeleme gibi yapı elemanlarında kullanılabilir. Ayrıca ahşap taşıyıcı sistem iklim özelliklerine uygun bir çözüm sunmaktadır. Projenin ölçeğine ve karmaşıklığına bağlı olarak farklı malzemeler de tercih edilebilir. - Malzemelerin yakın çevreden temin edilmesi ve tüm yaşam döngüsü boyunca oluşan enerji tüketimi de düşünülmesi gereken bir konudur. Malzemelerin çevresel etkilerini büyük projelerde azaltmak için geri dönüştürülebilir, yeniden kullanılabilir ve uzun ömürlü malzeme tercihlerinde bulunulmalıdır. İşlevini kaybetmiş yapı ve/veya yapı dışı malzemelerin tasarıma dahil edilmesine de çalışılmalıdır.

Tablo 5.2: Devam.

Diğer	• Proje bölgesinin potansiyelleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanması ve bu doğrultuda tasarıma entegre edilmesi sağlanmalıdır. • Projede su verimli ekipman, su arıtma sistemi kullanımı ve bölgeye özgü peyzaj tasarımı gibi stratejilerin uygulanması su kullanımının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.
--------------	---

5.1.4. Sıcak Çöl İklimine Sahip Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirmesi

Sıcak çöl ikliminden seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım örnekleri değerlendirildiğinde;

Geleneksel Hicaz evleri; bölgenin sahip olduğu dini, ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri doğrultusunda gelişmiştir. İklimin zorlu etkileri karşısında Hicaz evlerinde enerji etkin pasif tasarım stratejileri gelişim göstermiştir. Hicaz evleri; cephelerinde ısı kazanımını ve güneş kontrolünü sağlayan Roshan uygulaması, bitişik nizamlı çok katlı yapılaşma, yerel malzeme kullanımı gibi birçok enerji etkin çözümü barındırmaktadır. Cephede kullanılan ‘Roshan’ olarak da adlandırılan ahşap cumbalar iklim etkiler karşısında koruma sağlamanın yanı sıra bölgenin kimliğinin ve özgünlüğünün oluşmasında önemli bir role sahiptir. Ayrıca Hicaz evlerinde geleneksel mimarlıkta görülen yerel malzeme kullanımı dışında ithal malzemelerde kullanılmıştır.

Biyomimetik tasarım örneği Al-Bahr Kuleleri’ne bakıldığında, kurak çöl iklim bölgesinde saydam yüzeylerinin fazlalığı ve yapı ölçeği ile Hicaz geleneksel mimarisinden farklılaşmaktadır. Al-Bahr Kuleleri; çift katmanlı cephe ile yapının fazla ısınmasının önlenmesi, iklime uygun cam malzeme tercihi, hareketli gölgeleme elemanları ile güneş kontrolü gibi enerji tüketimini azaltacak stratejilere sahiptir. Ofis fonksiyonunun etkisiyle artan saydam yüzeylerin olumsuz etkilerini azaltmak için yapı kabuğu çözümlerine yoğunlaşmıştır. Tasarımda saydam yüzeylerin çokluğu ve iklimin zorlayıcı etkisiyle oluşabilecek problemleri çözmede, doğa referanslarına ve geleneksel gölgeleme elemanı ‘Mashrabiya’ konseptine başvurulmuştur. Al-Bahr Kulesi projesinin gölgeleme elemanı tasarımında doğadan ilham alınmıştır. Doğanın bilgi birikiminin tasarıma aktarılmasında disiplinlerarası ilişki ve bilgisayar teknolojilerinin sunduğu imkanlar projenin gelişmesini sağlamıştır. Ayrıca yapım ve malzeme teknolojisinde gelişen imkanlar projeye yön vermiştir. Çok katlı yapı bu doğrultuda çelik ve betonarma taşıyıcı sistem ile inşa edilmiştir. Al- Bahr Kuleleri’nde

de görülmekte olan teknolojinin mimari ile ilişkisinin olumlu bir etkisi, yapıda uygulanacak sistemlerin (gölgeleme elemanı, cephe paneli, taşıyıcı sistem vb.) önceden test edilmesi sağlayarak kontrol imkanı tanınmasıdır.

Al-Bahr Kuleleri ve geleneksel Hicaz evleri aynı coğrafyada farklı dönemlerde gelişim gösteren iki mimarlık pratiğine ait yapı örneğidir. Al-Bahr Kuleleri'nin gölgeleme elemanı tasarımında nilüfer çiçeğin açılıp kapanma özelliğinin sergilediği davranış taklit edilmiştir. Ayrıca Ortadoğu geleneksel mimarisinin 'Mashrabiya' konsepti, iklim faktörleri doğrultusunda tasarımda yararlanılacak bir kaynak sunmaktadır. Bu doğrultuda hem doğa hemde geleneksel öğretiler tasarıma yön vermiştir. Kinetik gölgeleme elemanları, yapı tasarımında esneklik sağlamak ve geleneksel mimarlıktaki sabit gölgeleme elemanlarının kısıtlayıcı etkilerini ortadan kaldırmaktadır. Geleneksel Hicaz evleri ve Al-Bahr Kuleleri, malzeme tercihleri bakımından farklılaşmaktadır. Sürdürülebilir malzeme tercihleri bakımından Maly evleri, Al-Bahr Kulelerine göre yüksek potansiyel sunmaktadır. Al-Bahr Kulelerinde sürdürülebilirliğine malzeme tercihlerine büyük oranda yoğunlaşmadığı görülmektedir.

Al-Bahr Kuleleri'nde bağımsız yönlenme söz konusudur. Ancak gölgeleme elemanları güneş yolu ve hareketine göre maksimum verim alınacak şekilde batı, doğu ve güney cephesinde uygulanmıştır. Yapı formunun bağımsız olması, gölgeleme elemanlarının iklim faktörlerine cevap oluşturmasını gerekli kılmıştır. Al-Bahr Kuleleri'nde doğa birlikteliğinin geleneksel mimarlığın sunduğu sürdürülebilir stratejiler ile sentezlenebileceği görülmektedir. Bu durum, biyomimetik tasarım yapı örneklerinin gelişiminde geleneksel mimarlıktan destek alınabileceğini göstermektedir. Al-Bahr projesinde bu doğrultuda geleneksel mimarlık öğretilerine başvurulmuştur ancak sadece geleneksel mimarlıktan gölgeleme elemanı konseptinin ilham alınmasının yeterli olmadığı düşünülmektedir. Malzeme tercihleri, gölgeleme panellerinin hareketinin getirdiği enerji tüketimi, iklim faktörlerine göre saydam yüzeylerin oldukça fazla olması ile artan mekanik sistem ihtiyacı gibi noktalarda projede eksiklikler tespit edilmiştir. Tablo 5.3'de sıcak çöl ikliminde yer alan geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım proje örneklerinin değerlendirilmesi görülmektedir. Bu değerlendirmelerin sonucunda Tablo 5.4'de sıcak çöl iklimi için oluşturulan çağdaş sürdürülebilir mimari tasarım rehberi (geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımın sentezi) gösterilmektedir.

Tablo 5.3: Sıcak Çöl İkliminde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi.

B GRUP İKLİMİ	
KURAK İKLİM/ SICAK ÇÖL İKLİMİ (BWh)	
BIOMİMETİK TASARIM	GELENEKSEL MİMARLIK
PROJE KÜNYESİ	
Al-Bahar Kulesi	Geleneksel Hicaz Evi
Proje Yılı: 2009-2013	Proje Yılı: -
Proje Konumu: Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri	Proje Konumu: Hicaz Bölgesi, Suudi Arabistan
İşlev/Fonksiyon: Ofis Yapısı	İşlev/Fonksiyon: Konut
	
İKLİM FAKTÖRLERİ	
Güneş faktörü Sıcaklık faktörü	Güneş faktörü Rüzgar faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü
GELENEKSEL MİMARLIK VE ÇAĞDAŞ BIOMİMETİK TASARIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	
Çağdaş+ Geleneksel mimarlık harmanı • Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi • Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) • Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması • Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının birbiri ile harmanlanması • Çağın koşullarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.) • Bölgenin kültürel izlerinin mimariye aktarılması (Ortadoğu mimarisinin gölgeleme elemanı 'Mashrabiya' konsepti)	Geleneksel mimarlık • Yaşanabilir bir çevre oluşturma bilinci ile hareket edilmesi • Teknolojik etkiler (düşük teknoloji) • İklim, doğa ve coğrafyanın iyi analiz edilmesi ve tasarımın bu doğrultuda geliştirilmesi • Sosyal, kültürel, ekonomik, dini etkilerin ve çağın koşullarının mimariye yansması
TASARIM ŞEKLİ/EKİP İLİŞKİSİ	
Disiplinlerarası ilişki Proje yarışma sonucunda geliştirilmiştir.	Mimarsız mimarlık
YAPI ÖLÇEĞİ/ KAT SAYISI	
26 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu değil ancak ihtiyaçlar dahilinde bu duruma yönelinmiştir.	3-5 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu, pasif iklimlendirmeye uygun koşulların sağlanması için kat aralığı bu düzeyde tutulmuştur.
DOĞA İLİŞKİSİ	
Doğayı taklit etme (biomimikri/biomimetik tasarım)	Doğaya uyumlu
TEKNOLOJİ	
• Yüksek teknoloji kullanımı • Bilgisayar programı kullanımı • Kinetik/ dinamik/akıllı sistemler	• Yerel teknoloji kullanımı • Düşük teknoloji
TAŞIYICI SİSTEM	
Çelik+Betonarma karma taşıyıcı sistem	Yığma taş taşıyıcı sistem
MALİYET	
390 milyon €	Evlerde kullanılan malzemelerin ithal edilmesi maliyeti arttırmaktadır.

Tablo 5.3: Devam.

MALZEMENİN KORUNUMU (Yapının Malzeme Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)	
• Yenilikçi malzeme kullanımı • Atık yönetimi	• Yerel malzeme kullanımı • Uzun ömürlü malzeme kullanımı
SUYUN KORUNUMU (Yapının Su Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)	
×	Yağmur suyun toplanması/kullanılması
ENERJİ KORUNUMU (Yapının Enerji Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)	
Doğal havalandırma: Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Güneş Kontrolü: Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Rüzgâr bacası/kepçesi Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Güneş Kontrolü: Sabit güneş kırıcılar (kafes sistem vb.) Cephede girinti çıkıntı Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı
Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri • Saydam yüzeylerin çokluğu nedeniyle yapının soğutma yükünü azaltmak için yapılan kabuk tasarımı • Güneşin hareketine göre doğu, batı ve güney cephesine uygulanan kinetik gölgeleme elemanı tasarımı • Çift katmanlı cephe uygulaması • Nilüfer çiçeğinin güneşin hareketine ve ışığa verdiği tepki projenin gölgeleme elemanına/cephesine ilham kaynağı olması • Kinetik cephenin ısı kazanımı ve güneş kontrolü sağlaması ile iç mekanda uygun termal konforunun oluşturulması • Dinamik/otomatik gölgeleme elemanlarının esnekliğini sağlayan PTFE (teflon) kaplı cam elyaf malzeme kullanımı • Yenilikçi cephe sistemi; yapı için %20, ofis alanları için %50 enerji tasarrufunu sağlamaktadır [Karanouh and Kerber, 2015]. • Gölgeleme elemanlarının geometrisi ve mekanizması, güneş hareketine yanıt oluşturarak güneş enerji kazanımını %50'ye kadar azaltmaktadır [WEB 20, 2021].	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri • Güneşin radyasyonunun olumsuz etkisinden koruma sağlamak için gölgeleme sağlayan çok katlı yerleşim düzeni • Cidde'de çok cepheli, Mekke ve Medine'de az cepheli bitişik nizam uygulaması ile iklim etkilerine uyum sağlama • İklim uygun malzeme kullanımı • Kuzey ve güneye yerleştirilen 'Roshan' ve 'Mashrabiya' ile güneş kontrollü doğal ışığın alınması, çapraz havalandırmanın desteklenmesi ve yapının ısı kazanımının azaltılmasının sağlanması
YERLEŞME/ TOPOGRAFYA İLİŞKİSİ	
×	• Çevre binalar arası (mesafe, yükseklik vb.) ilişkilerine göre yerleşim • İklim (hâkim rüzgâr, güneş ışıınımı vb.) uygun arazi yerleşimi
BİNA FORMU	
Dairesel kompakt	Kare/dikdörtgen kompakt plan
BİNA YÖNLENİŞİ	
Bağımsız	×
MEKAN ORGANİZASYONU	
• Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi • Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar	• Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi • İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi
PEYZAJ/BİTKİLENDİRME	
×	×

Tablo 5.3: Devam.

YAPI KABUĞU ve MALZEME	
Cephe: fritleme işlemi uygulanmış cam kullanımı çelik-cam malzeme kullanımı alüminyum giydirme cephe Duvar:- Çatı: çelik-cam malzeme kullanımı Döşeme: kompozit Gölgeleme Elemanı: PTFE ve fibreglass içerikli yarı saydam malzeme + paslanmaz çelik destek bileşenleri	Cephe: ahşap-taş malzeme kullanımı Duvar: taş taşıyıcı duvar Çatı: - Döşeme: - Gölgeleme Elemanı: ahşap kepek ve kafes sistemi
SAYDAMLIK DERECEŚİ	
Saydırlık oranı fazla %100	Saydırlık oranı az %20
AKTİF/PASİF SİSTEM ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI	
Aktif sistem	Pasif sistem

Tablo 5.4: Sıcak Çöl İklimi İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).

