

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENERJİ YÖNETİMİ VE TEKNOLOJİLERİ**

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ BAĞLAMINDA YAPI TASARIM KRİTERLERİ VE**  
**YEŞİL BİNA SERTİFİKALANDIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AYŞEN ÖZGE YAĞLICA**

**DENİZLİ, KASIM - 2022**

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENERJİ YÖNETİMİ VE TEKNOLOJİLERİ**



**ENERJİ VERİMLİLİĞİ BAĞLAMINDA YAPI TASARIM KRİTERLERİ VE**  
**YEŞİL BİNA SERTİFİKALANDIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AYŞEN ÖZGE YAĞLICA**

**DENİZLİ, KASIM - 2022**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**Ayşen Özge YAĞLICA**

## ÖZET

### ENERJİ VERİMLİLİĞİ BAĞLAMINDA YAPI TASARIM KRİTERLERİ VE YEŞİL BİNA SERTİFİKALANDIRILMASI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**AYŞEN ÖZGE YAĞLICA**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENERJİ YÖNETİMİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**  
**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. CEM GÖK)**

**DENİZLİ, KASIM - 2022**

Günümüzde yaşanan çevresel ve iklimsel problemler, kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesi ve tükenen bu kaynakların sınırsız olmadığı gerçeği birçok bilimsel disiplini bu sorunun çözümüne yöneltmiştir. Sürdürülebilirlik, gün geçtikçe yeni boyutlar kazanan ve kapsamı genişleyen bir kavramdır. Dünya genelinde yapı sektöründeki yoğun kaynak ve enerji kullanımından dolayı mimarlık disiplini de çevreci yaklaşımlara yönelerek sürdürülebilirlik kapsamına dâhil olmuştur. Bu bağlamda, yapıların yaşam döngüsü süreçlerinde meydana gelen problemler önceden tespit edilerek tasarım aşamasında gerekli önlemler alınmaktadır.

Çevre sorunlarının küresel bir boyut kazanması, 1970’li yıllardan bu yana dünya çapında bir farkındalık ortamı yaratmıştır. Doğaya zarar vermeme ve kaynakları bilinçli kullanma gibi yaklaşımları hedefleyen sürdürülebilirlik kavramının mimariye entegre olması, doğa ile bütünleşen ve enerji etkin yapı tasarımları ile gerçekleşmiştir.

Disiplinlerarası bu çalışmada, sürdürülebilir mimarlık ve enerji yönetimi kavramları hakkında detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu bağlamda tez çalışmasında sürdürülebilir yapı tasarım kriterleri, değerlendirme sistemleri; enerji kavramı, enerji verimliliği ve yapılarda enerji etkinliğini sağlayan sistemler üzerinde durulmuştur. Son bölümde ise sertifikalı mevcut bir yapı ziyaret edilmiştir. Yapının LEED hedefleri ve enerji tüketimi konusunda ilgili kişiler ve kaynaklardan veriler toplanmıştır. Tez süresince edinilen bilgiler ve temin edilen veriler ışığında yapı değerlendirilerek eleştiri ve önerilerde bulunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELEER: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, SÜRDÜRÜLEBİLİR  
MİMARLIK, YEŞİL BİNA, ENERJİ, ENERJİ VERİMLİLİĞİ, LEED**

## **ABSTRACT**

### **BUILDING DESIGN CRITERIA AND GREEN BUILDING CERTIFICATION IN THE CONTEXT OF ENERGY EFFICIENCY**

#### **MSC THESIS**

**AYŞEN ÖZGE YAĞLICA**  
**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**  
**ENERGY MANAGEMENT AND TECHNOLOGIES**  
**(SUPERVISOR: PROF. DR. CEM GÖK)**  
**DENİZLİ, NOVEMBER 2022**

The fact that today's environmental and climatic problems, rapid depletion of resources, and that these depleted resources are not limitless has led many scientific disciplines to the solution of this problem. Sustainability is a concept that is growing and gaining new dimensions. The discipline of architecture has also been involved in sustainability by managing environmental approaches, due to the extensive use of resources and energy in the building sector around the world. In this context, the problems that occur in the lifecycle processes of structures are pre-identified and necessary measures are taken in the design phase.

The global dimension of environmental problems has created a worldwide awareness environment since 1970. The concept of sustainability, which aims to avoid damaging nature and to use resources responsibly, is integrated into architecture, with energy-efficient design structures that integrate with nature.

In this interdisciplinary study, a detailed literature study was conducted on the concepts of sustainable architecture and energy management. In this context, the design criteria for sustainable structures, evaluation systems, energy concepts, energy efficiency and energy efficiency in structures were discussed in the thesis study. In the last section, an existing certified structure has been visited. Data has been collected from relevant people and sources regarding the LEED objectives and energy consumption of the structure. In light of the information obtained during the thesis and the data provided, the structure was evaluated and criticized and suggested.

**KEYWORDS:** SUSTAINABILITY, SUSTAINABLE ARCHITECTURE, GREEN BUILDING, ENERGY, ENERGY EFFICIENCY, LEED

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SEMBOLE LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı.....	1
1.2 Araştırmanın Amacı.....	2
1.3 Materyal.....	2
1.4 Metod.....	3
<b>2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı.....	4
2.2 Sürdürülebilirlik Kavramının Ortaya Çıkışı.....	5
2.3 Sürdürülebilirlik Kavramının Tarihsel Gelişimi.....	7
2.4 Sürdürülebilir Kentleşme.....	15
<b>3. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE YEŞİL BİNALAR.....</b>	<b>19</b>
3.1 Mimarlığın ilkeleri.....	19
3.2 Sürdürülebilirlik ve Mimarlık İlişkisi.....	20
3.3 Sürdürülebilir Mimarlığın Tanımlanması.....	22
3.3.1 Teknolojik olgu.....	22
3.3.2 Doğal olgu.....	23
3.3.3 Sosyal olgu.....	24
3.4 Sürdürülebilir Mimarlıkta Hedefler ve İlkeler.....	26
3.4.1 Kaynakların Korunması.....	27
3.4.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirme.....	28
3.4.3 Yaşanabilir Çevrelerin Tasarımı.....	29
3.5 Yeşil Bina Kavramı.....	30
3.6 Yeşil Bina Tasarım Kriterleri.....	32
3.7 Yeşil Bina Sertifikasyonu.....	32
3.8 Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri.....	33
3.8.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Sistemleri.....	34
3.8.1.1 Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Süreçleri.....	35
3.8.1.1.1 Hammaddenin Edinilmesi ve Hazırlanması Aşaması.....	35
3.8.1.1.2 Yapım, Kullanım ve Onarım Aşaması.....	35
3.8.1.1.3 Malzemenin Geri Dönüşümü, Tekrardan Kullanılması ve Atık Süreci.....	36
3.8.2 Ölçütlere Dayalı Değerlendirme Sistemleri.....	37
3.8.2.1 Dünya’da Yaygın Olarak Kullanılan Ölçütlere Dayalı Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifikalandırma Sistemleri.....	39
3.8.2.1.1 BREEAM.....	39
3.8.2.1.2 3.8.3.2 SBTool Değerlendirme ve Sertifikasyon Sistemi... 43	43
3.8.2.2 Green Star Değerlendirme ve Sertifikasyon Sistemi.....	44
3.8.2.2.1 CASBEE Değerlendirme ve Sertifikasyon sistemi.....	46
3.8.2.2.2 DGNB.....	47

<b>4. LEED .....</b>	<b>51</b>
4.1 LEED Kategorileri .....	52
4.2 LEED Sıfır .....	53
4.3 LEED Yeşil Şehir Sertifikası .....	54
4.4 LEED Yeniden Sertifikalandırma .....	54
4.5 LEED Değerlendirme Kriterleri .....	54
4.5.1 Bütünleşik Süreç Yönetimi .....	55
4.5.2 Konum ve Ulaşım .....	55
4.5.3 Sürdürülebilir Araziler .....	56
4.5.4 Su Verimliliği .....	57
4.5.5 Enerji ve Atmosfer .....	58
4.5.6 Malzemeler ve Kaynaklar .....	59
4.5.7 İç Mekân Hava Kalitesi .....	60
4.5.8 İnovasyon (Tasarımda Yenilikçilik) .....	61
4.5.9 Bölgesel Öncelik .....	61
4.6 LEED Sertifikalandırma Aşamaları .....	62
<b>5. ENERJİ ETKİN YAPI TASARIMINDA KRİTERLER .....</b>	<b>64</b>
5.1 Enerji ve Türleri .....	64
5.2 Enerji Kaynakları .....	66
5.3 Sürdürülebilirlik Bağlamında Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	67
5.3.1 Güneş Enerjisi .....	67
5.3.2 Rüzgâr Enerjisi .....	68
5.3.3 Hidrolik Enerji .....	69
5.3.4 Jeotermal Enerji .....	69
5.3.5 Biyokütle Enerjisi .....	70
5.3.6 Deniz Kökenli Enerjiler .....	71
5.4 Enerji Verimliliği Kavramı .....	71
5.5 Yapılarda Enerji Verimliliği .....	72
5.6 Enerji Etkin Yapı ve Tasarım Kriterleri .....	73
5.6.1 Topoğrafya .....	75
5.6.2 Yapı Aralıkları .....	76
5.6.3 Binalar Arası Açık Mekânların Düzenlenmesi .....	77
5.6.3.1 Peyzaj Tasarımı .....	77
5.6.3.2 Açık Mekân Yüzey Örtü Malzemeleri .....	77
5.6.3.3 Yapı Yönlendirilişi .....	78
5.6.3.4 Hacim Organizasyonu .....	79
5.6.3.5 Yapı Formu .....	79
5.6.3.6 Yapı Kabuğu Özellikleri .....	80
5.6.3.7 Doğal Aydınlatma .....	81
5.6.3.8 Doğal Havalandırma .....	81
5.7 Güneş Enerjisinden Yararlanma .....	82
5.7.1 Pasif Sistemler .....	84
5.7.1.1 Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri .....	85
5.7.1.2 Dolaylı Pasif Güneş Sistemleri .....	87
5.7.1.2.1 Tromb (Güneş) Duvarı .....	88
5.7.1.2.2 Seralar .....	89
5.7.1.2.3 Bidon (Su) Duvarı .....	89
5.7.1.2.4 Isısal Baca Uygulamaları .....	90
5.7.1.2.5 Çatı Havuzları .....	91
5.7.1.2.6 Termosifon Sistemler .....	91