	ÇAĞDAŞ SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ (GELENEKSEL MİMARLIK ve BİYOMİMETİK TASARIMIN SENTEZİ)
	KURAK İKLİM (Sıcak Çöl İklimi)
Arazi Yerleşimi (Yerleşme/ Topoğrafya İlişkisi/ Peyzaj/ Yönlendirme)	• Kurak iklimin zorlayıcı etkilerinin önlenmesi için arazi yerleşimi ölçeğinde çevre yapılaşmanın etkisinin dikkate alınması yapının enerji ihtiyacını azaltmaya katkıda bulunmayı sağlayacaktır. Bu doğrultuda güneşin olumsuz etkisini önlemek için yerleşim düzeninde gölge sağlayacak çok katlı yapılaşmaya gidilebilir. • Proje bölgesinin benzer iklim koşullarına ya da kendi habitatının zorlu koşullarına adaptasyon sağlayan doğadaki canlıların geliştirdiği stratejiler (nilüfer çiçeğinin iklim faktörleri karşısında açılıp kapanma hareketi gibi) tasarım için bir kaynak sunmaktadır. Bu durum proje bölgesine özel tasarım problemlerine sürdürülebilir, enerji verimli ve özgün çözümler oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. • Geleneksel mimarlıkta güneş radyasyonunun olumsuz etkilerinden korunmak için gölgeleme sağlayacak yerleşim düzeni uygulanmaktadır. Sıcak kuru iklimde, güneş radyasyonundan ve rüzgardan koruma amaçlanmalı bu doğrultuda bitişik nizamlı ve gölge sağlayacak dar sokaklı yerleşim düzenine gidilmelidir.
Yapı Formu	• Sıcak kuru iklimde ısı kazancını azaltan avlulu kompakt formlar tercih edilebilir. • Geniş saçaklı eğimli veya gölgelendirilmiş teras çatı uygulamaları yapılabilir. • Pencere boşuklarının önüne güneş kontrolü sağlayan elemanların kullanımı (cumba, roshan vb.) yapının fazla ısınmasının önlenmesine katkı sağlamaktadır.
Mekân Organizasyonu	• Arazi kullanım esnekliğine bağlı olarak avlulu bahçe düzeni ya da sınırlamalar olması durumunda teras çatı uygulaması yapılabilir. • Sıcak-kuru iklim etkileri karşısında yaz ve kış kullanılan mekanlar ayrılabilir.
Cephe/ Yapı Kabuğu ve Malzeme	• Sıcak kuru iklimde mimariye yön veren ana iklim faktörleri sıcaklık ve güneş radyasyonudur. Bu doğrultuda cephede az ve küçük pencere uygulamalarına gidilmeli ve cephede saydam yüzeyler azaltılmalıdır. Kurak iklim etkileri doğrultusunda yapının sıcak dönemde ısı kazanımını azaltmak ve güneşin olumsuz etkisinin önlenmesi amaçlanmalıdır. Saydam yüzeyler fazla ısı kazanımını önlemek ve soğutma yükünün azaltılması için çift katmanlı cephe uygulaması yapılabilir. Ayrıca güneş kontrolü sağlayan cam malzeme tercihlerinde bulunulabilir. • Bilgisayar teknolojilerinin kullanımı projeye özgü detayların oluşturulmasını, kontrollerin yapılmasını (gölgeleme elemanı küçük ve tam ölçekli modellerinin yapılması gibi) ve iklime en uygun tasarımın geliştirilmesini sağlamaktadır. • Yazın güneşin olumsuz etkisinden koruma sağlamak için dinamik/otomatik/sabit/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanları kullanılmalıdır. ısı kazanımının önlenmesi ve doğal ışığın kontrollü alınması için cephede geleneksel cumba ve mashrabiyanın modernize edildiği tasarım uygulamaları yapılabilir. Gölgeleme elemanı tasarımı, yapının soğutma giderlerinin azaltmaya katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda doğadaki bitkilerin ve organizmaların dış çevre koşulları karşısında verdiği tepki ve hareket mekanizması gölgeleme elemanı sistemlerine esin kaynağı olabilir. Ayrıca proje bölgesinin iklim faktörleri doğrultusunda geliştirdiği geleneksel mimari öğretileri (sıcak iklim için ‘Mashrabiya’ gölgeleme elemanı tasarımı vb.) projeye özgü bir kaynak sunabilir. • Zorlu iklim koşullarına cevap veren kinetik cephe uygulaması ısı, ışık kontrolü ve yapının soğutulması için gerekli mekanik sistem ihtiyacının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Proje tasarımında disiplinlerarası ilişki, yüksek teknoloji ve maliyet imkanı doğrultusunda kinetik cephe uygulamalarına başvurulabilir.
Malzeme ve Yapım Tekniği	• İklim etkileri doğrultusunda ısı depolama kapasitesi yüksek malzemeler tercih edilmelidir. Sıcak kuru iklimde gündüz ve gece sıcaklık farklarının fazla olması bu doğrultuda yüksek termal kütle etkisine sahip malzeme tercihleri ile iç mekan ısı değişiminin dengelenmesi sağlanabilir. • Kullanılan malzemelerin yaşam döngüsü boyunca harcadığı enerji miktarına ve iklim etkilerine uygunluğu dikkate alınmalıdır. Geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir malzeme tercihlerinde bulunulmalıdır. Tasarım ve projenin gereklilikleri doğrultusunda yenilikçi malzemeler tercih edilebilir (gölgeleme elemanının kapalı durumdayken görsel konforu kesintiye uğratmaması için seçilen saydamlık ve esneklik sağlayan cam elyaf kaplı malzeme vb.) ancak bu malzemenin çevresel etkileri düşünülmelidir.
Diğer	• Proje bölgesinin potansiyelleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması ve bu doğrultuda tasarıma entegre edilmesi sağlanmalıdır.

5.1.5. Subtropikal İklimine Sahip Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirmesi

Subtropikal iklimden seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım örnekleri değerlendirildiğinde;

Geleneksel Tulou Evleri; toplumun dini, kültürel, ekonomik, siyasal etkileri doğrultusunda gelişmiştir. Bu evler kare/dairesel avlulu yapı formuna sahiptir ancak bazı bölgelerde avlu kullanımında farklılıklar görülmektedir. Bu durum geleneksel mimarlığın aynı iklim koşullarında barındırdığı toplumsal farklılıkların mimariye yansımaları ifade etmektedir. Tulou evleri iklime ve doğaya uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu evler avlulu mekan organizasyonu ve havalandıran çatı uygulaması ile doğal havalandırma, geniş saçaklı çatı ile güneş kontrolü, termal düzenleyici olarak çalışan toprak malzeme kullanımı ile iç mekan iklimlendirmesinin dengelenmesi, avlulu mekan organizasyonu doğrultusunda iç ve dış cephelerde pencere düzeninde farklılaşmalar gibi birçok pasif tasarım stratejisini barındırmaktadır.

Biyomimetik tasarım yapı örneklerine bakıldığında tasarımcı, müşteri ve farklı disiplinler arasındaki çevresel farkındalık oluşturma bilinci ile tasarıma başlandığı görülmektedir. Wuhan Energy Flower projesinde form ve enerji üretiminde/kullanımında, One Ocean Thematic Pavilyon projesinde cephe/gölgeleme elemanında, Pearl River Kulesi projesinde yapı formu ve cephesinde doğadaki canlı organizmaların özelliklerinden ilham alınmıştır. Bu projelerde doğa ve mimari ilişkisinin kurulması enerji verimli tasarım çözümlerinin geliştirilmesinde yol gösterici olmuştur.

Wuhan Energy Flower ve Pearl River Kulesi projeleri gibi çok katlı yapılarda, çelik ve/veya betonarme malzeme kullanımına yoğunlaşıldığı görülmektedir. One Ocean Pavilyon projesinde ise çelik ve/veya betonarme malzemelerin sunduğu esneklik tasarımı şekillendirmiştir. Biyomimetik tasarım örneklerinde teknoloji faktörü, tasarım ve uygulama aşamasında özgün detayların oluşmasını ve oluşabilecek problemlerin önceden fark edilmesini sağlamıştır. Teknolojik faktörler ve disiplinlerarası işbirliği doğanın detaylı analiz edilmesine ve tasarıma aktarılmasına olanak tanıyarak enerji verimli ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesini de desteklemiştir. Wuhan Energy Flower Binası; güney cephesine gölge sağlayan form tasarımı, baca etkisi ile doğal havalandırma, Pv panel ve dikey eksenli rüzgar türbini kullanımı ile enerji üretimi, ışık tüpü ile gün ışığından yararlanma gibi birçok

sürdürülebilir çözüme sahiptir. Pear River Kulesi projesi; rüzgarı yapı içine alan formu ve cephesi, gölgelendirme elemanlarındaki Pv panel uygulaması ve dikey eksenli rüzgar türbini ile enerji üretimi, yağmur suyunun toplanması ve kullanımı gibi birçok sürdürülebilir stratejiyi barındırmaktadır. One Ocean Pavilyon projesi ise yeşil çatı uygulaması, yenilenebilir okyanus enerjisi ile entegreli soğutma sistemi, doğal havalandırmaya izin veren ve güneş kontrolü sağlayan kinetik cephe tasarımı gibi birçok yenilikçi sürdürülebilir çözüme sahiptir.

One Ocean Pavilyon projesinde yenilikçi malzeme (cephe panellerine hareket esnekliği veren cam elyaf takviyeli polimer malzeme vb.) kullanımı görülürken Tulou evlerinde çevresel etkileri düşük, yerel ve geri dönüştürülebilir malzemeler kullanılmıştır. Ofis fonksiyonuna sahip biyomimetik tasarım örneklerinde saydam yüzeylerin fazla olması enerji etkin tasarım stratejilerinden yapı kabuğu uygulamalarına yoğunlaşmaya neden olmuştur. Geleneksel Tulo evlerinde ise dışa açılan cephedeki pencere sayısı az ve küçükken iken avluya bakan yaşam alanları cephesinde pencere oranları artmaktadır. Bu doğrultuda iklim faktörlerine karşı koruma sağlayan bir cephe tasarımı yapıldığı görülmektedir.

Biyomimetik tasarım ve geleneksel mimarlık yapı örneklerinin iklime uygun stratejiler geliştirdiği, sürdürülebilir mimarlık stratejilerini dikkate aldığı ve doğayı tasarımları şekillendirmede ana belirleyici unsur haline getirdikleri görülmektedir. Tablo 5.5’de subtropikal iklimde yer alan geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım proje örneklerinin değerlendirilmesi görülmektedir. Bu değerlendirmelerin sonucunda Tablo 5.6’da subtropikal iklim için oluşturulan çağdaş sürdürülebilir mimari tasarım rehberi (geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımın sentezi) gösterilmektedir.

Tablo 5.5: Subtropikal İklimde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi.

C GRUP İKLİMİ			
ILIMAN İKLİM/ SUBTROPİKAL İKLİM (Cfa)			
BİOMİMETİK TASARIM			GELENEKSEL MİMARLIK
PROJE KÜNYESİ			
Wuhan Energy Flower Binası	One Ocean Thematic Pavilyon	Pearl River Kulesi	Geleneksel Tulou Toplu Konutu
Proje Yılı: 2010-2013	Proje Yılı: 2010-2012	Proje Yılı: 2005- 2010	Proje Yılı: 12. ve 20.yy
Proje Konumu: Wuhan, Çin	Proje Konumu: Yeosu-si, Jeollanam do, South Korea	Proje Konumu: Guangzhou, Çin	Proje Konumu: Fujian, Çin
İşlev/Fonksiyon: Ofis yapısı	İşlev/Fonksiyon: Pavilion/fuar binası	İşlev/Fonksiyon: Ofis yapısı	İşlev/Fonksiyon: Toplu konut/savunma
			
İKLİM FAKTÖRLERİ			
Güneş faktörü Rüzgâr faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü Sıcaklık faktörü Nem faktörü
GELENEKSEL MİMARLIK VE ÇAĞDAŞ BİOMİMETİK TASARIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER			
Çağdaş mimarlık - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) - Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Çağın koşullarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.)	Çağdaş mimarlık - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi (fuar konsepti ile yola çıkılması) - Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) - Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Çağın koşullarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.)	Çağdaş mimarlık - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) - Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Çağın koşullarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.)	Geleneksel mimarlık - Yaşanabilir bir çevre oluşturma bilinci ile hareket edilmesi (iklime ve dış tehlikelerden korunmak için geliştirilen avlulu düzen gibi) - Teknolojik etkiler (düşük teknoloji) - İklim, doğa ve coğrafyanın iyi analiz edilmesi ve tasarımın bu doğrultuda geliştirilmesi - Sosyo kültürel, ekonomik, dini etkilerin ve çağın koşullarının mimariye yansması
TASARIM ŞEKLİ/EKİP İLİŞKİSİ			
Disiplinlerarası ilişki Proje yarışma sonucunda geliştirilmiştir.	Disiplinlerarası ilişki Proje yarışma sonucunda geliştirilmiştir.	Disiplinlerarası ilişki Proje yarışma sonucunda geliştirilmiştir.	Mimarsız mimarlık/yerel halk/ fengshui ustası
YAPI ÖLÇEĞİ/ KAT SAYISI			
19 katlı / kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu değil ancak ihtiyaçlar dahilinde bu duruma yönelinmiştir.	2 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu	71 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu değil ancak ihtiyaçlar dahilinde bu duruma yönelinmiştir.	3-5 katlı/ 2-3 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu
DOĞA İLİŞKİSİ			
Doğayı taklit etme	Doğayı taklit etme	Doğayı taklit etme	Doğaya uyumlu

Tablo 5.5: Devam.

TEKNOLOJİ			
- Yüksek teknoloji kullanımı - Bilgisayar programı kullanımı - Kinetik/ dinamik/akıllı sistemler	- Yüksek teknoloji kullanımı - Bilgisayar programı kullanımı - Kinetik/ dinamik/akıllı sistemler	- Yüksek teknoloji kullanımı - Bilgisayar programı kullanımı - Kinetik/ dinamik/akıllı sistemler	- Y erel teknoloji kullanımı - Düşük teknoloji
TAŞIYICI SİSTEM			
Çelik taşıyıcı sistem	Betonarme taşıyıcı sistem	Çelik + betonarme karma sistem	Toprak kagir taşıyıcı sistem
MALİYET			
×	×	×	×
MALZEMENİN KORUNUMU (Yapının Malzeme Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)			
×	Yenilikçi malzeme kullanımı	×	- Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı - Yerel malzeme kullanımı - Uzun ömürlü malzeme kullanımı - Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı
SUYUN KORUNUMU (Yapının Su Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)			
- Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım - Yağmur suyun toplanması/kullanılması	İklima uygun peyzaj kullanım	Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım	×
ENERJİ KORUNUMU (Yapının Enerji Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)			
Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Diğer Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Işık tüpü Güneş Kontrolü: Saçak/döşeme	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Güneş Kontrolü: Cephede girinti çıkıntı Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Güneş Kontrolü: Sabit güneş kırıcılar İç mekandaki gölgeleme elemanı	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Atrium/avlular/teras Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Atrium/avlular/teras Güneş Kontrolü: Saçak/döşeme
Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Yapının ana gövde bölümünde bulunan merkezi havalandırma sistemi - Kalla zambağı çiçeğinin formunun yapı formuna ilham kaynağı olması - Çatı formunun ve yöneliminin güneş panellerinden maksimum verim alacak şekilde tasarlanması	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Yapının ısıtma-soğutma yüklerini azaltmak için yapılan cephe tasarımı - Doğal hava sirülasyonuna izin verecek şekilde hakim rüzgara göre yerleşim - Cennet kuşu çiçeğinin tozlaşma esnasındaki yaprakların hareket mekanizmasının projenin gölgeleme	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Rüzgarı yapı içine almaya olanak tanıyan cephe formunda farklılaşma (güney cephe iç bükey vb.) - Yapı formunda rüzgarın geçişine izin veren boşluklarda bulunan dikey eksenli rüzgar türbini ile enerji üretimi	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Geniş saçaklı eğimli çatı ile iklim etkilerinden korunma - Havalandırma çatı ile nem kontrolünün sağlanması - İlk iki katta penceresiz üst katlara doğru değişen pencere düzeni ile iklim etkilerine karşı korunma

Tablo 5.5: Devam.

• PV panel ve rüzgar tübini ile enerji kazanımı • Pencerelerin açık veya kapalı olduğunu anlayan sensör sistemi ile mekanik sistemlerin gereksiz çalışmasının önlenmesi • Bodrum katların doğal aydınlatmadan yararlanmasına olanak veren ışık tüpü uygulaması • Projede güneş ve rüzgâr enerjisi, yapının yıllık tükettiği miktarın %14'ünün üretilmesine katkıda bulunmaktadır [WEB-21, 2021].	elemanına/ cephesine ilham kaynağı olması • Yeşil çatı ile ısıtma ve soğutma için gerekli enerji ihtiyacının azaltılmasının sağlanması • Kinetik cephenin çalıştırılmasında PV panellerden elde edilen enerjinin kullanılması • Yapının soğutulması için yenilenebilir okyanus enerjisinden faydalanılması • Kinetik gölgeleme elemanlarının esnekliğini sağlayan cam elyaf takviyeli polimer malzeme kullanımı	• Deniz süngerinin delikli geçirgen yapısının projede rüzgarı yapı içine alan yapı formuna/ cephesine ilham kaynağı olması • Kuzey/güney çift katmanlı cephe uygulaması • Yapı kabuğu ile doğal havalandırmanın desteklenmesi ve nemin uzaklaştırılması • Çatının kavisli formunda ve gölgeleme elemanlarında Pv panel kullanımı ile enerji üretimi • Güneş etkisine uygun malzeme seçimi • Jaluzi gölgeleme elemanlarının gün ışığına duyarlı sensörler ile otomatik kontrollünün sağlanması • Yerden havalandırma ile birleştirilmiş radyant tavan soğutma sistemi ile geleneksel sistemler karşılaştırıldığında %40 enerji tasarrufu sağlanmaktadır [Zinzade, 2010].	• Hakim rüzgara yerleştirilen ana giriş ve avlulu mekan organizasyonu ile doğal havalandırmanın desteklenmesi • Avluya bakan mekanların geniş saçak ile gün ışığı kontrolünün sağlanması • İklima uygun malzeme kullanımı (termal düzenleyici gibi çalışan toprak malzeme vb.)
YERLEŞME/ TOPOGRAFYA İLİŞKİSİ			
• İklima uygun arazi yerleşimi	• İklima uygun arazi yerleşimi	• Çevre binalar arası ilişkilerine göre yerleşim • İklima uygun arazi yerleşimi	• İklima uygun arazi yerleşimi
BİNA FORMU			
Serbest form	Serbest form	Serbest form	Dairesel/kare/dikdörtgen kompakt form
BİNA YÖNLENİŞİ			
Kuzey-güney	Kuzeybatı-güneydoğu	Kuzeybatı-güneydoğu	×
MEKAN ORGANİZASYONU			
• Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi	×	• Cephe çeperlerine yerleşen ana mekanlar	• Avluya açılan mekan organizasyonu
PEYZAJ/BİTKİLENDİRME			
• Yeşil çatı/ kış bahçesi/çatı bahçesi kullanımı	• Yeşil çatı/çatı bahçesi kullanımı • Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı	×	×

Tablo 5.5: Devam.

YAPI KABUĞU ve MALZEME			
Cephe: çelik-cam malzeme kullanımı Duvar: - Çatı: çelik malzeme Döşeme:- Gölgeleme Elemanı: -	Cephe: - Duvar: - Çatı: - Döşeme:- Gölgeleme Elemanı: cam elyaf takviyeli polimer panel malzeme	Cephe: yalıtımlı cam kullanımı Duvar: - Çatı: Döşeme: Gölgeleme Elemanı:	Cephe: ahşap-taş-toprak malzeme kullanımı Duvar: toprak malzeme Çatı: ahşap malzeme üzerine pişmiş kil kiremit kaplama Döşeme: ahşap malzeme Gölgeleme Elemanı: ahşap kepenk (bazı toplu konutlarda)
SAYDAMLIK DERECEŚİ			
Saydamlık oranı fazla %80	Saydamlık oranı az % 40	Saydamlık oranı az % 100	Saydamlık oranı az %20
AKTİF/PASİF SİSTEM ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI			
Aktif + pasif sistem Enerji üretme ve kullanma Güneş enerjisi Rüzgar enerjisi	Aktif + pasif sistem Enerji üretme ve kullanma Güneş enerjisi Okyanus enerjisi	Aktif + pasif sistem Enerji üretme ve kullanma Güneş enerjisi Rüzgar enerjisi	Pasif sistem

Tablo 5.6: Subtropikal İklim İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi
(Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).

	ÇAĞDAŞ SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ (GELENEKSEL MİMARLIK ve BİYOMİMETİK TASARIMIN SENTEZİ)
	İLİMAN İKLİM (Subtropikal İklim)
Arazi Yerleşimi (Yerleşme/ Topoğrafya İlişkisi/ Peyzaj/ Yönlenme)	• Çok katlı yapıların arazi yerleşiminde güneş ve rüzgar faktörlerinden yararlanılabilmesi için çevre yapılar ile ilişkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Az katlı ve yapı yoğunluğunun daha az olduğu bölgelerde de, doğal çevre ilişkisi dikkate alınmalı ve doğaya uyum sağlayacak arazi yerleşimi gerçekleştirilmelidir. Proje tasarımı doğrultusunda yeşil çatı ve çatı bahçesi uygulamaları yapılabilir. • Subtropikal iklim faktörlerinden yüksek sıcaklık etkisinin azaltılması için araziye yerleşimde yapının hakim rüzgara doğru yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda iklim faktörlerinin dikkate alınması sonucu yerleşme ve yönlenme sağlanmalıdır. Arazinin sunduğu kısıtlamalar ve esnek tasarım talebi doğrultusunda yapı formu ve yapı kabuğu tasarımı ile iklime uygun olmayan yönlenmenin olumsuz etkileri önlenmeye çalışılabilir.
Yapı Formu	• Yapıda saydam yüzeylerin fazla olması planlanıyorsa iklim faktörleri doğrultusunda güney cephesine gölge oluşturacak form tasarımı yapılabilir. Bu doğrultuda tasarım problemlerine doğadaki canlıların formunun (kalla zamanı çiçeği formu vb.) incelenmesi ve tasarıma aktarılmasıyla enerji verimli çözümler geliştirilebilir. Ancak doğadaki canlıların formunun sadece morfolojik olarak taklidi sürdürülebilir bir tasarım oluşmasına katkı sağlamayacaktır. Bu doğrultuda bilgisayar teknolojilerinin kullanımı doğanın sunduğu karmaşık sistemlerin tasarıma aktarılmasına katkı sağlamaktadır. • Subtropikal iklimdeki en büyük zorluk yapının soğutulmasıdır. Çok katlı yapılarda oluşan rüzgar basıncının kontrol altına alan ve bu durumu potansiyele çeviren form tasarımı yapılabilir. Yapı formunun ve cephesinin hava akışında yararlanacak şekilde tasarlanması enerji tüketiminin azaltılması için oldukça önemlidir. Bu doğrultuda yapı tasarımında doğadaki canlıların benzer özelliklerinden (delikli geçirgen yapıya sahip deniz süngeri gibi) ilham alınabilir. • Havalandıran çatı uygulaması nem kontrolü, geniş saçak uygulaması ise güneş kontrolü ve yağıştan koruma sağlamaktadır. Bu doğrultuda bu stratejilerden proje tasarımında yararlanılabilir.
Mekân Organizasyonu	• Çok katlı ve/veya kompleks ofis projelerinde mekan organizasyonuna bağlı olarak doğal aydınlatmadan yararlanılacak şekilde cephe çeperlerine yerleşim uygulaması yapılmalıdır. • İklim faktörlerinden yüksek sıcaklık ve neme çözüm oluşturmak için mekan organizasyonunda pencereler doğal havalandırmayı destekleyecek şekilde karşılıklı yerleştirilmelidir. Tasarım doğrultusunda doğal havalandırmanın destekleneceği avlu/atrium, güneş bacası, çatı bahçesi gibi çözümler yapılabilir.
Cephe/ Yapı Kabuğu ve Malzeme	• Nem faktörü doğrultusunda saydam yüzeylerin fazla olması soğutma yükünü arttıracaktır. Bu doğrultuda yapının fazla ısınmasını önleyen ve doğal havalandırmaya destekleyen çift katmanlı cephe uygulaması yapılabilir. Ayrıca cephede içe doğru girinti yapılması ve/veya geniş saçak uygulaması ile güneş kontrolü sağlanabilir. • Projenin yapılacağı koşullar, fonksiyon ve teknolojik imkanlar doğrultusunda dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanları kullanılabilir. Aynı zamanda proje tasarımının imkanları doğrultusunda dış çevre koşullarına cevap veren kinetik cephe uygulamalarına başvurulabilir. Kinetik cephelerin tasarımında doğadaki canlıların az enerji ve malzeme harcayan mekanizmalarından ilham alınması (cennet kuşu çiçeğinin tozlaşma sırasındaki hareket mekanizması gibi) enerji verimli tasarımlar oluşturulmasını sağlayacaktır. • Yapı kabuğunda iklim faktörlerinin olumsuz etkilerini engelleyecek düşük ısı kazancına sahip yalıtımlı cam malzemeler tercih edilebilir.
Malzeme ve Yapım Tekniği	• Çok katlı yapılarda çelik ve/veya betonarme taşıyıcı sistem gibi hızlı ve dayanıklı yapım tekniklerine başvurulabilir. • Projeye özgü çözümler sunan yenilkeci malzemeler (cam elyaf takviyeli polimer malzemenin sunduğu esnek hareket imkanı) kullanılabilir. Ancak bu malzemelerin çevresel etkileride göz önüne alınmalıdır. Projelerde kullanılan malzemenin çevresel etkileri düşünülmeli yerel, uzun ömürlü ve az maliyetli malzemeler tercih edilmelidir. • Üretimi kolay ve düşük maliyetli sıkıştırılmış toprak malzemenin termal kütle yeteneği yaz ve kış dönemlerde iç mekan sıcaklığının dengelenmesine katkıda bulunmaktadır. Tasarım ve projenin yapılacağı konumdaki malzeme olanakları doğrultusunda iklime uygun çözüm sunan toprak malzeme ve/veya termal kütleyle sahip malzemeler kullanılabilir.

Tablo 5.6: Devam.

Diğer	• Doğal aydınlatmadan yararlanamayan mekanlar için ışık tüpü uygulamasının yapılması yapay aydınlatma ihtiyacının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. • Proje bölgesinin potansiyelleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanması ve bu doğrultuda tasarıma entegre edilmesi sağlanmalıdır. • Yerden havalandırma ile çalışan radyant tavan sistemi enerji kullanımını geleneksel mekanik sistemlere göre azaltılmasını sağlamaktadır. Bu doğrultuda yapının soğutulması için bu sistemden yararlanılabilir. • Pv panel ve dikey eksenli rüzgar türbini uygulamalarının yapıya entegre edilmesi ile enerji üretimi gerçekleştirilebilir. Ayrıca gölgeleme elemanına uygulanan PV paneller hem gölgeleme hem de enerji üretimi sağlayarak özgün bir çözüm sunmaktadır. Bu doğrultuda Pv paneller, çatı dışında farklı alanlarda da kullanılabilir. • Yağmur suyunun ve gri suyun geri dönüştürülerek çeşitli alanlarda kullanılması su korunumunun sağlanması için oldukça önemlidir. • Projede gereksiz mekanik sistem kullanımını uyaran akıllı sensör sistemlerinden yararlanılabilir.
--------------	---

5.1.6. Ilıman Okyanusal İklimine Sahip Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirmesi

Ilıman okyanusal iklimden seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım örnekleri değerlendirildiğinde;

Geleneksel Safranbolu evleri, toplumun aile yaşantısı doğrultusunda gelişim göstermiştir. Bu evlerde toplum yaşantısına ve insan ölçeğine değer veren detaylar bulunmaktadır. Ayrıca bu evler üzerinden dönemin izlerini okumakta mümkündür. İklim, coğrafya, topografya gibi faktörler Safranbolu evlerinin gelişimini etkilemiştir ve kimliğinin oluşmasına katkıda bulunmuştur. Bu doğrultuda Safranbolu evleri çevre yapıların güneşini, rüzgarını, manzarasını engellemeyecek ve doğaya, topoğrafyaya uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu evlerin tasarımında iklim ve doğa yol gösterici olmuştur. Safranbolu evleri; aile yaşantısına göre şekillenebilen, yerel malzemelerin ve yapım tekniklerinin kullanıldığı ekonomik çözümler sunmaktadır. Ayrıca bu evler mekan organizasyonu, peyzaj tasarımı, katlar arası farklılaşan pencere düzeni ve cumba uygulaması, hakim rüzgara göre yönelme, gölgeleme elemanı kullanımı ile güneş kontrolü, çapraz havalandırma gibi birçok pasif tasarım stratejisini barındırmaktadır.

Biyomimetik tasarım örneklerine bakıldığında ise çok katlı yapılaşmanın getirdiği çevresel etkileri azaltmaya yönelik yenilikçi sistem önerileri uygulandığı görülmektedir. Gherkin Kulesi projesinin taşıyıcı sistem ve cephe sisteminde, Q1 Genel Merkez Binasının cephe sisteminde doğadan ilham alınmıştır. Doğadan ilham alınarak geliştirilen çözümler projelere başta enerji verimliliği olmak üzere birçok

konuda katkı sağlamıştır. Gherkin Kulesi projesi; aerodinamik formu, çift katmanlı cephe uygulaması, geri dönüştürülmüş ve iklim etkilerine uygun malzeme kullanımı, ışık kuyusu/atrium ile doğal aydınlatma ve doğal havalandırma sağlanması, yağmur suyunun ve gri suyun geri kazanımı gibi birçok sürdürülebilir stratejiyi barındırmaktadır. Q1 Genel Merkez Binası projesi; çatı pencereleri, atrium ile doğal aydınlatma ve doğal havalandırmanın sağlanması, düşük maliyetli malzeme kullanımı, iklim faktörlerine cevap veren gölgeleme elemanı tasarımı, yağmur suyunun toplanması ve kullanımı gibi birçok sürdürülebilir çözüme sahiptir.