5.7.1.2.7	Ayrık Açıklıklar .....	92
5.7.1.2.8	Kaya Zemin Kış Bahçesi .....	93
5.7.2	Aktif Sistemler .....	93
5.7.2.1	Güneş Kolektörleri .....	94
5.7.2.2	Fotovoltaik Sistemler .....	97
5.7.2.2.1	Fotovoltaik Hücrelerin Çalışma Prensibi.....	98
5.7.2.2.2	Fotovoltaik Hücre Özellikleri Panel ve Dizi.....	99
5.7.2.2.3	PV Modül Verimliliğini Etkileyen Faktörler.....	101
5.7.2.2.4	Fotovoltaik Sistemlerin Mimariye Entegre Edilmesi .....	101
5.7.2.2.5	Fotovoltaik Panellerin Yapı Kabuğuna Entegrasyonu.....	102
5.7.2.2.6	Çatı Bileşeni Olarak Kullanımı.....	104
<b>6.</b>	<b>ALAN ÇALIŞMASI: ENERJİ VE ATMOSFER BAŞLIĞI ALTINDA</b>	
	<b>LEED SERTİFİKALI YEŞİL BİNA ÖRNEĞİNİ ENERJİ</b>	
	<b>PERFORMANSI BAĞLAMINDA İNCELEME .....</b>	<b>105</b>
6.1	Alan Araştırma Çalışmasının Amacı ve Kapsamı.....	105
6.1.1	Amaç .....	105
6.1.2	Kapsam ve Yöntem.....	105
6.2	Verilerin Toplanması.....	106
6.3	FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Tanıtılması .....	107
6.3.1	Yerleşim ve İklim Verileri.....	107
6.3.2	Projenin Künyesi.....	109
6.3.3	Mimari Proje .....	110
6.3.4	Yapının LEED Performans Kategorilerine Göre Hedef ve Puanları	112
6.3.4.1	Sürdürülebilir Arazi Kategorisi.....	112
6.3.4.2	Su Verimliliği.....	113
6.3.4.3	Enerji ve Atmosfer .....	114
6.3.4.4	Malzeme ve Kaynaklar .....	114
6.3.4.5	İç Mekân Hava Kalitesi.....	115
6.3.4.6	Tasarımda Yenilik.....	116
6.3.4.7	Bölgesel Öncelik .....	116
6.3.4.8	Konum ve Ulaşım .....	116
6.3.4.9	Entegratif Süreç.....	117
6.3.5	Yapıda Enerji Etkin Tasarımda Uygulanan Sistemler ve LEED	
Hedefleri .....		117
6.3.5.1	Pasif Tasarım.....	119
6.3.5.1.1	Yapı Bulunduğu Konum.....	119
6.3.5.1.2	Yapının Çevredeki Yapılar İle Arasındaki Mesafesi.....	119
6.3.5.1.3	Yapının Yönlendirilişi .....	119
6.3.5.1.4	Yapının Kabuk Tasarımı.....	120
6.3.5.1.5	Yapıda Doğal Havalandırma .....	123
6.3.5.2	Aktif Sistemler .....	124
6.3.5.3	HVAC Sistemleri .....	126
6.3.5.4	Sıcak Su Temini .....	129
6.3.5.5	Aydınlatma.....	129
6.3.6	Yapının Yıllık Enerji Tüketiminin Enerji Modellemesi	
Simülasyonu ve Uygulamadaki Yıllık Enerji Tüketim ve Üretim		
Sonuçları.....		129
6.3.6.1	Yapının Enerji Modellemesi Simülasyondaki Yıllık Elektrik	
Enerjisi Tüketim Sonuçları .....		130



6.3.6.2 Yapının Kullanım Aşamasında Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketiminin Üretimini Karşılama Sonuçları.....	130
6.3.7 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Yapısının Simülasyonda Öngörülen Yıllık Enerji Tüketim Değerleriyle Uygulamadaki Fatura Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi.....	132
6.3.8 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Yapısı Hakkında Enerji Verimliliği Bağlamında Değerlendirme ve Öneriler.....	132
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>137</b>
<b>8. KAYNAKÇA.....</b>	<b>139</b>
<b>9. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>152</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: 1987 sonrası kalkınmanın ögeleri (Kayıhan 2006).....	8
Şekil 2.2: Sürdürülebilirliğin Çekirdeği (Özsoy ve Dinç 2016) .....	10
Şekil 2.3 : Sürdürülebilir Kentleşme İlke ve Politikaları (Varol ve Üçer 2005) .	18
Şekil 3.1: Howard "Bahçe Kent" modeli (8. URL).....	21
Şekil 3.2: Sektörlere Göre Enerji Dağılımları (Özmehmet 2007).....	22
Şekil 3.3 : Sokrates Evi Plan/ Kesit (9. URL).....	24
Şekil 3.4 : Harran Evleri (10. URL).....	24
Şekil 3.5 : Göçebe Çadırı Görünüş/ Plan- Türk Evi Plan (Küçükerman 2007)..	25
Şekil 3.6 : Sürdürülebilir Yapımın Nitelikleri (Çelebi 2008.....	26
Şekil 3.7: Sürdürülebilir Mimarlığın İlkeleri (Çelebi 2008) .....	27
Şekil 3.8: Yeşil Bina Getirileri (12.URL) .....	31
Şekil 3.9: BREEAM Değerlendirme Ölçütleri (13. URL).....	41
Şekil 3.10: BREEAM Değerlendirme Kategorileri ve Puan Yüzdeleri (13. URL).....	42
Şekil 3.11: SBTool Değerlendirme Kategorileri ve Puan Yüzdeleri (14. URL)	43
Şekil 3.12: GreenStar Kategori ve Puan Yüzdeleri (16. URL).....	45
Şekil 3.13 : DGNB Değerlendirme Ölçütleri ve Puan Yüzdeleri (18. URL).....	48
Şekil 4.1: LEED V.4 Değerlendirme Kategorileri (19. URL) .....	55
Şekil 5.1: Farklı Tasarımlardaki Günışığı Aydınlatma Olanakları (Ulukavak Harputlugil 2016) .....	81
Şekil 5.2: Baca Etkisi (Ulukavak Harputlugil 2016) .....	82
Şekil 5.3: Doğrudan Pasif Sistemler (Alparslan 2010) .....	86
Şekil 5.4: Tromb Güneş Duvarı (Alparslan 2010) .....	88
Şekil 5.5: Sera Uygulaması (Alparslan 2010).....	89
Şekil 5.6: (Bidon) Su Duvarı Çalışma Prensibi (Alparslan 2010) .....	90
Şekil 5.7: Isısal Baca Uygulamaları (Uslusoy 2012) .....	91
Şekil 5.8: Çatı Havuzu (Alparslan 2010) .....	91
Şekil 5.9: Termosifon Uygulaması (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015) .....	92
Şekil 5.10: Ayrık Açıklık Uygulaması (Alparslan 2010).....	92
Şekil 5.11: Düzlemsel ve Vakum Borulu Güneş Kollektörleri.....	95
Şekil 5.12: Yoğunlaştırıcı Kollektörler (Livatyalı 2011).....	96
Şekil 5.13: PV Modül, Panel, Dizi (Atlım 2019).....	99
Şekil 6.1: Kapsam ve Yöntem Aşamalar .....	106
Şekil 6.2: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Google Earth Görünümü.....	107
Şekil 6.3: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Google Earth Konumu .....	107
Şekil 6.4: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Zemin Kat Planı .....	111
Şekil 6.5: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi 1. Kat Planı .....	111
Şekil 6.6: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatı Katı Planı.....	111
Şekil 6.7: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Katlarda Bulunan Geri Dönüşüm Kutuları.....	115
Şekil 6.8: Bina Enerji Modellemesi Perspektif Görüntüleri .....	118
Şekil 6.9: Tasarlanan Binanın Referans Yapıya Göre Enerji Tüketimi Karşılaştırma Tablosu .....	118
Şekil 6.10: Tasarlanan Binanın Referans Yapıya Göre Enerji Tüketimi Karşılaştırma Tablosu .....	118

Şekil 6.11: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Şeffaf Cephe Tasarımı (32. URL)	120
Şekil 6.12: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Kabuk Tasarımı (32. URL, Ayşen Özge Yağlıca Arşiv).....	121
Şekil 6.13: FNN Sürdürülebilirlik Merkezinin Bulunduğu Konuma Ait İklim Verileri .....	121
Şekil 6.14: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Bulunduğu Konuma Ait Alık ve Günlük Ortalama Sıcaklık ve Radyasyon Verileri.....	122
Şekil 6.15: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Bulunduğu Konuma Ait Radyasyon Aralığı Grafiği .....	122
Şekil 6.17: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatı Bahçesi (32. URL) .....	123
Şekil 6.18: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi İç Bahçe ve Yan Bahçe (32. URL)	124
Şekil 6.19 : Genel PV Panel Görünüşü .....	125
Şekil 6.20: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatıya Entegre Edilmiş PV Paneller (32. URL) .....	125
Şekil 6.21: PV Şematik Diagram .....	126
Şekil 6.22: Yapının Yıllık Enerji Üretim, Tüketim Miktarları ve Üretilen Elektrik Enerjisinin Tüketilen Elektrik Enerjisini Karşılama Oranları.....	131