Gherkin Kulesi projesi, yakın çevresindeki çok katlı ve tarihi yapılar dikkate alınarak tasarlanmıştır. Q1 Genel Merkez Binası tasarımı da yakın çevresindeki eski fabrika alanının potansiyellerinin ortaya çıkartılması amaçlanarak geliştirilmiştir. Gherkin Tower ve Q1 Genel Merkez Binası taşıyıcı sisteminde çelik ve/veya betonarme malzemeler kullanılmıştır. Her iki projede de yenilikçi yapım yöntemleri çelik, betonarme ve cam malzeme kullanımında özgün detaylar oluşturulmasını sağlamıştır. Biyomimetik tasarım örnek projelerinde tasarım aşamasında teknoloji ve disiplinlerarası ilişkisinin kurulması, karmaşık sistemlerinin ve detayların geliştirilmesine olanak tanımıştır. Her iki biyomimetik tasarım yapı örneğinin ofis fonksiyonu olması doğrultusunda saydam yüzeylerin oldukça fazla tutulması, mekanik sistemlere olan ihtiyacının azaltılması ve iç mekan konforunun sağlanması için yapı kabuğu (giydirmce cephe, gölgeleme elemanı vb.) stratejilerine yönelmeye neden olmuştur.

Gherkin Kulesi projesinde geri dönüştürülmüş ve/veya geri dönüştürülebilir malzemeler kullanılmıştır. Q1 Genel Merkez Binası'nda ise gölgeleme elemanları maliyeti daha az olan paslanmaz çelikten üretilmiştir. Ayrıca eko sertifikalı malzemeler kullanılmıştır. Geleneksel Safranbolu evlerinde; yerel, çevresel etkileri düşük, iklim etkileri karşısında koruma sağlayan ve atık oluşturmeyen malzeme tercihlerinde bulunulmuştur. Biyomimetik tasarım ve geleneksel mimarlık yapı örneklerinin sürdürülebilir malzeme konusunu dikkate aldığı görülmektedir. Ancak geleneksel Safranbolu evlerinden malzeme tercihleri bakımında öğrenilecek oldukça fazla nokta bulunduğu aşıkardır.

Geleneksel Safranbolu evleri, iklim etkileri doğrultusunda yaz ve kış olmak üzere farklı yerleşim düzeni (vadi ve yamaç) uygulamasına sahiptir. Bu evlerin cephesinde üst katlara doğru genişleyen ve artan pencere düzenine ek olarak cumba

uygulaması görülmektedir. Biyomimetik tasarım yapı örneklerinde ise saydam yüzeylerin fazla olmasından kaynaklı yapının enerji ihtiyacını azaltacak yapı kabuğu veya giydirme cephe sistemlerine yoğunlaşmıştır.

Biyomimetik tasarım ve geleneksel mimarlık yapı örnekleri, çağın imkanları doğrultusunda yapılaşmadan kaynaklı çevresel etkilerin azaltılmasına ve yaşam koşullarını iyileştirmeye katkıda bulunmaktadır.

Tablo 5.7’de ılıman okyanusal iklimde yer alan geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım proje örneklerinin değerlendirilmesi görülmektedir. Bu değerlendirmelerin sonucunda Tablo 5.8’de ılıman okyanusal iklim için oluşturulan çağdaş sürdürülebilir mimari tasarım rehberi (geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarımın sentezi) gösterilmektedir.



Tablo 5.7: Ilıman Okyanusal İklimde Yer Alan Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Proje Örneklerinin Değerlendirilmesi.

C GRUP İKLİMİ		
ILIMAN İKLİM/ ILIMAN OKYANUSAL İKLİMİ (Cfb)		
BİOMİMETİK TASARIM		GELENEKSEL MİMARLIK
PROJE KÜNYESİ		
Gherkin Kulesi/Swiss Re Genel Merkezi/30 St Mary Axe Binası	ThyssenKrupp Mahallesi: Q1 Genel Merkez Binası	Geleneksel Safranbolu Evi
Proje Yılı: 2001-2004	Proje Yılı: 2010	Proje Yılı: 18. ve 20.yy arası
Proje Konumu: Londra, Birleşik Krallık	Proje Konumu: Essen, Almanya	Proje Konumu: Safranbolu, Türkiye
İşlev/Fonksiyon: Ofis yapısı	İşlev/Fonksiyon: Ofis yapısı	İşlev/Fonksiyon: Konut
		
İKLİM FAKTÖRLERİ		
Güneş faktörü Rüzgâr faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü	Güneş faktörü Rüzgâr faktörü
GELENEKSEL MİMARLIK VE ÇAĞDAŞ BİOMİMETİK TASARIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER		
Çağdaş mimarlık - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) - Biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Çağın koşullarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.)	Çağdaş mimarlık - Mimari ile çevresel farkındalık oluşturma isteği ve bu bilinç ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (yüksek teknoloji) - İklim ve doğanın ilişkisinde biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması - Çağın koşullarının mimariye yansması (yapım yöntemi, teknoloji vb.)	Geleneksel mimarlık - Yaşanabilir bir çevre oluşturma bilinci ile hareket edilmesi - Teknolojik etkiler (düşük teknoloji) - İklim, doğa ve coğrafyanın iyi analiz edilmesi ve tasarımın bu doğrultuda geliştirilmesi - Sosyo kültürel, ekonomik, dini etkilerin ve çağın koşullarının mimariye yansması
TASARIM ŞEKLİ/EKİP İLİŞKİSİ		
Disiplinlerarası ilişki	Disiplinlerarası ilişki Proje yarışma sonucunda geliştirilmiştir.	Mimarsız mimarlık/yerel halk/yerel usta
YAPI ÖLÇEĞİ/ KAT SAYISI		
41 katlı / kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu değil ancak formun yukarıya göre daralması ile sokak dokusu içinde insan ölçeğine uygun algılanması amaçlanmıştır.	14 katlı/ çok katlı bir yapı tasarımı düşünülmüş ancak insan ölçeğine uyumlu olması açısından yataya yayılan daha az katlı bir yapı tasarımı amaçlanmıştır.	2-3 katlı/ kat yüksekliği olarak insan ölçeğine uyumlu
DOĞA İLİŞKİSİ		
Doğayı taklit etme (biomimikri/biomimetik tasarım)	Doğayı taklit etme (biomimikri/biomimetik tasarım)	Doğaya uyumlu
TEKNOLOJİ		
- Yüksek teknoloji kullanımı - Bilgisayar programı kullanımı - Kinetik/ dinamik/akıllı sistemler	- Yüksek teknoloji kullanımı - Bilgisayar programı kullanımı - Kinetik/ dinamik/akıllı sistemler	- Yerel teknoloji kullanımı - Düşük teknoloji
TAŞIYICI SİSTEM		
Çelik + betonarme karma taşıyıcı sistem	Betonarme taşıyıcı sistem	Ahşap çatkı kagir taşıyıcı sistem

Tablo 5.7: Devam.

MALİYET		
138 milyon £	116 milyon \$	×
MALZEMENİN KORUNUMU (Yapının Malzeme Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)		
- Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı - Uzun ömürlü malzeme kullanımı	- Yenilikçi malzeme kullanımı - Atık yönetimi - Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı	- Malzemenin geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı - Atık yönetimi - Yerel malzeme kullanımı - Uzun ömürlü malzeme kullanımı - Çevresel etkileri düşük malzeme kullanımı
SUYUN KORUNUMU (Yapının Su Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)		
- Suyun geri dönüşümü/ yeniden kullanım - Yağmur suyun toplanması/kullanılması - İklim uygun peyzaj kullanımı	- Yağmur suyun toplanması/kullanılması - İklimlendirmede su kullanımı	- Yağmur suyun toplanması/kullanılması - İklimlendirmede su kullanımı - İklim uygun peyzaj kullanımı
ENERJİ KORUNUMU (Yapının Enerji Kazanımı Sağlayan Yöntemleri)		
Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Işık rafı Atrium/avlu Güneş Kontrolü: Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı İç mekandaki gölgeleme elemanı	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Atrium/avlu/teras Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Çatı açıklıkları Işık rafı Atrium/avlu Güneş Kontrolü: Sabit güneş kırıcılar Cephede girinti çıkıntı Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı	Doğal havalandırma: Cephe açıklıkları Doğal aydınlatma: Cephe açıklıkları Güneş Kontrolü: Sabit güneş kırıcılar Cephede girinti çıkıntı Saçak/döşeme Dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanı
Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Saydam yüzeylerin ısıtma-soğutma giderlerini azaltmak için yapılan kabuk tasarımı - Yükseldikçe çapı küçülen aerodinamik yapı formunun rüzgarın yapı etrafında dönmesine olanak vermesi - Katların 5° döndürülmesi ve üst üste getirilmesi ile oluşan ışık kuyusu/atriumların doğal aydınlatma ve doğal havalandırmayı desteklemesi - Güneş etkisine uygun malzeme seçimi - Venüs bitkisi süngerinin hegzagonal formu ve kabuğunun projenin diagrid taşıyıcı sisteminde/ cephesinde ilham kaynağı olması - Otomatik/dinamik açılabilir cam paneller ve iç mekanda panjur sistemi ile doğal havalandırma, aydınlatma ve gölgelemenin sağlanması	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Saydam yüzeylerin ısıtma-soğutma giderlerini azaltmak için yapılan kabuk tasarımı - Güneş yoluna göre tasarlanan çatıdaki hava istasyonundan alınan bilgi sistemi ile entegreli üçgen, kare, yamuk formlardaki yatay ve dikey otomatik/dinamik gölgeleme elemanından oluşan cephe tasarımı - Güneş etkisine uygun malzeme seçimi - Kuş tüyünün kenetlenen yapısı ve su geçirmeyen özelliğinin projenin gölgeleme elemanına ilham kaynağı olması - Paslanmaz düşük maliyetli, geri dönüştürülebilir krom-nikel-molibden bileşenlerinden oluşan çelik malzeme kullanımı - Çift katmanlı cephe uygulaması	Yapının enerji kazanımı sağlayan ana stratejileri - Yazın 'Bağ Evi' ve kışın 'Şehir Evi' olmak üzere iki farklı yerleşim düzene sahip olması - Doğal aydınlatma ve doğal havalandırma sağlayan üst katlara doğru artan pencere düzeni - Yapıların birbirinin güneşini engellemeyecek şekilde yerleşimi ile rüzgardan ve güneşten maksimum yarar sağlaması - Ahşap kafes ve kara kepenk gölgeleme elemanları ile güneş kontrolü - İklim uygun malzeme kullanımı (soğuyu önleyen ahşap çatı arasına kerpiç dolgu malzeme kullanımı vb.) - Mekan organizasyonunun (zemin, orta ve üst kat) pasif ısıtma-soğutmaya uygun olarak planlanması

Tablo 5.7: Devam.

• Çift katmanlı cephe uygulaması • Yapıda kullanılan stratejiler ile yıllık zamanın %40'ında doğal havalandırma imkânı sağlanmaktadır [Özeler Kanan, 2010].	• Kuzey/güney yönelmeli şeffaf pencereler ve atriumdaki çatı pencereleri ile doğal aydınlatma ve doğal havalandırmanın desteklenmesi	
YERLEŞME/ TOPOGRAFYA İLİŞKİSİ		
• Çevre binalar arası ilişkilerine göre yerleşim • İklima uygun arazi yerleşimi	• Çevre binalar arası ilişkilerine göre yerleşim • Topografyaya uyum ve en az müdahale	• Çevre binalar arası ilişkilerine göre yerleşim • Topografyaya uyum ve en az müdahale • İklima uygun arazi yerleşimi
BİNA FORMU		
Dairesel kompakt	Kare/dikdörtgen kompakt plan	Kare/dikdörtgen kompakt plan
BİNA YÖNLENİŞİ		
Bağımsız	Bağımsız	×
MEKAN ORGANİZASYONU		
• Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar	• Cephe çeperlerine yerleşen ana mekânlar	• Yaşam mekânlarının güneşe göre yerleştirilmesi • İkincil mekânların tampon görevi görecektir şekilde yerleştirilmesi
PEYZAJ/BİTKİLENDİRME		
• İç mekân bitkilendirme	• İç mekân bitkilendirme	• Çevredeki ve yere özgü peyzajın iklimlendirme de kullanımı • Yutucu, yansıtıcı görevi gören bitkilendirme seçimi
YAPI KABUĞU ve MALZEME		
Cephe: çelik-cam malzeme kullanımı yalıtlı cam kullanımı Duvar:- Çatı: konik/kube çatıda çelik ve cam malzeme kullanımı Döşeme:- Gölgeleme Elemanı: iç mekanda delikli alüminyum panjur sistemi	Cephe: çelik-cam malzeme kullanımı yalıtlı cam kullanımı Duvar: ofis iç mekanında cam bölücü duvar Çatı: atrium tavanında çelik cam malzeme Döşeme:- Gölgeleme Elemanı: krom-nikel-molibden bileşenlerinden oluşan paslanmaz çelik gölgeleme sistemi	Cephe: ahşap-kerpiç-taş malzeme kullanımı Duvar: ahşap malzeme Çatı: alaturka kiremit kaplama Döşeme: ahşap malzeme Gölgeleme Elemanı: ahşap kepek ve kafes sistemi
SAYDAMLIK DERECEŚİ		
Saydamlık oranı fazla %100	Saydamlık oranı fazla %100	Saydamlık oranı fazla %80
AKTİF/PASİF SİSTEM ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI		
Aktif + pasif sistem	Aktif + pasif sistem Enerji üretme ve kullanma Jeotermal enerji	Pasif sistem

Tablo 5.8: Ilıman Okyanusal İklim İçin Çağdaş Sürdürülebilir Mimari Tasarım Rehberi (Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarımın Sentezi).

ÇAĞDAŞ SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ (GELENEKSEL MİMARLIK ve BİYOMİMETİK TASARIMIN SENTEZİ)	
ILIMAN İKLİM (Ilıman Okyanusal İklim)	
Arazi Yerleşimi (Yerleşme/ Topoğrafya İlişkisi/ Peyzaj/ Yönlenme)	- Arazi yerleşimi, çevre binalar ile ilişkisi dikkate alınarak hakim rüzgardan ve güneşten yararlanacak şekilde olmalıdır. Tasarımın geliştirilmesinde proje çevresinin potansiyellerinin araştırılması (eski fabrika alanının geri kazanılması ya da çevredeki göle toplanan yağmur suyunun aktarılması vb.) ve mevcutta tarihi yapıları çevre varsa dikkate alınması oldukça önemlidir. - Peyzaj tasarımında, sıcak dönemde rüzgara olanak veren soğuk dönemde rüzgarı önleyen ağaç türleri seçilmelidir. Kentsel ölçekten başlayarak yapı ölçeğine kadar ki tasarım planlamasında su ögesine yer verilebilir. Peyzaj tasarımında su döngüsüne izin veren malzeme tercihlerinde bulunulmalıdır. İç ve dış mekanda su ögesine yer verilmesi iklimlendirmeye katkıda bulunmaktadır.
Yapı Formu	Proje bölgesine ait yapılan rüzgar ve güneş analizleri doğrultusunda yapı formunun tasarlanması enerji verimliliği bakımından oldukça önemlidir. Çok katlı yapılarda dikdörtgen/kare yapı formunun rüzgarın akışını engellemesi durumundan kaçınmak için aerodinamik form tasarımına başvurulabilir. Genel olarak ılıman iklim bölgesinde tasarım doğrultusunda daha esnek formlar tercih edilebilir.
Mekân Organizasyonu	- Projenin ölçeğine ve tasarımına bağlı olarak ışık kuyusu ve/veya atrium gibi çözümlerin oluşturulması doğal havalandırma ve doğal aydınlatmadan yararlanmaya olanak vermektedir. - Mekan organizasyonunda pencereler hakim rüzgar yönüne yerleştirilerek çapraz havalandırmayı desteklemelidir. Ayrıca iklim faktörleri doğrultusunda mekan organizasyonunda yazın ve kışın kullanılmak amacıyla mekanlar arası farklılaşan çözümlere başvurulabilir. - Ofis yapılarında çalışma alanları cephe çeperlerine; sirkülasyon alanları, çekirdek ve ıslak hacim gibi tampon görevi gören mekanlar yapı merkezine yerleştirilebilir. Bu doğrultuda kullanıcı konfor koşullarının sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılması için uygun olan cephelere gölgeleme elemanı çözümlerine başvurulabilir.
Cephe/ Yapı Kabuğu ve Malzeme	- Yapı kabuğunda doğal havalandırmaya olanak tanıyan çift katmanlı cephe uygulaması yapılabilir. Doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmak üzere mekanik sistem destekli çift katmanlı cephe tasarımına başvurulabilir. Bu doğrultuda çok katlı yapılarda akıllı sistemler ile kontrol edilen gereksiz mekanik sistem kullanımını azaltacak ve doğal havalandırmayı destekleyecek açılabilir pencere sistemlerinden de yararlanılabilir. - Ilıman iklimde, sıcak dönemlerde güneş radyasyonundan koruma sağlayacak soğuk dönemde ise güneş radyasyonundan yararlanılacak çözümlere gidilmelidir. Yazın sıcaktan kışın rüzgardan koruma sağlamak amacıyla gölgeleme elemanı uygulaması yapılmalıdır. Projenin ölçeğine ve koşullarına bağlı olarak dinamik/otomatik/kullanıcı kontrollü gölgeleme elemanları kullanılabilir. Gölgeleme elemanı tasarımında doğadaki bitki ve/veya hayvanların iklim faktörleri doğrultusunda sahip oldukları kendilerini koruma özellikleri (kuş tüyünün su geçirmez yapısı) ve bir düzen içinde gerçekleşen hareket mekanizmaları kinetik cephe tasarımlarında yüksek potansiyel sunmaktadır. Gölgeleme elemanlarının hareket mekanizması ise güneş yoluna göre belirlenmelidir. - Ayrıca form ve yapı kabuğu çözümlerinde de doğadaki canlıların enerji etkin çözümlerine ve özelliklerine başvurulabilir. Bu durum çok katlı yapıların inşasındaki karmaşık sistemlerin çözülmesine (doğadan esinlenilen diagrid taşıyıcı sistem ve cephe uygulaması gibi) ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. - Ilıman iklim bölgesinde cephelerde cumba, girinti çıkıntı gibi esnek tasarım uygulamaları yapılabilir. Yapıların soğuk dönemde güneşten yararlanmak ve ısı kazancı sağlamak amacıyla güney cephesinde saydamlık oranları fazla tutulmalıdır. Sıcak dönemde ise gün ışığı kontrolü için gölgeleme elemanları ya da farklı çözümler uygulanmalıdır. Güneye ağırlıklı pencere uygulamalarının yanında çatı penceresi uygulaması ile doğal havalandırma ve doğal aydınlatmanın destekleneceği çözümlere başvurulabilir.
Malzeme ve Yapım Tekniği	- Saydam yüzeyler fazla olduğunda yalıtımlı şeffaf cam uygulaması ile güneş koruması sağlanmalıdır. - Çok katlı yapılarda çelik, beton ve cam malzemeler kullanılabilir. Ancak bu ve diğer malzemelerin maliyeti, geri dönüştürülebilirliği ve/veya yeniden kullanım potansiyeli üzerinde durulmalıdır.

Tablo 5.8: Devam.

Malzeme ve Yapım Tekniği	Bu doğrultuda yakın çevreden elde edilen yerel ve atık oluşturmeyen malzemeler tasarıma dahil edilmeye çalışılmalıdır. Ayrıca proje tasarımına özgü çözümler sunan düşük maliyetli malzeme tercihlerinde bulunulabilir.
Diğer	• Yağmur suyun çatıda toplanması ve gri suyu ile beraber çeşitli faaliyetlerde kullanılması su korunumu adına önemlidir. • Proje bölgesinin potansiyelleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması ve tasarıma entegre edilmesi sağlanmalıdır.

5.2. Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım Yaklaşımı Benzerlikleri ve Farklılıkları

Bölüm üçte geleneksel mimarlık ve bölüm dördte biyomimetik tasarım yapı örneklerinin incelenmesi sonucu belirlenen iki yaklaşımının benzerlikleri şu şekildedir:

- İklim etkileri (güneş, rüzgar, sıcaklık, nem) doğrultusunda doğal aydınlatma, doğal havalandırma, güneş kontrolü ve form tasarımı gibi pasif tasarım stratejileri geliştirilmiştir.
- Geleneksel mimarlık deneme yanılma yoluyla gelişim göstermiştir. Bu doğrultuda sürdürülebilir stratejiler ve enerji etkin tasarım parametrelerine sahip geleneksel mimari, uzun bir sürecin ürünüdür. Biyomimetik tasarım ise bilimsel, sistematik bilgiler ve teknolojik yenilikler ışığında gelişim göstermektedir. Bu doğrultuda sürdürülebilir ve enerji etkin tasarım parametrelerine sahip biyomimetik tasarım önemli bir araştırmanın sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu özellikler farklı noktaları olmasına rağmen hem geleneksel mimari hem biyomimetik tasarımın barındırdığı sürdürülebilir ve enerji etkin stratejileri ile zamanın koşullarına yanıt vermektedir. Bu bakımdan geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımı birbirine benzemektedir.
- Hem geleneksel mimarlık hem de biyomimetik tasarım yaklaşımının doğadan referans aldığı ve doğayla uyumlu olmaya çalıştığı görülmektedir. Süreç içinde doğadan yararlanma yöntemleri ve mimariye yansıtma şekilleri farklı olsada iki mimarlık pratiği için doğa ve mimarlık ilişkisinin oldukça güçlü olduğu açıktır. Doğa ile mücadele etmeden, doğanın sunduğu bilgi akışı doğrultusunda gelişim göstermişlerdir.

Köppen iklim sınıfına göre tropikal, ılıman, sıcak çöl iklim gruplarından seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yapı örneklerinin sürdürülebilir mimaride aranan özellikleri barındırdığı görülmektedir. Ayrıca yapılaşmadan kaynaklı enerji tüketimi ve çevresel problemleri önlemede önemli potansiyel taşıdıkları görülmektedir. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının farklı noktaları Tablo 5.9’da gösterilmektedir. İncelenen örnekler ışığında geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının farklı olduğu noktalar aşağıda belirtilmiştir.

- Ekip çalışması kapsamında ele alındığında, geleneksel mimarlık yüzyıllar içinde ‘Mimarsız Mimarlık’ olarak adlandırılan yerel halkın, ev sahibinin ve yapı ustasının ürünüdür. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ise teknolojik gelişmelerin ve farklı uzmanların çalışması sonucunda ‘Disiplinlerarası İlişki’ nin ürünüdür.
- Geleneksel mimarlıkta fonksiyon, toplum ilişkileri ve çağın içinde olduğu koşullar estetik kaygıların önünde tutulmuştur. Geleneksel mimarlık deneme yanılma yoluyla zaman içinde gelişmiştir. Biyomimetik tasarım yaklaşımında ise doğanın taklit edilebilmesinde çağın sunduğu imkanlar ve yenilikler etkili olmuştur. Bilinçli bir tasarım ve araştırmanın sonucunda gelişmiştir.
- Geleneksel mimarlıkta iklim, doğa, coğrafya gibi faktörlere uyumlu olma çabası doğrultusunda pasif tasarım stratejileri gelişmiştir. Biyomimetik tasarım yaklaşımında ise doğadaki canlıların en az enerji harcayarak hayatta kalma stratejilerinin tasarıma aktarılması ile mimaride pasif tasarım stratejileri geliştirilmiştir. Ek olarak aktif sistem (radyant tavan sistemi, PV panel ve dikey eksenli rüzgar türbini kullanımı vb.) uygulamaları da görülmektedir.
- Geleneksel mimarlık örnekleri düşük maliyetli olup pasif sistemlerin ve yerel işgücünün kullanılması ile oluşmuştur. Geleneksel mimarlık, düşük teknoloji mimarlığının özelliklerini sergilemektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ise dijital teknoloji araçlarından yararlanılan, pasif ve aktif sistemlerin kullanıldığı, ilk üretim maliyeti yüksek çözümler sunan yüksek teknoloji mimarlığının özelliklerini barındırmaktadır.
- İnsanoğlu barınma ihtiyacını sağlamak için yapılar inşa ettiğinden beri doğayı taklit etmiş ve doğaya uyumlu yaşamaya çalışmıştır. Yüzyıllardır devam eden bu süreç geleneksel mimarlığın doğaya en az müdahale ile gelişim göstermesinden

anlaşılmaktadır. Süreç içinde teknoloji ve mimari ilişkisinin güçlenmesi doğrultusunda gelişen imkanlar, yapılaşmanın olumsuz çevresel etkilerinin önlenmesinde doğayı detaylı incelemeye olanak tanımıştır. Bu doğrultuda ‘Biyomimikri’ yenilikçi bir bilim dalı olarak mimarinin gündemine girmiştir.

- Geleneksel mimarlıkta istisnai durumlar olmasına rağmen kullanılan malzemeler yöreye özgüdür ve yakın çevreden elde edilmektedir. Bu durum iklime uygun, çevresel etkileri düşük ve atık oluşturmeyan sürdürülebilir malzeme tercihlerinde bulunulduğunu göstermektedir. Yerel malzeme kullanımı bölgeye özgü yapım tekniğinde gelişmesini sağlamıştır. Biyomimetik tasarım uygulamalarında ise yerel malzeme kullanımının neredeyse olmadığı daha çok yapay ve yenilikçi malzeme tercihlerinde bulunulduğu görülmektedir. Biyomimetik tasarım örnekleri genellikle çok katlı yapılardan oluşmaktadır. Bu durumunda bir etkisi olarak ağırlıkla kullanılan malzemeler çelik, cam ve betondur. Çok katlı yapılarda esnek mekan oluşumu, dayanıklılık, hızlı inşa edilebilirlik gibi nedenler ile çelik ve/veya betonarme taşıyıcı sistem kullanılmaktadır.
- Geleneksel mimarlığın oluşumu ve gelişiminde insan ölçeği önemli bir parametre olmuştur. Sokaklar, yapılar, detaylar insan ölçeğine uygun şekilde planlanmıştır. Biyomimetik tasarım yapı örneklerinde, arazilerin kısıtlılığı nedeniyle çok katlı yapılaşmaya gidilmiştir. Biyomimetik tasarım örneklerinin genelinde insan ölçeğine uyum sağlayacak stratejiler geliştirilmeye çalışılsada yapıların insan ölçeğine göre algılanmasında zorluk görülmektedir.
- Enerji etkin tasarım parametrelerine uyum ve kullanım bakımından; geleneksel mimarlıkta bina yönelişi, bina formu, mekân organizasyonu, yerleşim ve topoğrafyaya ilişkisi biyomimetik tasarım yaklaşımına göre daha fazla önem taşımaktadır. Biyomimetik tasarım yaklaşımı; doğal havalandırma, doğal aydınlatma, güneş kontrol elemanları, yapı kabuğu stratejilerine özgü çözümler ve detaylar üzerine yoğunlaşmaktadır. Dış çevre koşullarına tepki veren yapı kabuğu, gölgelendirme elemanı vb. tasarım stratejileri tasarıma özgürlük sağlamaktadır. Bu doğrultuda yönlenmeden bağımsız sürdürülebilir mimari anlayışı gelişmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımının yapı kabuğu üzerine yoğunlaşmasının önemli bir nedeni ise yapıların saydamlık oranlarının oldukça fazla olmasıdır. Bu durum yapının dış çevre ile doğrudan etkileşim sağlayan yapı kabuğu stratejilerini yoğunlaşmayı zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda çift

katmanlı cephe sistemleri geliştirilmeye ve uygulanmaya başlanmıştır. Geleneksel mimarlıkta ise saydamlık oranları iklim etkileri doğrultusunda değişkenlik göstermektedir ve bu doğrultuda cephelerde çözümler (cumba, roshan, girinti çıkıntı vb.) oluşturulduğu görülmektedir.