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Habitat II Görüşmeleri (Tekeli 1996).....	11
Tablo 3.1: Yeşil binaların kullanıcıya ve doğal çevreye sağladığı yararlar (Orhan ve Kaya 2016).....	31
Tablo 3.2: Yeşil Bina Tasarım Kriterleri (Osmançelebioğlu 2015).....	32
Tablo 3.3: YDD'nin İlkeleri ve Amaçları (Tuna Taygun 2005, Akın 2018) .....	34
Tablo 3.4: Dünyada Kullanılan Yapı Yaşam Döngüsü Değerlendirme Sistemleri (Sev ve Canbay, 2009).....	36
Tablo 3.5: Uluslararası Ölçütlere Dayalı Değerlendirme Metotları (Çelik 2016) .....	37
Tablo 3.6: Ülkeler Tarafından Kullanılan Değerlendirme ve Sertifika Programları (Çelik 2016) .....	38
Tablo 3.7: BREEAM Değerlendirme Sisteminde Bulunan Yapı Türleri (13. URL).....	40
Tablo 3.8: BREEAM Sertifika Süreci Aşamaları (13. URL).....	42
Tablo 3.9: Puan Yüzdelerine göre BREEAM Derecelendirilmesi (13. URL)....	43
Tablo 3.10: SBTool Değerlendirme Düzeyleri ve Puanları (14. URL) .....	44
Tablo 3.11: Greenstar Araçları (16. URL).....	45
Tablo 3.12: GreenStar Sertifika Dereceleri (16. URL).....	46
Tablo 3.13: CASBEE Değerlendirme Kategorileri (17. URL).....	47
Tablo 3.14: DGNB' de Değerlendirmeye Alınan Yapı Türleri (18. URL) .....	48
Tablo 3.15: DGNB Değerlendirme Kategorileri ve Alt Başlıkları (18. URL)....	49
Tablo 3.16: DGNB Sertifika Dereceleri (18. URL).....	50
Tablo 4.1: Leed Yeşil Bina Sertifika Kategorileri (19. URL) .....	53
Tablo 4.2: LEED Konum ve Ulaşım Kategorisi Alt Başlıkları (Arslan 2015, Akca 2011) .....	56
Tablo 4.3: LEED Sürdürülebilir Alanlar Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015).....	57
Tablo 4.4: LEED Su Verimliliği Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015)....	57
Tablo 4.5: LEED Enerji ve Atmosfer Kategorisi Alt Başlıkları (Arslan 2015, Akca 2011, 19. URL). .....	58
Tablo 4.6: LEED Malzeme ve Kaynaklar Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015).....	59
Tablo 4.7: LEED İç Mekân Hava Kalitesi Değerlendirme Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015).....	60
Tablo 4.8: LEED İnovasyon Değerlendirme kategorisi ve alt Başlıkları (19. URL).....	61
Tablo 4.9: LEED Sertifikasyon Süreci (19. URL).....	62
Tablo 4.10: LEED Sertifika Sınıfları ve Puan Aralıkları (Ürük ve Külünkoğlu İslamoğlu 2019).....	63
Tablo 5.1: Güneş enerjisi uygulama alanları (21. URL).....	68
Tablo 5.2: Enerji Etkin Yapı Pasif Tasarım Kriterleri (Özdemir 2005) .....	75
Tablo 5.3: Farklı İklim Bölgelerine Göre Yerleşim Alanlarının ve Dokularının Belirlenmesi (Özdemir 2005).....	76
Tablo 5.4: Farklı İklim Bölgelerinde Yapılar Arasındaki Uygun Mesafe Değerleri (Özdemir 2005).....	76
Tablo 5.5: Farklı İklim Bölgelerine Uygun Peyzaj Önerileri (Özdemir 2005)...	77

Tablo 5.6: Farklı İklim Bölgelerinde Yapılar Arasında bulunan Açık Mekanların Yüzey Örtü Malzeme Önerileri (Özdemir 2005).....	78
Tablo 5.7: Farklı İklim Tiplerine Göre Yapı Yönlenmeleri (Özdemir 2005).....	78
Tablo 5.8: Yapılardaki Bazı Hacimlerin Uygun Yönlendirilme Önerileri (Özdemir 2005) .....	79
Tablo 5.9: Farklı İklim Bölgelerine Göre Yapı Formları (Özdemir 2005).....	80
Tablo 5.10: Farklı İklim Bölgelerine Göre Yapı Ögelerinin Tasarım Önerileri (Özdemir 2005) .....	80
Tablo 5.11: Doğal Havalandırma Açıklık Konumları (Ulukavak Harputlugil 2016).....	82
Tablo 5.12: Cephede PV Panel Kullanımı (Çelebi 2002, Sayın ve Koç 2011, Uslusoy 2012) .....	103
Tablo 5.13: Mevcut Cepheye Entegre PV Paneller (Çelebi 2002) .....	103
Tablo 5.14: PV Panellerin Çatıda uygulama Yönelimleri (Sayın ve Koç 2011)	104
Tablo 6.1: Meteoroloji Müdürlüğü Adana İli 1929-2021 Yılları Arasındaki İklim Verileri.....	108
Tablo 6.2: Meteoroloji Müdürlüğü Adana İli 1929-2021 Yılları Arasındaki En Yüksek ve Düşük Sıcaklık Değerleri .....	109
Tablo 6.3: Projenin Künyesi .....	109
Tablo 6.4: Sürdürülebilirlik Arazi Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL) .....	112
Tablo 6.5: Su Verimliliği Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL).....	113
Tablo 6.6: Enerji ve Atmosfer Kategorisinde Kazanılan Puanlar (19. URL)...	114
Tablo 6.7: Malzeme ve Kaynaklar Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL).....	114
Tablo 6.8: İç Mekân Hava Kalitesi Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL).....	115
Tablo 6.9: Tasarımda Yenilik Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)..	116
Tablo 6.10: Bölgesel Öncelik Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)..	116
Tablo 6.11: Konum ve ulaşımdan Kazanılan Puanlar (19. URL) .....	116
Tablo 6.12: Entegratif Süreç Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)....	117
Tablo 6.13: Yapının Isıtma Tesisatında Kullanılan Sistemler .....	127
Tablo 6.14: Yapıda Kullanılan VRF Cihazlarının Yaz ve Kış Aylarında Ayarlandığı Sıcaklık Dereceleri .....	127
Tablo 6.15: Yapıda Kullanılan Sulu VRV Cihazlarının Özellikleri .....	128
Tablo 6.16: Projede Kullanılan Su Soğutma Kulesi Özellikleri .....	128
Tablo 6.17: Yapıda Kullanılan Sistemlerin Simülasyonda Hesaplanan Yıllık Enerji Tüketim Miktarı ve Tasarruf Yüzdesi .....	130
Tablo 6.18: Yapının Yıllık Enerji Üretim, Tüketim Miktarları ve Üretilen Elektrik Enerjisinin Tüketilen Elektrik Enerjisini Karşılama Oranları.....	131
Tablo 6.19: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Yapısının Simülasyonda Öngörülen Yıllık Enerji Tüketim Miktarı ve Uygulama Sırasındaki Fatura Sonuçları .....	132

## SEMBOL LİSTESİ

<b>AB</b>	:	Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	:	Amerika Birleşik Devletleri
<b>AC</b>	:	Alternatif Akım
<b>BEE</b>	:	Yapılı Çevre Verimliliği
<b>BEST</b>	:	Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
<b>BM</b>	:	Birleşik Milletler
<b>BREEAM</b>	:	Bina Araştırma Kuruluşu
<b>CASHBEE</b>	:	Binaların Çevresel Etkinliği için Detaylı Değerlendirme Sistemi
<b>CdTe</b>	:	Kadmiyum tellür
<b>CH<sub>4</sub></b>	:	Metan
<b>CO<sub>2</sub></b>	:	Karbondioksit
<b>COP</b>	:	Coefficient of Performance- Performans Katsayısı
<b>ÇEDBİK</b>	:	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
<b>DC</b>	:	Doğru Akım (Direct Current)
<b>DGNB</b>	:	Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi Sistemi
<b>ETKB</b>	:	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>GaAs</b>	:	Galyumarsenik
<b>GAT</b>	:	Güney Anadolu Tamir Atölyesi
<b>GBCA</b>	:	Avustralya Yeşil Bina Konseyi
<b>GlobalABC</b>	:	Binalar ve İnşaat için Küresel İşbirliği
<b>HFC's</b>	:	Hidroflorokarbonlar
<b>HIT</b>	:	Hibrit hücre
<b>JaGBC</b>	:	Japonya Yeşil Bina Konseyi
<b>LEED</b>	:	Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik
<b>MÖ</b>	:	Milattan Önce
<b>N<sub>2</sub>O</b>	:	Azot Protoksit
<b>NO<sub>x</sub></b>	:	Azot Oksit
<b>OECD</b>	:	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
<b>PFC's</b>	:	Perflorlu Bileşikler
<b>PV</b>	:	Fotovoltaik
<b>SEÇ</b>	:	Sağlık, Emniyet, Çevre ve Güvenlik
<b>SF<sub>6</sub></b>	:	Kükürt Hekzaflorür
<b>USGBC</b>	:	Amerikan Yeşil Binalar Konseyi
<b>VOC</b>	:	Uçucu Organik Zararlı Bileşen
<b>VRV</b>	:	Değişken Debili Soğutucu Akışkan
<b>WGBC</b>	:	Dünya Yeşil Binalar Konseyi
<b>WHO</b>	:	Dünya Sağlık Örgütü
<b>WWF</b>	:	Dünya Doğayı Koruma Vakfı
<b>YDD</b>	:	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
<b>Yy</b>	:	Yüzyıl

## ÖNSÖZ

“Enerji Verimliliği Bağlamında Yapı Tasarım Kriterleri ve Yeşil Bina Sertifikalandırılması” başlıklı tez çalışmasında sürdürülebilirlik, enerji ve mimarlık kavramlarını ortak bir paydada buluşturulmak hedeflenmiştir. Günümüz konjonktüründe sürdürülebilirlik, yeşil tasarım ve enerji verimliliği konuları mimarlık disiplininde önemli bir konumda yer almaktadır.

Seçtiğim bu konu ile ilgili yürüttüğüm disiplinlerarası tez çalışmamda desteklerini esirgemeyen ve bu süreç içerisinde beni motive eden değerli danışman hocam Prof. Dr. Cem GÖK ‘e; daha sonra alan araştırması sürecinde anlayış içerisinde değerli bilgileri ve verileri benimle paylaşan FNN Sürdürülebilirlik Merkezi-GAT Tesis Müdürü Sn. Abdullah AY’a, FNN Sürdürülebilirlik Merkezi-GAT SEÇ ve Kalite Şefi Serenay Karlıdağ’a, FNN Sürdürülebilirlik Merkezi-Arşiv çalışanı Sakine TEMUÇİN’e, Altensis firması çalışanlarına; destekleri için Denizli Mimarlar Odası Başkanı Özlem KABEL’e ve Alindair firmasında değerli bilgilerini benimle paylaşan Anıl GÜNDÜZ ve Volkan CEYLAN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi yanımda olan annem Vedia İNANDI’ya, babam Mehmet İNANDI’ya, ablam Ömür GÖK’e, arkadaşlarıma ve yüksek lisans ders aşamasında yardımlarını esirgemeyen kuzenim Edanur ÇUBUK’a çok teşekkür ederim. Son olarak tez sürecimde, meslek ve evlilik hayatımda desteğini benden hiç esirgemeyen, her zaman yanımda olan; varlığının bana güven, huzur ve mutluluk getirdiği değerli eşim Fatih YAĞLICA’ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Problemin Tanımı

İnsanoğlunun neslini devam ettirebilmesi için doğal kaynaklara ihtiyacı vardır. Canlı ve cansız varlıkların birbiriyle etkileşiminden oluşan doğa ise sabit kalmayıp süreklilik arz etmektedir. Bu sürekliliğin bir denge ortamında olması gerekmektedir. Endüstri devrimi, artan nüfus sayısı, kentleşme, teknolojik gelişmeler ve savaşlar bu denge ortamını bozmuştur. İnsanoğlu doğal kaynakların sınırsız olduğu düşüncesi ile doğaya egemen olma yaklaşımını gütmüştür. Bu süreç içerisinde fosil kökenli enerji kaynaklarının yoğun kullanımından oluşan zararlı gazların meydana getirdiği küresel ısınma, ozon tabakasının incelmeye başlaması, enerji krizi, doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesi ve ekosistemdeki biyoçeşitliliğin azalması gibi problemler meydana gelmiştir. Sonuç olarak dünya, uluslararası ve bölgesel çevre problemlerin ciddi seviyelere ulaştığı bir yere dönüşmüştür. Günümüzde bu problemler giderek büyümüş yadsınamayacak bir duruma gelmiştir. Bu problemlerin giderek büyümesi insanların bu konuda farkındalıklarının artmasına, uluslararası platformlarda çözüm arayışları geliştirmesine ve uygulamalar hakkında tartışma ortamı oluşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda ekonomik, sosyal ve teknik anlamda çalışmalar hız kazanmıştır.

Günümüzde tüketilen enerjinin giderek tehlikeli boyutlara ulaşması insanoğlunun karşı karşıya geldiği en önemli problemlerden birisidir. Mevcutta bulunan yenilenmeyen enerji kaynaklarının bilinçsizce kullanılmasına eğer bir çözüm yolu getirilmez ise en iyi olasılıkla bulunduğumuz asır içerisinde bu kaynakların tükeneceği düşünülmektedir. Günümüzde enerji tüketiminde bulunan sektörler arası dağılımda, yapı sektörünün enerji tüketimi ve doğaya verdiği zararın %50'lik bir orana ulaşması, bu çalışmalara mimarlık disiplininin de dâhil olmasına neden olmuştur. Bu sebeple mimarlara düşen sorumluluk da artmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramının mimarlıktaki tanımı yapılmıştır.

Mimari tasarıma yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ekolojik çözümler getiren, içinde bulunduğu çevre ile bütünleşen, enerji bağlamında kendine



yetebilen, sağlık ve konfor koşullarını yerine getiren ve doğal çevreye herhangi bir olumsuz etkide bulunmayan yapıları üretmek ve sürdürülebilirlik kavramını bir yaşam tarzı haline getirmek, bulunduğumuz çağdaki kaynaklarımızı gelecek nesillere ulaştırabilmemizde en önemli çözüm yolu olacaktır.

## **1.2 Araştırmanın Amacı**

Günümüzdeki varolan evre problemlerini en aza indirmek, kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamak ve varsayılan enerji krizine karşı kalıcı çözüm yolu getirebilmek amacıyla sürdürülebilir tasarım kriterleri ile enerjisini verimli kullanabilen ekolojik yapı tasarımlarını tercih etmek gerekmektedir.

Bu bağlamda yapılan çalışmanın amaçları:

1. Sürdürülebilirlik kavramının tanımlanması ve bu kavramın mimarlıktaki tanımının yapılması.
2. Yeşil bina kavramının tanımlanması, sürdürülebilirlik kavramının yapı yaşam döngüsü içerisindeki ilkelerinin belirlenmesi ve bu ilkeler dâhilinde gelişmiş ülkelerin sürdürülebilir yapılar ile ilgili sürdürülebilirliğin ölçütleri belirlediği, yapı değerlendirme ve sertifika sistemlerinin incelenmesi.
3. Enerji kavramının tanımlanması, incelenmesi, çeşitli başlıklar altındaki yeni tasarlanan yapılar için enerji etkinliğini sağlayacak ekolojik yapı tasarım kriterlerinin açıklanması.
4. evre ve enerji sorunlarına karşı yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin çözüm olarak sunulması.
5. Alan araştirmasında, mevcut sertifikalı yeşil bina örneği ile enerjinin yapı tasarımındaki yerinin incelenmesi ve araştırılan tüm kavram ve konuları harmanlayarak mevcut yapı üzerinden desteklenmesi.

## **1.3 Materyal**

Yapılacak alışma ile ilgili gerekli teorik bilgiler elde edilirken konuyla ilgili çeşitli akademik araştırmalar, kitaplar, dergiler, makaleler, üniversite kütüphaneleri ve ilgili web kaynaklarından yararlanılmıştır. Literatür taraması ve incelenen örnek

alışmalar neticesinde sürdürülebilirlik kavramı, yeşil binalar ve enerji etkin yapı tasarımında etkili olan tasarım kriterleri belirlenerek çeşitli başlıklar altında detaylandırılmıştır. Alan çalışmasında ise bir örnek proje üzerinden yapılan çalışma ve toplanan veriler üzerinden analizler yapılmıştır.

#### **1.4 Metod**

Çalışmada öncelikle problem tanımı yapılmıştır. Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık, yeşil bina, enerji, enerji etkin yapı ve tasarım kriterlerine ilişkin kavramlar araştırılırken literatür çalışmaları ve web kaynaklarından yararlanılmıştır. En son aşamada bu kavramlar Adana ilinde bulunan LEED Platinum sertifika statüsüne sahip bir yapı üzerinden değerlendirilecektir. Alan alışması aşamasında verilerin toplanması; direkt olarak yapıyı ziyaret etme, yapı çalışanları ile yüz yüze görüşme, ilgili kişilerden yapı hakkında teknik dökümanların temini ve yapı ile ilgili web kaynaklarının araştırılması yolu ile elde edilmiştir.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

İnsanoğlu ilk çağlardan bu yana doğayı merak etmiş, araştırma konusu haline getirmiş ve kendi ihtiyaçlarına göre doğaya müdahalelerde bulunmuştur. Artan nüfus sayısı, kentleşme, teknolojik gelişmeler, savaşlar, getirim politikaları ve birçok etken ile doğa değiştirilmiş ve zarar verme boyutuna ulaşmıştır. Küresel çapta gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasında fark gün geçtikçe artmaktadır. Bugüne kadar üzerinde durulan politikalar, çevre sorunlarına son vermediği gibi fakirlik ve açlık gibi olguları da beraberinde getirmiştir. Bunun yanında su ve enerji kaynaklarının azalması, çevre kirliliği, biyolojik çeşitliliğin azalması gibi problemler de hâlâ devam etmektedir. Gelişmekte olan ülkeler çölleşme, çevre kirliliği, ormanların yok olması, açlık ve fakirlik ile savaşırken gelişmiş ülkelerde ise sanayileşme ve fosil yakıt tüketimine bağlı zehirli gazlar, kimyasal atıklar ve asit yağmurları görülmektedir. Endüstriyelmiş ülkelerde karbondioksit gazının ozon tabakasında oluşturduğu etki uluslararası ölçekte tüm dünya ülkelerinde çevre sorunlarına neden olmaktadır (Özsoy ve Dinç 2016). Doğanın ise verilen bu zarara karşı direnç sağlayamaz duruma gelmesi ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarına cevap veremeyeceği kanısına ulaşılmıştır. Bu bağlamda doğaya hâkimiyet kurma politikaları yerine, doğanın dengesi ile uyum sağlayacak ve bu uyumu devamlı hale getirmeyi başaracak “sürdürülebilirlik kavramı” ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı; çevreden ekonomiye, finanstan maliyeye ve sivil toplum kuruluşlarından özel şirketlere kadar yaşamın her alanında karşılaşılan ender kavramlardan biridir (Şen ve diğ. 2018).

### 2.1 Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı

Sürdürülebilirlik kelimesinin İngilizce “sustainability” kelimesinden geldiği, “sustainability” kavramının ise Latince de karşılığı “tutmak” olan “tenere” sözcüğünden geldiği belirtilmektedir (Tufan ve Özel 2018). Kelimenin kökü olan “sustain”, “sürdürmek” ve “devam etmek” şeklinde de tanımlanmaktadır (Aydın 2017).