- Biyomimetik tasarım yaklaşım yapı örneklerinde; tasarım, uygulama ve kontrol mekanizmalarında bilgisayar teknolojileri önemli kolaylık ve özgürlük tanımaktadır. Teknoloji, cephe bileşenlerinde dinamik/otomatik kontrollü sistemlerin geliştirilmesini ve uygulanmasını sağlamaktadır ve bu sistemler dış çevre koşullarına doğrudan cevap vermeye imkan tanımaktadır. Geleneksel mimarlıkta ise cephe bileşenleri genellikle sabit olup bazı gölgeleme elemanlarında (kepenk vb.) kullanıcı kontrollü sistemler bulunmaktadır.
- Geleneksel mimarlığın bölgeden bölgeye değişkenlik göstermesinin temel sebebi; sosyo kültürel, dini, ekonomik vb. faktörler doğrultusunda gelişmesidir. Biyomimetik tasarım örneklerinde de toplumsal etkiler mimariyi etkilemektedir. Ancak ana tasarıma yön veren etken, mimarın/tasarımcının tasarımında yapılaşmanın çevre sorunlarındaki rolünün farkında olmasıdır. Bu doğrultuda doğanın potansiyellerini teknolojik imkanlar ile tasarıma aktarmak ve yaşanabilir bir çevre oluşturmak amaçlanmaktadır.

Şekil 5.9: Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının farklı noktaları.

GELENEKSEL MİMARLIK	BİYOMİMETİK TASARIM
Mimarsız mimarlık	Disiplinlerarası ilişki
Deneme yanılma yolu ile yıllar için oluşan bilgi birikimi	Bilinçli bir araştırma sonucunda yenilikçi sistem ve çözüm önerisi geliştirme
Pasif tasarım	Pasif + aktif tasarım
Düşük teknoloji (low-tech)	Yüksek teknoloji (high-tech)
Düşük maliyetli	Yüksek maliyet (toplam maliyeti kısa dönemde azaltma potansiyeline sahip)
Doğaya uyumlu	Doğadan öğrenen ve doğayı taklit eden
Yerel malzeme kullanımı	Yenilikçi malzeme kullanımı
Bölgeye özgü yapım tekniği ve taşıyıcı sistem	Genellikle çok katlı yapılar olduğundan çelik ve/veya betonarme taşıyıcı sistem
İnsan ölçeğine uygun/ az katlı	İnsan ölçeğinin algılanmasında zorluk/ çok katlı
Yapı formu, yönlendirme, mekan organizasyonu, yapı kabuğu vb. ile enerji korunumu sağlanmaktadır.	Çoğunlukta yapı kabuğu, doğal aydınlatma, doğal havalandırma gibi stratejiler ile enerji korunumuna yoğunlaşmaktadır.
Tek katmanlı cephe/ Saydam yüzeyler az	Tek katmanlı + çift katmanlı cephe/ Saydam yüzeyler fazla
-	Bilgisayar programlarının kullanılması ile kompleks ve karmaşık tasarım imkanı
Bina bileşenleri genellikle sabit	Bina bileşenleri genellikle otomatik kontrollü
Sosyo kültürel, dini, ekonomik girdiler mimariye/tasarıma yön veriyor.	Çevresel farkındalık oluşturma isteği, teknolojik girdiler mimariye/tasarıma yön veriyor.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Endüstrileşme, kentlere göçün artması, sanayileşme, şehirlerde arazilerin değerlendirilmesinin ve nüfus artışının bir sonucu olarak yüksek katlı yapı taleplerinin artması, hızlı yapım tekniklerinin tercih edilir olması gibi birçok etken geleneksel mimarlıktaki sürdürülebilir bilgi birikiminin göz ardı edilmesine ve mimarlık pratiğinde bazı değişikliklere neden olmuştur. Son yüzyılda bilinçsizce gerçekleştirilen yapılaşma faaliyetleri ve insanoğlunun doğaya hâkim olmaya çalışması, doğa ve mimari ilişkisi adına bir uçurum açmıştır. Yapılaşmanın ve yapı sektörünün doğal dengenin bozulması, kaynak ve enerji tüketiminde artışa neden olması gibi çevresel sorunlardaki artan rolü, sürdürülebilir mimari ve enerji etkin yapı tasarımını zorunlu haline getirmiştir. Bu süreçte mimaride, problemlere çözüm oluşturmada birçok çağdaş sürdürülebilir içerik ortaya çıkmakta ve çıkmaya devam etmektedir. Doğa ilişkisini tekrar ele almayı sağlayan yaklaşımlardan biri olan biyomimetik tasarım, günümüz ve gelecek mimarisinin şekillenmesinde yüksek potansiyel taşımaktadır.

Son gelişmelere ek olarak teknoloji, mimariye yön vermeye başlamakta dolayısıyla geleneksel yöntem ve yapım tekniklerinin eksiklerinin giderilmesinde araç haline gelmektedir. Teknolojinin bilinçli şekilde kullanıldığı çağdaş yaklaşımlardan biri olan biyomimetik tasarım ile kaynak ve enerji tüketimi açısından olumsuz tasarım ve yapım faaliyetlerine yenilikçi, sürdürülebilir bir bakış açısı kazandırılmıştır. Ayrıca günümüzde ülkelerin kendi bağlamlarına uygun mevcut geleneksel mimarlık çözümleri, çevresel problemleri önlemede kullanılabilecek bir rehber haline gelme durumuna doğru evrilen bir mimarlık da söz konusudur.

Doğa, yüzyıllardır insanoğlu için farklı anlamlar ifade etmektedir. Günümüzde ise çevresel sorunları önlemede çözüm yolu olarak görülmesi ile tekrardan doğaya başvurulmaktadır. Doğaya uyumlu, bağlı, bağımlı, saygılı, doğayı taklit eden tutumlar sürdürülebilir mimari adına oldukça önem taşımaktadır. Doğadaki canlıların 3.8 milyar yıldır geliştirdiği stratejilerin, mimari için yüksek potansiyel taşıdığı açıktır. Biyomimetik tasarım, insanoğlunun yüzyıllardır içinde olduğu doğa ve mimari ilişkisinde doğayı form olarak taklit etmenin ötesine geçmeyi sağlamaktadır. Ek olarak biyoloji ve mimarlık ilişkisinde derin bir bağ kurmaya olanak tanımaktadır. Mimarlık dışında da mühendislik, AR-GE, enerji, endüstriyel tasarım vb. alanlar içinde önemli

potansiyeller taşımaktadır. Son yüzyılda biyomimikrinin bir bilim dalı olarak ele alınması, bilgi birikimini ve kullanım olanaklarını genişletmiştir. Bu sürecin gelişmesini; teknoloji, disiplinlerarası çalışmaların artması, doğanın ele alınmasının gerekliliği, biyolojinin farklı disiplinler için sunduğu potansiyellerin farkına varılması gibi etkiler sağlamıştır. Tez çalışmasında bu kapsamda doğa ve sürdürülebilir mimari ilişkisinin gelenekselden çağdaşa değişimi ve gelişimi ele alınmıştır.

Geleneksel mimarlıkta doğaya, iklime ve coğrafyaya uyumlu yapılar inşa etmek bir zorunluluk olmuştur ve o zamanın koşulları bunu gerektirmiştir. Ancak günümüzde küresel ısınma, iklim değişimi, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı gibi çevresel problemleri çözmek için doğaya ayak uydurmak hatta bir adım öteye geçerek doğayla bütünleşmek ve sürdürülebilir yapılar inşa etmek zorunluluk haline gelmiştir. Yüzyıllardır ekosistemin barındırdığı hayatta kalma stratejilerinin mimariyle bütünleşmesinin sağlanması ve doğadan öğrenerek problemlere çözüm oluşturulması biyomimetik tasarım konusu ile gerçekleşmektedir. Biyomimetik tasarım doğa ve mimarlık ilişkisinin güçlenmesine katkı sağlamanın ötesinde mimariye enerji etkin, sürdürülebilir, uzun ömürlü, yenilikçi, özgün ve esnek tasarım imkanı gibi özellikler kazandırmaktadır. Bu doğrultuda tez çalışmasında, biyomimetik tasarım yaklaşımının geçmiş tekniklerden farkının ve birbiri ile ilişkisinin kurulup kurulamayacağı incelenmiştir. Bu ilişkinin bazı biyomimetik tasarım yapı örneklerinde uygulanmaya başlandığı görülmüştür. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım ilişkisinin önemli potansiyeller barındırdığı incelenen proje örnekleri sonucu yapılan değerlendirmeler ile ortaya konulmuştur.

Biyomimetik tasarım yaklaşımının eksiklerini gidermede ve gelişiminde geleneksel mimarlık yol gösterici ve ilham kaynağı olmaya başlamıştır. Birkaç biyomimetik tasarım yapı örneğinde bu iki mimarlık pratiğinin ilişkisinin bilinçli/bilinçli olmadan uygulamaya başlandığı görülmektedir. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım ilişkisinin kurulduğu yapı örneklerinde bu durum sürdürülebilir ve enerji verimli çözümlerin gelişmesine olumlu katkı sunmaktadır. Esplanade Sanat Merkezi, Al-Bahr Kuleleri, Maymun Evi gibi biyomimetik tasarım örnek projeleri, bölgenin geleneksel mimarisi ve öğretileri doğrultusunda özgün çözümlerin ortaya çıkarılabileceğini göstermede örnek teşkil etmektedir. Geleneksel mimarlığın sürdürülebilir ve/veya enerji etkin tasarım stratejilerinin incelenmesi ve

doğanın sunduğu bilgi birikimi ile birleştirilmesi mimarlık pratiği için yüksek potansiyel taşıyan yenilikçi yöntemlerin gelişimine katkı sağlayacaktır.

Aynı iklim bölgelerinden seçilen geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımı yapı örneklerinin sürdürülebilir mimarlık kapsamında değerlendirilmesi sonucunda benzer ve farklı oldukları noktalar belirlenmiştir. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımına bakıldığında ortak noktaları, doğa temelli ve doğaya saygılı mimarlık anlayışına sahip olmalarıdır. Doğa ilişkisi iki mimarlık pratiğinde de oldukça güçlüdür. Enerji etkin tasarım ve sürdürülebilir mimari ilkelerine uyumlu olması, iklim faktörleri doğrultusunda pasif tasarım stratejilerinin uygulanması gibi özellikler bakımından da benzer özellikler taşımaktadır. Geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım yaklaşımının farklı noktaları olarak ekip çalışması, teknoloji düzeyleri, doğayı tasarıma entegre etme şekilleri, malzeme tercihleri, pasif ve/veya aktif stratejilerin kullanımı, yapı kabuğu/cephe sistemleri, maliyet, yapım tekniği, saydamlık oranları vb. özellikler gösterilebilir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ve geleneksel mimarlığın farklılıklarının belirlenmesi ile biyomimetik tasarım yaklaşımının eksik kaldığı noktalarda geleneksel mimariden destek alabileceğini ortaya konulmaktadır. Biyomimetik tasarımın; malzeme, teknoloji, arazi ilişkisi, yapının tüm yaşam döngüsü sürecinde oluşturduğu atık miktarı ve enerji tüketimi gibi konularda geleneksel mimarlıktan referans alacağı birçok özellik bulunmaktadır.

Biyomimetik tasarım yaklaşımı ile gerçekleştirilen yapı örnekleri incelendiğinde, ağırlıklı olarak yapı kabuğunda yenilikçi çözümler oluşturma ve esnek tasarım imkânı sağlama konularında olumlu katkılar sunduğu görülmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı örnek projelerinde, doğadan ilham alınarak tasarlanan enerji etkin sistemlere ek olarak başka sürdürülebilir çözümleri (rüzgar türbini ve fotovoltaik panel kullanımı ile enerji kazanımı, yağmur suyunun toplanması ve kullanımı ile su korunumu, atık yönetimi ve ekolojik malzeme tercihleri ile kaynak korunumu vb.) de barındırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapı kabuğu (cephe ve gölgeleme elemanı vb.), taşıyıcı sistem, form, malzeme gibi alanlarda doğanın taklit edilmesi ile sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler geliştirilmiştir. Sonuç olarak; biyomimetik tasarım, çağdaş sürdürülebilir ve enerji etkin mimari için çözümler sunmaktadır. Ancak biyomimetik tasarım yaklaşımı örneklerinde, yapının sadece doğanın taklit edilmesi ile uygulanan stratejilerine değil bütününe bakıldığında sürdürülebilir özelliklere sahip olması önem taşımaktadır.

Biyomimetik tasarım yaklaşımının geliştirilmesi adına mimarın/tasarımcının bu konuda kendini geliştirmeye açık olması ve farklı disiplinler ile çalışma koordinasyonunu sağlaması gerekmektedir. Tasarımcıya/mimara bu konuda ekip yönetiminde önemli rol düşmektedir. Tez çalışmasında incelenen biyomimetik tasarım yapı örneklerinde, uzmanlaşmış biyomimikri uzmanının olmadığı çoğunlukla bu konuda bilince sahip olan mimar, tasarımcı, mühendislik şirketi çalışmalarının sonucu ortaya çıktığı görülmektedir. Biyomimetik tasarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasında; mimarın/tasarımcının rolü, bu konudaki eğitim hayatında oluşturulacak bilinç düzeyi, disiplinlerarası çalışmanın gerekliliği, teknoloji ilişkisi, sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesinde yüksek potansiyel taşıdığına farkına varılması, müşterilerin bilinci, bu konudaki yapılacak yarışmaların teşviki gibi faktörler oldukça önemlidir.

Çağdaş sürdürülebilir mimarlık adına günümüz ve gelecek mimarlığı için yenilikçi bir yöntem olan biyomimetik tasarım yaklaşımının gelişimini sürdürdüğü, geleneksel mimarlığın ise süreç içinde gelişimini tamamladığı görülmektedir. Geleneksel mimarlığın bilgi birikiminden yararlanan sürdürülebilir biyomimetik tasarım yaklaşımı mimarlık pratiği için yeni bir sürecin başlangıcı olacağı öngörülmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ve geleneksel mimarlığın sentezlenmesi, sürdürülebilir mimarinin gelişimi adına farklı bir boyut kazandıracaktır. Biyomimetik tasarım yaklaşımının geleneksel mimarlık ile sentezlenmesi durumu aşağıda farklı kapsamlarda detaylı olarak ele alınmıştır. Her iki mimarlık pratiğinin benzer ve farklı olduğu noktalarda ilişkisinin kurulması ile sağlayacağı faydalar üzerinde durulmuştur.