Sürdürülebilirlik kavramının İngilizce'ye geçişi çok uzak bir tarih değildir. Oxford Dictionary'de 1980'lerin ortalarında “ *belli bir oranda veya düzeyde devam ettirilebilme*” olarak tanımlanmıştır (Newton ve Freyfogle 2005). Bu kavram Türkçe sözlükte “*sürekli olma, devamlılık, beka*” olarak tanımlanmıştır (Ayverdi ve Topaloğlu 2007).

Merriam-Webster sözlüğüne göre “*sürekli olma yeteneğine sahip*” ve “*kaynağın tüketilmemesi ya da kaynağa zarar vermeyecek şekilde kullanılması, değerlendirilmesi ve onunla ilgili olan yöntem*” olarak tanımlanmıştır (1. URL).

Sürdürülebilirlik kavramı ekolojiden mimarlığa ve ekonomiden sosyolojiye birçok alana değindiği için hakkında yüze yakın tanım bulunmaktadır. Ekolojik olarak sürdürülebilirlik kavramı habitatın korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve türlerin korunması olarak tanımlanırken sosyolojik açıdan sürdürülebilirlik, sosyal açıdan eşitlik ve adaletin sağlanması, gelirlerin adaletli bir biçimde dağıtılması ve demokrasinin sağlanması şeklinde tanımlanır.

Brundlant Raporuna göre sürdürülebilirlik, ileriki nesillerin gereksinimlerini karşılama ihtimallerini tehlikeye atmadan bugünkü gereksinimlerimizi karşılama olarak (Çağlar 2021); Ruşen Keleş'e göre de “*çevre değerlerinin ve doğal kaynakların savurganlığa yol açamayacak biçimde akılcı yöntemlerle, bugünkü ve gelecek kuşakların hak ve yararları da göz önünde bulundurularak kullanılması ilkesinden özveride bulunmaksızın, ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü*” olarak tanımlanmıştır (Keleş 2021).

## 2.2 Sürdürülebilirlik Kavramının Ortaya Çıkışı

Başta çevrebilimle ilgili olmak üzere ekonomik, iktisadi ve teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı, göçler vb. birçok faktörden dolayı kaynaklarımızın giderek azalmaya başlaması, kirlenmesi ve yok olma tehlikesi içine girmesinden dolayı, yeni bir paradigma arayışı olarak sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramının geçmişi üzerine çalışma yapan Vehkamâki, bu kavramın ilk İncil olan Genesis'e kadar uzandığını belirtmektedir (Şen ve diğ. 2018). Düşünce olarak ortaya çıkışı ise Ortaçağ'a hatta Yunan mitolojisine kadar

dayanmaktadır (Bozlağan 2010). Bu kavram 18.yy.da sözcük olarak kullanılmaya başlanmıştır.

1970 sonrasında sürdürülebilirlik kavramı çevresel olarak düşünölmeye başlanmıştır. Bu kavramdan ilk bahsedilen alanlar tarım, ormancılık ve balıkçılık gibi yenilenebilir alanlar olmuştur.

Sürdürülebilirlik kavramı; ilk olarak 1713 yılında kereste ağaçlarının maden ocaklarında kullanılmasının, ormanlarda tahribata sebebiyet verdiğini düşönen Carl Von Carlowitz tarafından kaleme alınan “*Yabani Ağaç Yetiştirme Kılavuzu (Sylvicultura Oeconomica)*” adlı kitapta geçmektedir. Carlowitz kitabında Saksonya’da bulunan gümüş madeninde kullanılacak kereste ihtiyacı için kesilecek olan ağaç adedine, daha sonra dikilmesi gereken ağaçlar için toprakların uygunluğuna, kesilen ağaç sayısının dikilen ve yetiştirilen ağaç sayısından fazla olmaması gibi konulara değinmektedir. Bu bağlamda ormanların kalıcı olması için “*sürekli, kalıcı ve sürdürülebilir kullanım*” kuralına kitabında yer vermektedir (Şen ve diğ. 2018).

Arthur Young, Britanya Adaları gezisi sırasında tarım alanlarının komünal şekilde işletilmesinden bireyselliğe geçilmesi ile ürün miktarı ve veriminde devamlı artışın sağlandığını görmüş ve bu durumun sürdürülebilirlik kavramı ile ilişkilendirilebilecek görüşlerini 1804 yılında yayımlattığı “*General View of Agriculture of Hertfordshire*” adlı eserinde belirtmiştir (Bozlağan 2010).

Almanya’nın Baden bölgesinde karaormanların tahrip edilmesini önlemek amacıyla 18. yy sonları 19. yy başlarında bir yasa çıkarılmıştır. Bu yasada, odun gereksiniminde sürekliliği sağlarken ormanların rekreasyon özelliklerini koruyarak hem bugünün ihtiyaçlarını hem de gelecek nesillere hizmet etmesini sağlamak amacıyla sürekliliğini koruması üzerinde durulmuştur (Kaplan 1999).

I. ve II. Dünya Savaşı sonrasındaki süreçte, bilimde ve teknolojiye yaşanan gelişmeler ve keşfedilen ürünler yeni istihdam olanakları yaratmış ve böylelikle ekonomide hızlı bir büyüme devri yaşanmıştır. Ekonomik anlamda büyüme yaşanırken doğa sonsuz bir kaynak olarak görölmüştür. Sürekli artan üretim ve tüketim faaliyetleri, kitle toplumu ve küreselleşme doğal kaynakların kontrolünü ele almaktadır. Kontrolsüz sanayileşme ve yenilenmeyen fosil yakıtların kullanılması,

yerküre ve atmosferde bulunan kirliliği arttırmıştır. Bunun sonucunda ekosistem, kaynak azalması ve kirlenmeye direnç gösteremeyecek hale gelmiştir (Aytıs ve Polatkan 2010).

Çevresel anlamda sürdürülebilirliğin arka planında 1970’li yıllarda gelişen çevreci hareketin etkisi bulunmaktadır. Bu çevreci hareket ise 1960’lı yıllarda görülen kalkınmacı ideoloji politikasının öne sürdüğü, kalkınma için yapılan her çalışmanın haklı gösterilmesi ve bu faaliyetlerin sonucunda doğanın tahrip edilmesinin sorgulanmaması üzerine ortaya çıkmaktadır (Tekeli 1996). Daha sonraki dönemlerde bu kavram evrilmiş ve birçok yaklaşıma konu olmuştur.

### 2.3 Sürdürülebilirlik Kavramının Tarihsel Gelişimi

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma fikrinin ortaya atılması ve literatüre girmesi uzun zamanlı bir çalışmanın sonucudur. BM başta olmak üzere birçok kurum ve kuruluşun araştırma ve çalışmalarının ürünüdür.

1970’li yıllarda sürdürülebilirlik kavramı, çevre konusu ile birlikte ilişkilendirilip incelenmeye başlanmıştır (Çağlar 2021). 1972 senesinde Roma Kulübü tarafından bir grup akademisyene hazırlatılan “*Büyümenin Sınırları*” adlı çalışma, sürdürülebilir kalkınmanın ilk ve en ciddi çalışması olarak kabul edilmektedir. Detaylı bir içeriğe sahip olan rapor, Batı tarzı kalkınmanın çevreyle ilgili olumsuz sonuçlar doğurabileceği gerçeğine dikkat çekmektedir. Ekonomik büyümeleri engelleyecek çevresel kısıtlamaların olabileceğinden, limitsiz ve kontrolsüz bir büyümenin imkânsız olacağından bahsedilmektedir (Şen ve diğ. 2018).

Bu kavramla ilgili bir diğer önemli gelişme, 1972 yılında BM tarafından düzenlenen ve 113 ülkenin toplandığı Stockholm BM İnsan ve Çevre Konferansı’dır. Bildiride kaynak tüketimi, çevre taşıma kapasitesi, nesiller arası adalet, ekonomi, sosyal çevre ve kalkınma-çevre ilişkileri üzerinde durulmaktadır (Çağlar 2021).

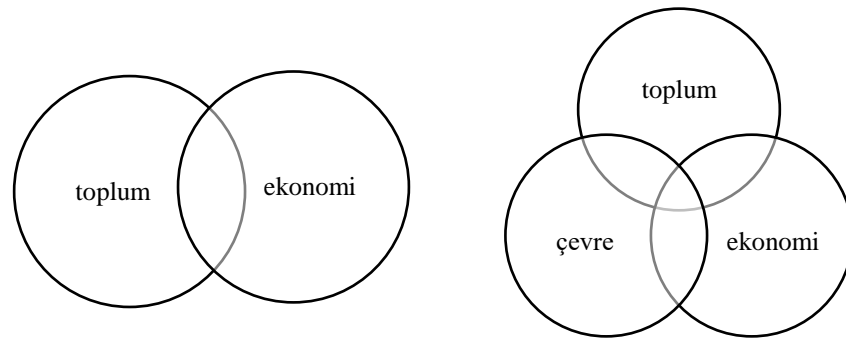
Gelişmelerden bir diğeri, 1980 BM Çevre Programı ve Dünya Koruma Stratejisi’dir. Bu stratejide sürdürülebilir bir toplum olabilmek için koruma ve geliştirme düşüncesinin beraber ele alınması gerektiği fikri savunulmaktadır. Burada sürdürülebilirliğin ilk yaklaşımı çevresel nitelikte olmuştur. Bu yaklaşımda sürdürülebilir gelişmenin üç önceliğine değinilmektedir. Bunlar:

- *Ekolojik süreçlerin korunması.*
- *Kaynakların sürdürülebilir kullanımı.*
- *Genetik çeşitliliğin korunmasıdır (Bozlağan 2010).*

Bu çalışma yalnızca fiziksel çevre koruma üzerine yoğunlaşmakta, ekonomik gelişmelerin çevre üzerinde olumsuz etki yaratacağı konusunu savunmaktadır. Ekonomi-çevre ilişkisi konusundaki görüşler sığ kaldığı için eleştiriye maruz kalmış ve bu strateji üzerine revize gereksinimini doğmuştur (Bozlağan 2010).

1983 tarihinde BM Genel Kurulu'nun kararıyla kurulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca hazırlanan, Ekim 1987 tarihinde BM Genel Kurulu'na sunulan, "*Ortak Geleceğimiz*" başlıklı Bruntland Raporu, 1960'lı yılların kalkınmacı düşünce yapısı ile 1970'li yılların çevreci düşünce yapısının anlaşmaya varmasını sağlayan bir rapor olarak görülmektedir (Tekeli 1996). Verilen kararlarda ekonomik ve ekolojik düşünceleri birleştirme teması ile sürdürülebilirlik kavramı, "*bugünün ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme yetisinden mahrum bırakmadan karşılanmasına olanak veren büyüme politikaları*" şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım ile sürdürülebilirlik kavramı, toplumların ileriki çağlarda da varlığını sürdürebilmesine aracı olmaktadır. Rapor toplumların sürdürülebilirlik bağlamında değişiminin zorunluluğu ve ekosistem ile uyumlu bir şekilde büyümeyi amaçlayan "sürdürülebilir kalkınma" kavramını dünya gündemine kazandırmıştır (Şenel 2010).

Bruntland Raporunda da öne sürülen şartlar ile sürdürülebilir kalkınmanın; politik, mali, kurumsal, sosyal, çevresel ve teknik öğeleri olduğundan bahsedilmektedir. 1987 yılına kadar küresel anlamda çevreyi önemsemeyen gelişim düşüncesine, 1987 yılından sonra çevre faktörü de eklenmiştir (Kayıhan 2006) (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1:** 1987 Sonrası Kalkınmanın Öğeleri (Kayıhan 2006)

Bruntlant Raporu sonrasında 1991 senesinde yayınlanan “*Yeryüzünü Önemsemek: Sürdürülebilir Yaşam için Bir Strateji*” başlıklı rapor, sürdürülebilir yaşamı sağlayabilmek amacıyla sürdürülebilir gelişmenin stratejilerini ileri seviyeye taşımaktadır. Bu rapor yaşamsal konuların haricinde yaşamsal kalitenin nasıl sağlanacağı konusuna da odaklanmaktadır (Hoşkara 2007).

Bir sonraki gelişme Stockholm Konferansının 20. yıldönümü olan 3-14 Haziran 1992’de Rio de Jenario’da düzenlenen, BM Çevre ve Kalkınma Konferansı’dır. Bu konferansın bir diğer adı, birçok ülkenin başkanlarının katılım göstermek istemesi nedeniyle “Dünya Zirvesi” olarak da bilinmektedir. Konferans uzun ve meşakkatli bir hazırlık sürecinin ürünüdür (Kaplan 1999). Konferansta 1972-1992 yılları arasında geçen süreç değerlendirilmiştir. Bu konferansın temelini Bruntland Raporu oluşturmaktadır. Toplantıda sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilirlik terimleri hakkında küresel çapta anlaşmaya varan 5 önemli belge yayınlanmıştır. Bu belgeler:

1. Gündem 21,
2. Rio Çevre ve Kalkınma Deklarasyonu,
3. Ormanlar Üzerine İlkeler Beyanarı,
4. İklimsel Değişim Üzerine Çerçeve Konvansiyonu
5. Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu’dur (Hoşkara 2007).

Bu belgeler arasında sürdürülebilirlik kavramının amaçları ile en ilişkili olanı Gündem 21’dir. Belge, kalkınma ile çevre arasındaki dengenin sağlanmasını amaçlayan “sürdürülebilir kalkınma” kavramının hayata kazandırılması bağlamında oluşturulan bir eylem planı olmasının yanı sıra “küresel ortaklık” kavramını da ortaya koymuştur. Gündem 21 insanların temel ihtiyaçlarının karşılanması, yaşam koşullarının iyileştirilmesi ve doğal çevrenin korunmasına yönelik çalışmalar yapmayı amaçlamakla birlikte günümüz problemleri ile gelecek çağlardaki tehditlere karşı dünyamızı hazırlamaya yönelik 21. yy gündemini oluşturmaktadır. Gündem 21 adlı belge sürdürülebilir kentleşme konusunda alınan kararlar ile de önem arz etmektedir. “*Sürdürülebilir İnsan Yerleşimleri Gelişmesinin Desteklenmesi*” adını taşıyan 7. maddesinde yerleşimlerdeki sosyal, ekonomik ve çevreyle ilgili kalitenin yükseltilmesi hedeflenmekte ve bu hedef doğrultusunda planlamalar yapılmaktadır. Tüm insanlar için yeterli barınma alanları, yerel yönetimlerin iyileştirilmesi, sürdürülebilir arazi kullanılması ve yönetilmesi, altyapı sistemlerinin geliştirilmesi, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri, afet bölgelerinde yerleşimlerin

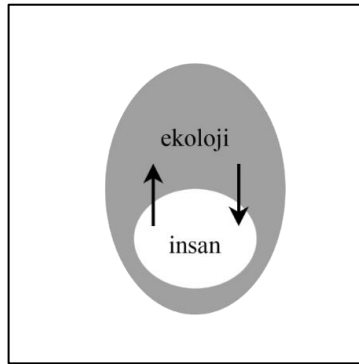


düzenlenmesi ve yerleşimler için kapasite oluşturulması gibi konular ile ortaya konulan planlamalar sürdürülebilir kentleşmenin de temellerini atmıştır (Karakurt Tosun 2009).

1992 senesinde olan bir diğer gelişme, AB'nin “Sürdürülebilirliğe Doğru” adında 5. Eylem Planı'nı kabul etmesidir. Bu eylem planının en önemli yanı yerel yönetimleri hükümet ortağı olarak görmesi ve yerel yönetimlere birçok sorumluluğun da verilmesidir (Bozlağan 2010).

1993'te BM Çevre ve Kalkınma Konferansından bir sene sonra BM'lere bağlı, Ekonomik ve Sosyal Konseyin bir bölümü olan “Sürdürülebilir Gelişme Komisyonu” kurulmuştur. Sürdürülebilir Gelişme Komisyonu, Rio Konferansı'nda alınan kararların işleyişini ve Gündem 21'in bölgesel ve küresel anlamda uygulanmasını gözlemek hedefiyle kurulmuştur. Ayrıca komisyon fakirlik, tüketim, ekonomi, eğitim ve nüfus konularıyla ilgili her sene hükümet ya da yerel yönetimlerden gelen raporları incelemektedir (Bozlağan 2010).

1994'te Uluslararası Doğayı Koruma Birliği tarafından ekosistem ve insan arasındaki ilişkinin gösterildiği ve merkezinde insanın yer aldığı “Sürdürülebilirliğin Çekirdeği” tasarlanmıştır. Bu şekilde insan ve ekosistem arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu, ekosistemin insana karşı yararlı etkileri olurken insanın ekosisteme karşı hem yararlı hem de zararlı etkileri olduğu anlatılmıştır. Ekosistem ve insan refahındaki oynamalar, sürdürülebilir kalkınmada oluşan değişimleri biçimlendirmektedir (Özsoy ve Dinç 2016) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Sürdürülebilirliğin Çekirdeği (Özsoy ve Dinç 2016)

1995 yılında Mısır'ın Kahire kentinde toplanan BM Nüfus ve Kalkınma Konferansı'nda sürdürülebilir gelişme kavramı, nüfus kavramı ile birlikte ele alınmıştır. Bu konferansta, devletlerin gelecek nesillerin kaynaklarını riske atmadan şimdiki neslin ihtiyaçlarını gidermesi amacıyla nüfus politikaları oluşturması gerektiği

ve yenilenemez üretim ve tüketim modellerinin azaltılması görüşülmüştür. Bugün ile gelecek arasında insanların refah düzeyinde dengenin sağlanması konusu üzerinde durulmuştur (Bozlağan 2010).

Sürdürülebilirlik kavramının tarihsel gelişimi sürecinde İstanbul'da 1996'da düzenlenen, "BM İnsan Yerleşim Konferansı-Habitat II" oldukça önem arz eden bir gelişmedir. Habitat II'de yayımlanan İstanbul Bildirgesi ya da Habitat Gündemi'nde "*Herkes için Yeterli Konut*" ve "*Kentleşen Bir Dünyada Sürdürülebilir İnsan Yerleşimleri*" konuları ele alınmıştır (Karakurt Tosun 2009). Yeryüzü kaynakları ve ekosistemin taşıma kapasitesini düşünen, önlemler alan toplumların geliştirilmesi ve yardıma muhtaç kişiler öncelikli olmak üzere insanlara sağlıklı, güvenli bir yaşam ortamı sunarak kaynak üretimi ve tüketiminde fırsat eşitliği sağlayan sürdürülebilir insan yerleşimlerine dair konular üzerinde durulmuştur. Konferansın bir diğer başlığı ise "*Kentleşen Dünyada Sürdürülebilir İnsan Yerleşimlerinin Gelişmesi*"dir. Bu başlık; insan yerleşimlerinin yarattığı olumsuzlukların boyutunun göz önünde bulundurulması, toplumdaki her disiplinden bireyin bilgi ve yeteneklerinden faydalanılması ve konuyla ilgili tarafların birlikte harekete geçmesine dikkat çekmektedir. Habitat II Görüşmelerinde hedeflenen konular Tablo 2.1'de belirtilmiştir. (Tekeli 1996).