- Geleneksel mimarlıkta güneş ve rüzgar enerjisinden pasif şekilde yararlanılmıştır. Biyomimetik tasarım yaklaşımında ise güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına ek olarak jeotermal, hidrolik, hidrojen, dalga enerjisinden yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarıma dahil edilmesi ile enerji tasarrufu, enerji üretimi söz konusu olacaktır ve dolayısıyla fosil yakıt tüketimi azaltılacaktır.
- Geleneksel mimarlıkta bölgeden bölgeye değişen, çeşitlenen ve bölgenin kimliğini yansıtan özgün yapı örnekleri bulunmaktadır. Biyomimetik tasarım yaklaşımında ise doğadaki canlıların sunduğu stratejiler tasarımda yenilikçi ve

özgün çözümler oluşmasını sağlamaktadır. Bu doğrultuda iki mimarlık pratiğinin ilişkisinin kurulması bölgeye özgü ve özgün çözümleri barındıran mimari için büyük potansiyel taşımaktadır.

- Geleneksel mimarlıkta sürdürülebilir özelliklerin oluşmasını sağlayan pasif tasarım stratejileri biyomimetik tasarım yaklaşımında da uygulanmaktadır. Sadece iki mimarlık pratiğinde yoğunlaşılan pasif tasarım stratejilerinde farklılaşmalar görülmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımında ek olarak pasif sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda aktif sistemlerden yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda pasif ağırlıklı aktif sistem kullanımı ile enerji tüketiminin kontrol altına alınması mümkün olacaktır.
- Geleneksel mimarlıkta yerel, doğal yenilenebilir kaynaklardan elde edilen, geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir sürdürülebilir malzeme tercihlerinde bulunulmuştur. Biyomimetik tasarım yaklaşımında teknoloji ve doğadaki canlı stratejiler ile gelişim gösteren yenilikçi malzeme kullanımı ortaya çıkmıştır. İki mimarlık pratiğinin ilişkisinde, geleneksel mimarlıktaki sürdürülebilir malzeme tercihlerinin biyomimetik tasarım yaklaşımında da uygulanması oldukça önemlidir.
- Geleneksel mimarlığın iklim faktörü doğrultusunda gelişim göstermesi özgün enerji etkin çözümlerin oluşmasını sağlamıştır. Biyomimetik tasarım yaklaşımında ise başta doğadan esinlenen canlının iklim faktörü karşısında geliştirdiği stratejileri mimariye kaynak olmaktadır. Yapının yapıldığı bölgedeki iklim koşullarına uygun pasif tasarım stratejileri için doğaya başvurulmuştur. Bu doğrultuda iklim, yapılacak yapılarda dikkat edilmesi gereken önemli bir parametredir.
- Geleneksel mimarlık, yerel malzeme kullanımı, halkın katılımı ile deneme yanılma yoluyla gelişim göstermesi gibi düşük teknoloji mimarlığının ortak özelliklerini barındırmaktadır. Biyomimetik tasarım yaklaşımı ise, cam/metal malzeme kullanımı, yüksek saydamlık oranları, dijital teknolojilerin kullanılması, esneklik gibi yüksek teknoloji mimarlığının özelliklerini barındırmaktadır. Düşük ve yüksek teknolojinin uygun koşullar çerçevesinde beraber kullanımı sürdürülebilir çözümlerin oluşmasına katkı sağlayacaktır.

Bundan sonraki çalışmalarda mimarın/tasarımcının, yatırımcı/yüklenicinin, kullanıcının biyomimetik tasarım yaklaşımı ve/veya geleneksel mimarlık öğretilerinin tasarıma dahil edilmesi sürecindeki sorumlulukları ve bilinç düzeylerini değerlendiren anket çalışması yapılabilir. Böylece çağdaş sürdürülebilir mimarlık anlayışında biyomimetik ve geleneksel tasarım ilişkisinin geliştirilmesine ve tasarım süreçlerine dahil edilmesine dair öneriler zenginleştirilebilir. Biyomimetik tasarım yaklaşımının yaygın olmadığı ancak çok sayıda özgün geleneksel mimarlık örneğine sahip Türkiye vb. ülkelerde bu konuda farkındalık oluşturulması için iki mimarlık pratiğinin ilişkisi üzerinde yoğunlaşılması ve bu bağlamda gerçekleştirilecek tasarımların ve bilimsel çalışmaların artması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca ileride yapılacak çalışmalarda geleneksel mimarlık ve biyomimetik tasarım kapsamında yapılacak değerlendirmeler ve karşılaştırmalar için benzer tipolojiler ve iklim bölgesi özelinde eşit sayıda yapı örneğinin seçilmesi her iki mimarlık ilişkisinin farklı noktalardan ortaya çıkarılması adına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abaeian H., Madani R., Bahramian A., (2016), "Ecosystem Biomimicry: A Way To Achieve Thermal Comfort In Architecture", International Journal of Human Capital in Urban Management, 1(4), 267-278.

Al-Ban A. Z. G., (2016), "Architecture And Cultural Identity In The Traditional Homes Of Jeddah", Colorado University.

Aldersey Williams H., (2003), "Zoomorphic - New Animal Architecture", 1st Edition, London: Laurence King Publishing.

Anous I., (2015). "Biomimicry Innovative Approach in Interior Design for Increased Sustainability", American international journal of research in formal, applied & natural sciences, 10(1), 18-27.

Arslan Selçuk S., Gönenç Sorguç A., (2015), "Reconsidering the Role of Biomimesis in Architecture: A Holistic Approach for Sustainability", 2nd International Sustainable Building Symposium, 382-388, Ankara, Turkey, 20-30 May.

Arslan Selçuk S., Gönenç Sorguç A., (2007), "Mimarlık tasarımı paradigmasında biomimesis' in etkisi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2), 451-459.

Asian Building and Construction, (2001), "Esplanade Theatres On The Bay", Singapore: DP Architect, 10(6), 34-37.

Attia S., (2017), "Evaluation of adaptive facades: The case study of Al Bahr Towers in the UAE", QScience Connect, 2016(3), 1-12.

Aydın İpekçi C., Karakoç A. F., (2021), "Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Metal Malzemenin Yeniden Kullanımı ve Geri Dönüşümünde Mimarın/Tasarımcının Rolü", Mimarlık ve Yaşam, 6(2), 695-715.

Bagader M., (2017), "Climate adaptability in the Hejazi traditional architecture", International Journal of Heritage Architecture", 1(4), 683-693.

Batterjee S. A., (2010), "Performance of shading device inspired by traditional hejazi houses in Jeddah Saudi Arabia", Doctoral Dissertation, The British University in Dubai.

Balcıoğlu A., (2013), "Geleneksel ve Modern Bağ Evi Örneklerinin Soğutma Enerjisi Korunumunda Etkili Olan Tasarım Değişkenleri Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Bektaş C., (2001), "Halk Yapı Sanatı", 1.Basım, Literatür Yayıncılık.

Benyus J., (2002), "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature", New York, HarperCollins.

Bülünç E., Canan F., Yanar N., (2018), “Vernaküler Mimaride Sürdürülebilir Niteliklerin Farklı İklim Bölgeleri Üzerinden İncelenmesi”, Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, 37-46, İstanbul, 24-25 Aralık.

Canan F., Kobyay, H. B., Aköz A. B., Temizci A., (2020), “Vernaküler ve Çağdaş Mimarlık Örneklerinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Karşılaştırmalı Analizi: Antalya Kaleiçi ve Deniz Mahallesi Örneği”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(2), 256-266.

Charkas M., (2019), “Towards Environmentally Responsive Architecture: A Framework For Biomimic Design Of Building’s Skin”, Journal of Engineering Sciences, 47(3), 371-388.

Chayaamor-Heil N., Hannachi-Belkadi N., (2017), “Towards A Platform Of Investigative Tools For Biomimicry As A New Approach For Energy-Efficient Building Design”, Buildings, 7(1), 1-18.

Che Amat S., Rashid M.S., (2009), “An Analysis of the Traditional Malay Architecture as Indicators for Sustainability: An Introduction to its Genius Loci”, Arte-Polis 3rd International Conference on Creative Collaboration and the Making of Place, Bandung, Indonesia, 22-24 July.

Čolić-Damjanovic V. M., Gadjanski I., (2016), “Potentials of fablabs for biomimetic architectural research”, International Conference on Multidisciplinary Engineering Design Optimization (MEDO), 1-6, Belgrade, Serbia, 14-16 September.

Correia M., Dipasquale L., Mecca S., (2014), “Versus: Heritage For Tomorrow: Vernacular Knowledge For Sustainable Architecture”, Versus, 1-286.

ÇEKÜL, (2012), “Anadolu’da Kırsal Mimarlık”, İstanbul: Çekül Vakfı.

Dikmen Ç. B., (2011), “Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi”, Politeknik Dergisi, 14(2), 121-134.

Dizdar H., (2009), “İklimsel Tasarım Parametreleri Açısından Geleneksel Ve Yeni Konutların Değerlendirilmesi: Diyarbakır Örneği”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Erçin Ç., (2005), “Mimarlıkta İklim Faktörü Ve Bu Faktöre Bağlı Olarak Konut Alanlarında Fiziksel Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesi İçin İlkeler”, Yüksek lisans tezi, Yakın Doğu Üniversitesi.

Esin T., Yüksek İ., (2009), “Çevre Dostu Ekolojik Yapılar”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs.

Eşsiz Ö., Özgen A. (1999), “High Tech” Mimari. Tasarım+ Kuram, 1(1), 36-51.

Eyüce A., (2005), “Geleneksel Yapılar ve Mekanlar”, 1.Baskı, Birsan yayınları.

Faggal A. A., (2013), “Biomimetic energy conservation techniques & its applications in Buildings”.

Gerfen K., (2010), “Thyssenkrupp Quarter”, Achitect, 99(10), 1-144.

Gezer H., (2013), “Geleneksel Safranbolu Evlerinin Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12(23), 13-31.

Günay R., (1981), “Geleneksel Safranbolu Evleri ve Oluşumu”, 1.Baskı, T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları.

Günel Ö., (2004), “Sürdürülebilir Bina Tasarımında İklim Verilerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Güney Yüksel, F. C., Söğüt, M. A., (2021), “Geleneksel Bodrum Evlerinde Sürdürülebilirliğin Konut Tipolojisi Bakımından İncelenmesi”, Mimarlık ve Yaşam, 6(1), 77-93.

Gürel Ş., (2010), “Geleneksel Konutların Biçimlenişinde İklim Ögesinin Etkinliği: Safranbolu Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Härmănescu M., Enache C., (2016), “Vernacular and Technology. In Between”, Procedia Environmental Sciences, 32, 412-419.

Hekimoğlu S., (2014), “Mimaride Çevreci Yaklaşımlar Bağlamında Düşük Teknolojili (Low-Tech) Bina Uygulamaları Üzerine Bir İrdeleme”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

ICOMOS, (1999), ICOMOS Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü.

İmİK E., (2017), “Enerji Etkin Binaların Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi.

İnan T., Başaran T., (2015), “Çift Cidarlı Cepheler: Avantajları ve Dezavantajları”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 146, 80-86.

İnner S., (2019), “Biyomimikri ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı ve Gelişim”, Tasarım Enformatiği, 1(1), 15-29.

Kadiroğlu E., (2011), “Türkiye’de Enerji etkin Yapı Üretimi için Tasarım Kriterleri”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Karabetça A. R., (2016), “Biyomimikri Destekli Mekan Tasarımı Ölçütleri ve Bu Ölçütlerin Örnekler Üzerinde İncelenmesi”, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.

Karabetça A. R., (2018), “Biyomimikri Destekli Tasarım Ölçütleri İle Yenilikçi Mekanlar Yaratılması”, Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 8(1), 104-111.

Karaduman Ercan S., (2018), “Biyomimetik Str  kt  rlerin   rneklerle   rdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.

Karagözlü A. B., (2006), “Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına Yönelik Bir   alışma”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Karakoç A. F.,   zer Yüksel E., (2021), “Enerji Etkin Tasarım ve Sürdürülebilir Mimari Bağlamında Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım İlişkisi”, 1. Uluslararası Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Sempozyumu, 573-585, Isparta, Türkiye, 27-29 Ekim.

Karanouha A., Kerberb E., (2015), “Innovations in dynamic architecture The Al-Bahr Towers Design and delivery of complex facades”, Journal of Facade Design and Engineering, 3(2), 185–221.

Karaosman K. S., (2010), “Her Mimarlık Yapıtı Yaşamını S  rd  rece  i Topraklara   zg   Olmalıdır”, Ciravoğlu A., Editör, Kentte - Yaşamda – Mimaride Ekolojik Perspektifler, 1.Baskı, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent şubesi.

Kazmaoğlu M., Tanyeli U., (1979), “Anadolu konut mimarisinde bölgesel farklılıklar”, Yapı, 33(1979), 29-41.

Kısa Ovalı, P., Delibaş, N., (2016), “Yerel Mimarinin Sürdürülebilirliği Kapsamında Kayaköy'  n   z  mlemesi”, Megaron, 11(4).

Kim J. J., Rigdon B., (1998), “Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design”, National Pollution Prevention Center for Higher Education, The University of Michigan, Michigan, 1-28.

Klimatoloji şube Müdürlüğü, (2017), “İklim sınıflandırmaları”, Meteoroloji Genel M  d  rl     (MGM), Kalaba, Ankara, Türkiye.

Knippers J., Scheible F., Oppe M., Jungjohann H., (2012), “Bio-inspired Kinetic GFRP-fa  de for the Thematic Pavilion of the EXPO 2012 in Yeosu”, IASS-APCS Symposium 2012: From Spatial Structures to Space Structures, Seoul, Korean, 21-24 May.

K    k M., Arslan H. İ., (2020), “ Investigation of Diagrid Structures Over Gherkin Tower”, 3rd International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism, 2-22, Alanya, Türkiye, 6-8 May.

Liu K., Jiang L., (2011), “Bio-inspired design of multiscale structures for function integration”, Nano Today, 6(2), 155-175.

Lopez M., Rubio R., Martin S., Croxford B., (2017), “How plants inspire fa  des. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67(1), 692-703.

Lowe K.D., (2012), “Heaven and Earth-Sustaining Elements in Hakka Tulou”, Sustainability, 4(11), 2795-2802.

Manioğlu G., (2007), “Geleneksel Mimaride İklimle Uyumlu Binalar: Mardin’de Bir Öğrenci Atölyesi”, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 25-28 Ekim.

Manioğlu G., Oral G. K., (2010), “Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı”, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 257-266, İzmir, Buca, 15-16 Nisan.

Mansour H., (2010), “Biomimicry A 21st century design strategy integrating with nature in a sustainable way”, BUE – FISC 2010 – 12.

Minsolmaz Yeler G., (2015), “Biyomimetik Şehirler”, Kırklareli Üniversitesi.

Mohamed N. A., Bakr A. F., Hasan A. E., (2019), “Energy Efficient Buildings in Smart Cities: Biomimicry Approach”, 24th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society Geo Multimedia, 257-267, Karlsruhe, Germany, 2-4 April.

Oğuz M. Ö., Metin E., Mormenekşe F., (2007), “2003 Yılında Türkiye’de Yaşayan Geleneksel Mimari”, Gazi Üniversitesi THBMER Yayınları.

Okeke F. O., Okekeogbu C. J., Adibe F. A., (2017), “Biomimicry and sustainable architecture: a review of existing literature” Journal of Environmental Management and Safety, 8(1), 11-24

Oliver P., (2007), “Built To Meet Needs: Cultural Issues In Vernacular Architecture”, 1st Edition, Routledge.

Oral K. G., Manioğlu G., (2005), “İklimle Dengeli Tasarım: Mardin, Antakya Örnekleri”, Tasarım Dergisi, 157, 136-142.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2016), “Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi” Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 1-18.

Özdemir B. B., (2005), “Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Özdemir E., (2014), “Enerji Etkin Binaların Arkitektonik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.

Özeler Kanan N., (2010), “Ekolojik Mimarlıkta Mimari Bütünleşmenin 1990 Yılı Sonrası Ken Yeang ve Norman Foster’ın Yapıları Özelinde İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Paunovic-Žaric S., Salihbegovic A., Rosemann A. L. P., (2016), “Towards A Contemporary Vernacular Building Envelope”, In 3rd International Conference Sustainable Architecture (S. ARCH-2016), Becici, Montenegro, 25-27 May.

Pawlyn M., (2011), "Biomimicry In Architecture", 1st Edition, RIBA Publishing, London.

Pedersen Zari M., Storey J. B., (2007), "An Ecosystem Based Biomimetic Theory for a Regenerative Built Environment", Lisbon Sustainable Building Conference, Lisbon, Portugal, 12-14 September.

Pedersen Zari M., (2007), "Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability", Sustainable Building Conference (SB07), Auckland, New Zealand, 14-16 November.

Pedersen Zari M., (2010), "Biomimetic Design For Climate Change Adaptation And Mitigation", Architectural Science Review, 53(2), 172-183.

Pedersen Zari M., (2014), "Biomimetic Energy Generation Systems for Buildings", In: Anwar S., Editors, "Encyclopaedia of Energy Engineering and Technology" 2nd Revised Hardcover edition, CRC Press.

Peel M. C., Finlayson B. L., McMahon T. A. (2007), "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification", Hydrology and earth system sciences, 11(5), 1633-1644.

Prakash N., Sharma P., (2017), "Biomimicry: A Pathway to Sustainable Built Environment", Journal of Civil Engineering and Environmental Technology, 4(3), 233-238.

Radwan G. A., Osama N., (2016), "Biomimicry, An Approach, For Energy Efficient Building Skin Design", Procedia Environmental Sciences, 34, 178-189.

Ragette F., (2003), "Traditional Domestic Architecture of the Arab Region", Edition Axel Menges.

Rao R., (2014), "Biomimicry In Architecture", International Journal of Advanced Research in Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering and Developing, 1(3), 101-107.

Sev A., (2009), "Sürdürülebilir Mimarlık", 1.Baskı, YEM Yayın.

Sev A., Başarır B., (2011), "Geçmişten Geleceğe Enerji Etkin Yüksek Yapılar Ve Uygulama Örnekleri", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1499-1512, İzmir, 13-16 Nisan.

Sezgin H., (1984), "Vernaküler Mimari ve Günümüz Koşullarındaki Durumu", Mimarlık, 221 (3,4), 44-47.

Smith A., (2015), "China In Bloom", CIBSE Journal, 3-4.

Spiegelhalter T., (2015), "Integrated Project Delivery and Total Building Automation: Q1 ThyssenKrupp Headquarter JSWD Architekten + Chaix & Morel et Associes", In:

Spiegelhalter T., Andia A., Editors, s“Post-Parametric Automation in Design and Construction”, Artech House.

Stegmaier T., Linke M., Planck H., (2009), “Bionics in textiles: flexible and translucent thermal insulations for solar thermal applications”, Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 367(1894), 1749-1758.

Syed Y. F., (2021), “Biomimicry As A Strategy To Enhance Ecologically Regenerative Design”, Master Thesis, Auckland University of Technology.

Symeonidou I., Efstathiadis A., (2019), “Biomimetic principles for energy efficiency in buildings”, 8th International Conference “Energy In Buildings 2019”, Athens, 28 Semptember.

Şuta O., (2019), “Vernaküler Mimari Bağlamında Gölcük Yazlık Ilıcası Turizm Yapıları”, Social Mentality And Research Thinkers Journals, 5(18), 612-634.

Tekin Ç., Kurugöl S., (2011), “Üç Canlı İle Çevre Dostu Üç Bina”, Engineering Sciences, 6(4), 943-952.

Tıkansak T. E., (2013), “Konutlarda Enerji Etkinliği”, ICONARP International Journal of Architecture and Planning, 1(2), 189-200.

Tomlinson R., Baker W., Leung L., Chien S., Zhu Y., (2014), “High Performance Design Shapes Sustainable Supertall Building”, CTBUH Journal, (2).

Uçar S., (2019), “Mimari Açından Biyomimikrinin Tasarım Paradigması Olarak Değerlendirilmesi”, 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, 4(3), 213-219, Ankara, Turkey, 19-21 April.

Ulukavak Harputlugil G., (2016), “Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri”, T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı, Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Teknik Yardım Projesi, 38.

Utkutuğ G, (1999), “Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi, Mimar Tesisat Mühendisi İş Birliği”, IV Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 21-36, İzmir, Türkiye, 4-7 Kasım.

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.

Wang SS., Li SY., Liao SJ., (2012), “The Genes of Tulou: A Study on the Preservation and Sustainable Development of Tulou”, Sustainability, 4(12), 3377-3386.

Web 1, (2021), <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, (Erişim Tarihi: 13/01/2022).

- Web 2, (2021), <https://edition.cnn.com/style/article/vernacular-architecture-sustainability/index.html>, (Erişim Tarihi: 16/12/2021).
- Web 3, (2021), <https://www.archdaily.com/805415/11-vernacular-building-techniques-that-are-disappearing>, (Erişim Tarihi: 17/12/2021).
- Web 4, (2021), <https://alexandraiaccarino.wordpress.com/2013/09/12/we-are-all-outdoor-animals-week-2-september-10-and-12/>, (Erişim Tarihi: 17/12/2021).
- Web 5, (2021), <https://www.archdaily.com/951667/what-is-vernacular-architecture/5fac944063c01743d100007e-what-is-vernacular-architecture-image>, (Erişim Tarihi: 07/10/2021).
- Web 6, (2021), <https://danfreemanphoto.tumblr.com/post/126598008130/al-balad-district-jeddah>, (Erişim Tarihi: 22/10/2021).
- Web 7, (2021), <https://kulturveyasam.com/8-maddede-safranbolu-unlu-safranbolu-evlerinin-mimari-ozellikleri/>, (Erişim Tarihi: 02/10/2021).
- Web 8, (2021), https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Fujian_Tulou, (Erişim Tarihi: 23/09/2021).
- Web 9, (2022), <http://era-kreativindustrie.eu/language/en/mick-pearce-and-arup-eastgate-centre-zimbabwe-1996/>, (Erişim Tarihi: 15/01/2022).
- Web 10, (2022), <https://www.archdaily.com/12956/zira-island-carbon-neutral-master-plan-big-architects>, (Erişim Tarihi: 15/01/2022).
- Web 11, (2022), <https://architizer.com/projects/biotic-tech-skyscraper-city/>, (Erişim Tarihi: 15/01/2022).
- Web 12, (2022), <https://mega.online/en/articles/sustainable-architecture-taking-a-leaf-out-of-natures-book>, (Erişim Tarihi: 15/01/2022).
- Web 13, (2022), <https://asknature.org/strategy/water-vapor-harvesting/>, (Erişim Tarihi: 15/01/2022).
- Web 14, (2022), <https://phys.org/news/2014-05-video-harvesting-fresh-fog.html>, (Erişim Tarihi: 15/01/2022).
- Web 15, (2021), <https://www.dwell.com/article/the-monkey-house-atelier-marko-brajuvic-b6a9da31>, (Erişim Tarihi: 26/06/2021).
- Web 16, (2021), <https://www.archdaily.com/953862/monkey-house-atelier-marko-brajuvic>, (Erişim Tarihi: 25/06/2021).
- Web 17, (2021), <https://www.atelierten.com/projects/the-esplanade-theatres-on-the-bay/>, (Erişim Tarihi: 11/09/2021).

- Web 18, (2021), <https://www.arch2o.com/biomimicry-enhances-architecture/>, (Erişim Tarihi: 11/09/2021).
- Web 19, (2021), <https://www.bca.gov.sg/greenmark/others/gm2018.pdf>, (Erişim Tarihi: 10/07/2021).
- Web 20, (2021), <https://www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers> , (Erişim Tarihi: 15/11/2021).
- Web 21, (2021), <http://www.inew.cn/index.php?c=article&a=type&tid=47> , (Erişim Tarihi: 27/08/2021).
- Web 22, (2021), <https://aasarchitecture.com/2013/09/wuhan-energy-centre-by-grontmij-and-soeters-van-eldonk-architects.html/>, (Erişim Tarihi: 27/08/2021).
- Web 23, (2021), <https://www.scia.net/en/company/references/projects/new-energy-institute-wuhan-province-hubei-peoples-republic-china> , (Erişim Tarihi: 02/08/2021).
- Web 24, (2021), <https://www.detail-online.com/article/one-ocean-thematic-pavilion-for-expo-2012-16339/> , (Erişim Tarihi: 05/09/2021).
- Web 25, (2021), <https://transsolar.com/projects/one-ocean-pavillon-expo-2012> , (Erişim Tarihi: 08/09/2021).
- Web 26, (2021), <https://blogionik.org/blog/2016/03/23/flectofin-hingless-flapping-mechanism/>, (Erişim Tarihi: 09/09/2021).
- Web 27, (2021), <https://www.arch2o.com/pearl-river-tower-som/>, (Erişim Tarihi: 10/11/2021).
- Web 28, (2021), <https://inhabitat.com/guangdong-green-skyscraper/>, (Erişim Tarihi: 22/07/2021).
- Web 29, (2021), <https://heinzcpm.wordpress.com/2015/08/16/pearl-river-tower/>, (Erişim Tarihi: 15/08/2021).
- Web 30, (2021), <https://arquitecturaviva.com/works/torre-30-st-mary-axe-6> , (Erişim Tarihi: 13/09/2021).
- Web 31, (2021), <https://www.modlar.com/photos/collections/105/biomimicry/view/>, (Erişim Tarihi: 13/09/2021).
- Web 32, (2021), https://www.vogt-la.com/30_st_mary_axe , (Erişim Tarihi: 20/06/2021).
- Web 33, (2021), https://www.academia.edu/17089030/The_Gherkin , (Erişim Tarihi: 22/06/2021).
- Web 34, (2021), https://prezi.com/sxt_dfdzmijt/case-study-for-the-gherkin/ , (Erişim Tarihi: 22/06/2021).

Web 35, (2021), <https://www.archinomy.com/case-studies/30-st-mary-axe-the-gherkin-london/> , (Erişim Tarihi: 22/06/2021).

Web 36, (2021), <http://facadesconfidential.blogspot.com/2010/12/thyssenkrupp-quarter-facades-giants.html> , (Erişim Tarihi: 15/07/2021).

Web 37, (2021), <https://www.yumpu.com/en/document/read/9726545/new-thyssenkrupp-quarter-now-open-for-business>, (Erişim Tarihi: 14/07/2021).

Web 38, (2021), <https://www.thyssenkrupp.com/en/company/quarter> , (Erişim Tarihi: 14/07/2021).

Web 39, (2021), https://tr.wikipedia.org/wiki/Tropikal_iklim , (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

Web 40, (2021), <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification/World-distribution-of-major-climatic-types> , (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

Web 41, (2021), https://tr.wikipedia.org/wiki/Il%C4%B1man_ku%C5%9Fak_iklimleri , (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

Web 42, (2021), https://tr.wikipedia.org/wiki/Karasal_iklim , (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

Web 43, (2021), https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_iklim_s%C4%B1n%C4%B1fland%C4%B1rmas%C4%B1#Grup_D:_K%C4%B1tasal/_Mikrotermal_%C4%B0klimler, (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

Web 44, (2021), https://tr.wikipedia.org/wiki/Tropikal_ya%C4%9Fmur_orman%C4%B1_iklimi , (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

Web 45, (2021), https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87%C3%B6l_iklimi , (Erişim Tarihi: 11/12/2021).

World Commission on Environment and Development, (1987), “Our Common Future”, Oxford, Oxford University Press.

Xuereb K., (2014), “The Al Bahr towers - enhancing sustainability through innovation”, Sustainable Energy 2014:The Ise Annual Conference, 9-16, Qawra, Malta, 20 March.

Yang J., Cadima P., (2018), “Passive Cooling Strategies Of Tulou In Fujian, China”, Proceedings of the 34th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Hong Kong, China, 10-12 December.

Yelland R. M., (2013), “History Made for Tomorrow: Hakka Tulou”, Sustainability, 5(11), 4908-4919.

Yener A. K., (2007), “Binalarda Güneşten Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler”, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 231-241, İzmir, Türkiye, 25-28 Ekim.

Yılmaz Z., (2006), “Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 91, 7-15.

Yuan L. J., (1987), “The Traditional Malay House: Indigenous and traditional knowledge and practices”, 73-88.

Yüksek İ., Esin T., (2009), “Kırklareli Geleneksel Konut Örneklerinin Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 797-807.

Yüksek İ., Esin T., (2011), “Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi”, Tesisat Mühendisliği, 125, 63-77.

Zinzade D., (2010), “Yüksek Yapı Tasarımında Sürdürülebilirlik Boyutunun İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Feyza KARAKOÇ, 2018 yılında İstanbul Ticaret Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümünden ikincilik ile mezun oldu. 2019 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Öğrencilik ve mesleki hayatında katıldığı mimari yarışmalarda çeşitli ödülleri bulunmaktadır.



EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Karakoç A. F., Özer Yüksel E., (2021), “Enerji Etkin Tasarım ve Sürdürülebilir Mimari Bağlamında Geleneksel Mimarlık ve Biyomimetik Tasarım İlişkisi”, 1. Uluslararası Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Sempozyumu, 573-585, Isparta, Türkiye, 27-29 Ekim.