**Tablo 2.1:** Habitat II Görüşmeleri (Tekeli 1996).

1.	Kamusal alanlara erişebilir insan yerleşimlerini teşvik etmek.
2.	Ayrımcılığa karşı olarak insan haklarına saygı göstermek.
3.	Çevreye zarar vermeyecek şekilde yatırım ve istihdamı sağlayarak yoksulluğa son vermek.
4.	Şimdiki ve gelecek nesillere eşit derecede su kullanımını planlamak.
5.	Bütünleşmiş ve yeterli altyapı sistemini planlamak.
6.	Kent, kasaba ve köylerin sürdürülebilir insan yerleşimleri olabilmesi için sosyal ve iktisadi altyapıyı iyileştirmek, üretim ve istihdamı teşvik etmek.
7.	Çevreye daha az müdahale ile doğal kaynakların verimli kullanılmasını destekleyen temel ihtiyaçların karşılandığı, coğrafi bağlamda dengeli yerleşim yapıları inşa etmek ve nüfus politikaları oluşturmak.
8.	Kamu ve özel sektör arasındaki diyalog alışverişini geliştirmek.
9.	Enerji verimliliğini sağlamak, yenilenebilir enerji kaynaklarını ve teknolojilerini tercih etmek, enerjinin üretimi ve kullanımının insan sağlığına olan etkilerini araştırmak.
10.	Geleneksel yapı ve yerleşimleri, tarihsel ve kültürel mirası, rekreasyon alanlarını, yeşili ve hayvanları korumak.
11.	Sağlıklı teknoloji ve ürünler hakkında eğitim öğretim faaliyetleri düzenlemek.
12.	Engelli insanların herkesle eşit düzeyde erişim kolaylığı ve katılımlarını sağlamak.
13.	Kıyı alanlarının sürdürülebilir kullanımının mümkün hale getirmek.

Gündem 21 ve Habitat II Gündemi'nde ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda ülkeler faaliyet göstermeye başlamıştır. 1997 Mart ayında New York'ta düzenlenen Rio+5 Forumu, BM Kalkınma Programı desteği ile toplanmıştır. Bu

forumda sürdürülebilir gelişme üzerine fikir ve hedefler görüşülmüş, konuyla ilgili faaliyete geçilmesi amaçlanmıştır. Forum, birçok kurum ve temsilcinin katılımı ile geniş bir kitleye ulaşmıştır. Tüm katılımcılar kendi ülkelerine özgü bilgi ve tecrübelerini paylaşmış; sürdürülebilir gelişme hakkında bölgesel, ulusal ve uluslararası alanda oluşturulacak stratejiler belirlenmiştir. Aynı yıl içerisinde Kyoto'da “*BM İklimsel Değişim Çerçeve Konvansiyonu*” yapılmıştır. Konferans, Kyoto'da iklim değişiminin doğal çevre ve ekonomide yarattığı olumsuz sonuçlar hakkında politikalar oluşturmak amacıyla gerçekleşmiştir. Toplantı sonucunda katılımcı ülkeler tarafından “Kyoto Protokolü” imzalanmıştır. Bu protokolde 2012 senesine kadar başta CO<sub>2</sub> olmak üzere gelişmiş ülkelerde çevre kirliliğine yol açan ve sürdürülebilirlik yönünden çevresel zararlar oluşturan altı sera gazının (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, HFC's, PFC's, SF<sub>6</sub>) üretiminin azaltılmasına yönelik küresel çapta yasal ve bağlayıcı nitelikte hedefler belirlenmiştir (Şenel 2010).

2002 Ağustos'ta Güney Afrika Cumhuriyeti Johannesburg kentinde düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, önceki BM toplantılarına nazaran hükümet yöneticilerinin yanı sıra kamu, özel sektör ve sivil toplum örgütleri gibi toplumun birçok kademesinden kişilerin de dâhil olması ile yüksek katılımlı bir konferans olmuştur. Zirve daha önceki görüşmelerde ortaya konan hedefler doğrultusunda yapılan çalışmalar üzerine genel bir değerlendirme niteliği taşımaktadır (Bozlağan 2010). Yoksulluğun yok edilmesi başta olmak üzere sağlık, çevrenin korunması, enerji tüketiminin dünya ölçeğinde dengeli ve adil şekilde dağılımının sağlanması, yenilenemez fosil enerji tüketiminin azaltılması ve biyoçeşitliliğin korunması konuları görüşülmüştür. Zirvede varılan önemli noktalardan biri ise Gündem 21 ile paralel özellik gösteren çevre, doğal kaynak tüketimi ve yoksullaşma kavramları arasındaki bağların vurgulanmış olmasıdır. Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik politikalara dâhil edilirken sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin, ekonomik sürdürülebilirliğin gerisinde olmaması gerektiğinin de üzerinde durulmuştur (Çağlar 2021). Görüşmeler sonucunda uluslararası anlamda “*Eylem Planı*” ve “*Johannes Bildirgesi*” adlı iki belge kabul edilmiştir. Görüşmeler, sadece söz verme niteliğinde kalmamış somut bir şekilde konuların tartışıldığı, çözüm odaklı, sürdürülebilir kalkınma amacına bütünsel bir yaklaşımda olmuştur (Bozlağan 2010).

1988 yılında BM bünyesinde Dünya Meteoroloji Örgütü ve BM Çevre Programı tarafından kurulan Hükümetlerarası İklim Değişim Paneli'nin 2007'de yayımlanan 4. raporunda iklim değişiminde en büyük etkenin CO<sub>2</sub> salınımı olduğu

ortaya konmuştur. Bu salınının artışı en büyük rolü üstlenenin insan olduğu vurgulanmıştır. Bu sebeple, sürdürülebilirlik kavramına daha da yoğunlaşarak üzerinde yeni politikalar üretilmeye başlanmıştır (Yavuz 2010).

Çevre sorunları beraberinde insanları çevre hakkında duyarlı olma yoluna sokarak sürdürülebilirlik kavramının oluşmasını sağlamıştır. “Ekolojik ayak izi” kavramı ise sürdürülebilirlik kavramını ölçülebilir hale getirmektedir. Bu kavram, kullanılan doğal kaynakların yeniden üretimini gerçekleştirmek ve oluşan atıkların ortadan kaldırılmasını sağlamak amacıyla verimli su ve toprak alanlarının kullanılması anlamına gelmektedir. Ekolojik ayak izi, William Rees ve Mathis Wackernagel tarafından 1990’lı yılların başlarında açıklanmış ve ekolojik ölçümleri yapmak amacıyla geliştirilmiştir. Fosil kaynak tüketimine bağlı açığa çıkan CO<sub>2</sub> başta olmak üzere sera etkisi oluşturan gazların atmosferde günden güne artması, ekolojik ayak izini arttırmaktadır (Özsoy ve Dinç 2016). Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından yayımlanan 2010 yılı *Yaşayan Gezegen Raporu*’nda, ekolojik ayak izinin 1970’lerde ekosistemlerin kendini onarma imkânından daha hızlı kaynak tüketmesi ve CO<sub>2</sub> salınımı yapması nedeniyle yeryüzünün kendini yenileme kapasitesini aştığı sonucu ortaya çıkmıştır. Raporunda 1961 yılından 2007 yılına gelinceye kadar dünyanın biyolojik kapasitesinin %50 oranında aşıldığı, insanların ihtiyaçlarını gidermek ve etkinliklerini devam ettirebilmek için 1.5 gezegenlik kaynak kullandıklarından bahsedilmiştir (2. URL). 2016 yılında yayınlanan raporda bu oranın 1.6 dünyaya denk geldiği açıklanmıştır (3. URL). 2018’de yayınlanan raporda ise son 50 yılda ekolojik ayak izinin %190 nispetinde arttığından bahsedilmiştir (4. URL).

1992 Rio Konferansından 20 yıl sonra Rio de Janeiro’da BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20) toplanmıştır. Zirve sonucunda “*İstediğimiz Gelecek*” başlıklı sürdürülebilir kalkınma için yol haritası değeri taşıyan belge onaylanmıştır (5. URL). 1992 yılında toplanan Rio Zirvesi’nde, yeryüzündeki olumsuzlukları durdurabilmek için yapılması gerekenler net ve kararlı bir biçimde ortaya konulmuş, gelecekte sorunların çözümü için umut kaynağı olmuştur. Daha sonrasında yapılan Rio+5 ve Rio+10 Konferansları’nda ise yapılması gerekenlerin değil yapılmayanların üzerinde durulmuştur. Rio+20 ise geçen 20 yıllık süre içerisinde hedeflenen gelişmelerin sağlanamadığı, sorunların daha da büyük hale geldiği bir dünya ortamında toplanmıştır. 1992’deki gibi kesin ve emir kipi ile oluşturulmuş kararların alınmasının aksine daha geniş zaman kipine dayanan temenniler yer almıştır (Müftügil

Cesur 2012). Alınan kararların etkisi ne kadar yüksek olsa da uygulama konusunda başarı sağlanamamıştır.

Bilim insanları, sanayileşme ve kentleşmenin beraberinde getirdiği sera gazı çıkışının yarattığı sıcaklık artışlarının olumsuz sonuçlar doğurmaya başlayacağı eşik değerini hesaplamıştır. Bu eşik değerinin 2°C olması gerekirken günümüz koşullarında bu değerin 5°C'lere yaklaştığı tespit edilmiştir. Bu sıcaklık yükselişleri küçük farklar olarak görülse de dünyada meydana gelecek büyük değişimlere neden olmaktadır. 2020 yılında Kyoto Protokolü'nün sona erecek olması sebebiyle 5 Ekim 2016 tarihinde 55 ülkenin onayının alınmasıyla 4 Kasım 2016 tarihinde "*Paris Antlaşması*" yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmanın amacı, yukarıda belirtilen sera gazı çıkışlarının oluşturduğu sıcaklık artışlarının belirlenen eşik değerinin altında tutulmasını sağlamak için çalışmaların sürdürülmesidir. Bu antlaşmada, katılımcı ülkelerin kendi küresel iklim hareketlerine göre ve imkânları dâhilinde bu oluşuma katkı sağlamaları beklenmiştir. Türkiye, New York'ta 22 Nisan 2016 tarihinde toplanan Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke ile beraber bu antlaşmayı imzalamıştır. 7 Ekim 2021 tarihinde TBMM tarafından "*Paris Antlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun*" Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Aydın 2017, 6. URL).

Dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde hayatını sürdürmektedir. Bu oran gün geçtikçe artış göstererek kentlerde kontrolsüz biçimde büyümeye neden olmaktadır. Kontrolsüz büyüme sonucunda kentlerde barınma, su kaynaklarının bilinçsizce tüketilmesi, yetersiz altyapı, sağlık koşullarının kötüleşmesi, çevre kirliliği, yetersiz ulaşım olanakları, fosil yakıt tüketiminden kaynaklı hava kirliliği vb. birçok sorun baş göstermektedir. Bu sorunlar kentlerde yaşayan insanların refah ve hayat kalitesinin azalmasına, çevresel felaketlerin büyümesine, verimliliğin düşmesine ve her alanda maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Büyük kentlerin, kaynak tüketiminin ve çevresel atıkların üretiminin esas sorumlusu olması sürdürülebilirlik kavramının kentler üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur (Yazar 2006). Sürdürülebilirlik kavramının kent kavramına adapte edilmesi ileriki nesillerin de faydalanabileceği bir kentsel çevre oluşturulması amacını taşımaktadır.

## 2.4 Sürdürülebilir Kentleşme

Kent kavramı, Kent Bilimleri Sözlüğü'ne göre, *“sürekli gelişim halinde bulunan, tarımla uğraşan nüfusun az ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu; içinde yaşadığı toplumun temel gereksinimleri haricinde kültürel, sosyal ve ekonomik ihtiyaçların da karşılandığı küçük komşuluk birimlerinin bütünleşmesinden oluşan yerleşim birimleri”* dir. Kentleşme ise dar anlamıyla kentlerde yaşayan nüfus yoğunluğunun artmasının yanı sıra kent sayılarındaki artış olarak tanımlanabilir. Geniş anlamda ise kentleşme kavramı *“sanayileşme ve ekonomik gelişmeye koşut olarak kent sayısının artması ve bugünkü kentlerin büyümesi sonucunu doğuran, toplum yapısında artan oranda örgütlenme, işbölümü ve uzmanlaşma yaratan, insan davranış ve ilişkilerinde kentlere özgü değişikliklere yol açan bir nüfus birikimi süreci”* dir (Keleş 2021).

Kentleri, tarihçiler ve toplumbilimciler uygarlıkların doğuşu olarak görmektedir. Antikçağ'da tutsaklık düzenine dayanan bir buçuk milyon nüfusa sahip Roma'nın yanı sıra 350 bin nüfuslu Babil, 400 bin nüfuslu Syracuse ve Perikles gibi kent yerleşimleri bulunmaktadır. Ortaçağ'a gelindiğinde estetik algı ve savunma gereksinimlerinden dolayı surlarla çevrili Paris, Venedik, Milano, Londra ve Brüksel gibi kapalı kent oluşumları gözlenmiştir. Sanayi devriminin beraberinde getirdiği makineleşme ve rasyonel düzen, geleneksel kent yapısında değişime neden olmuştur. Sanayi devrimine kadarki süreçte kentler topluluk ve uygarlık kavramlarıyla eşdeğer nitelikteyken devrimden sonra fonksiyonel anlamlar kazanarak ticaret ve üretim faaliyetlerinin gerçekleştiği yerleşim alanları olarak görülmüştür (İnan 2019). Endüstri dalları enerji ve hammadde kaynaklarının bulunduğu, ulaşımın ve ucuz iş gücünün kolayca sağlandığı alanlarda toplanmıştır. Sanayi devriminin ardından oluşan kentleşme, sanayileşmenin yan etkisi olarak görülmüş ve bu iki kavram birbiriyle ayrılmaz bir ilişki içerisinde olmuştur. 19. yy.da sanayileşmiş Avrupa ve Kuzey Amerika toplumlarında nüfus, sanayi kuruluşlarının bulunduğu alanlarda yoğunlaşmıştır. Sanayisi gelişmiş kentlere hammadde kaynakları ve maden rezervlerinden ihraç eden, sanayileşmiş ülkelerde işlenen bu ürünlerin dağıtımını yapan ve bu ürünleri satın alan sömürgeci ekonomik düzene dayalı “bağımlı”; Rio De Janeiro, Bombay, Şanghay gibi büyük kentleşmeler oluşmuştur. 20. yy.da tıptaki ilerlemelerle birçok hastalığın tedavisi bulunmuş ve nüfusta belirgin bir şekilde artış yaşanmıştır. Tarımda makineleşmenin de etkisiyle köylerde bulunan nüfus geçimini

sağlayamadığı için kentlere göç etmiştir (Keleş 2015). Kentlerde artan nüfus sanayinin işgücü gereksinimini karşılamaya yetmiş ama yaşamlarını sürdürdükleri bölgelerde yetersiz altyapı, çevresel, sosyal, iktisadi ve sağlık sorunlarına neden olmuştur (Ayık 2019).

Kentlerde meydana gelen başlıca sorunlar:

- Evsel, endüstriyel tehlikeli atıkların NO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> gibi zararlı gazların sentezi ile hava, su kirliliklerinin ve asit yağmurlarının oluşması.
- Kent dışında bulunan çöp depolama alanlarının yarattığı çevre kirlilikleri.
- Su ve enerji yetersizliği.
- Altyapı sorunları kanalizasyon ve arıtma yetersizliği.
- Kontrolsüz büyüme ve gecekondulaşma.
- Yeşil alanların tahribatı.
- Sulak alanların ve kıyı alanlarının rekreasyon amaçlı aşırı kullanımı.
- Sürekli artan gereksinimler dâhilinde kentin kaynaklarının kendine yetmemesidir (Atıl ve diğ. 2005).

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçilen bu günlerde ise artık kentler ön plana çıkmaktadır. Kentler fiziksel olarak büyüyen mekânsal birimler olmaktan çok, birtakım ağlar oluşturan ekonomik potansiyellerin şekillendiği alanlar olmuştur (Karakurt Tosun 2013). Bu durum artık ülkelerin değil kentlerin yarıştığı bir devirde yaşadığımızı göstermektedir. Bu bağlamda da kentler arasındaki kıyaslamada en belirgin ölçüt yaşam kalitesi sunan, verimli, sürdürülebilir ve refah kentler olmasıdır (Konuk 2016). Yaşam kalitesi, refah ve sürdürülebilirlik kavramı arasında net bir ayrım olmamakla beraber bu kavramlar birbiri ile bütünlük teşkil etmektedir.

Antikçağ'da Platon'un "*Devlet*", Aristo'nun "*Nikomakhos'a Etik*" başlıklı yapıtlarında olduğu gibi günümüzde de tartışma konusu olan yaşam kalitesi kavramının, değişik alanlarda değişik özelliklerin ön plana çıkarıldığı disiplinlerarası bir kavram olduğu için kişinin hayatındaki objektif değişkenler ve sübjektif değişkenleri algılamasına bağlı olarak birçok tanımı bulunmaktadır. Yaşam kalitesi ekolojik ve teknolojik gelişmeler ile toplumların muasırlaşmasıyla modern hayatın geliştirdiği bir kavramdır. Bu kavram üzerinde sosyal, mekânsal ve siyasal etmenlerin de etkisi bulunmaktadır (7. URL). Tekeli'ye göre yaşam kalitesi, insan hakları bakımından sağlık politikalarının yönlendirilmesi, iktisadi politikaların tespit edilmesi ve yerel iktisadi ilerlemelerin hızlandırılması açısından toplumların gerçekleştirilmesi

gereken evrensel bir hedeftir (Tekeli 2009). Slazai, bu kavramı insanların refahı ve yaşamlarından memnun olma seviyesi ile bağdaştırmaktadır (İnan 2019).

WHO'ya göre yaşam kalitesi kişilerin; hayattaki konumlarını, kendilerini ait hissettikleri kültürel yapı ve değerler bağlamında algılama ve değerlendirme biçimidir. Bu değerlendirmenin de kişinin sağlığı, psikolojisi, bağımsızlık durumu, yaşadığı çevrenin sosyal ve kültürel etkileri ile biçimlenen kompleks bir kavram olduğu da belirtilmiştir (7. URL). Yaşam kalitesi; insan hakları, çevre ve kent merkezli yaklaşımlara konu olmaktadır. Günümüzde kentsel problemlerin artış göstermesi, çevre ve kent merkezli yaşam kalitesi konusuna konsantre olmayı gerektirmektedir.

Kentleşme oranının 2050 senesine kadar %70'in üzerine çıkması sonucu hiperkentleşmeye bağlı çevre problemlerinin artacağı düşünülmektedir (Akçakaya 2019).

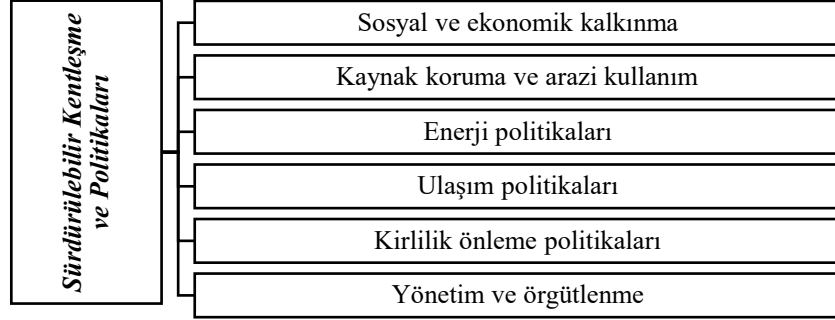
Kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanması, yalnızca çevre sorunlarına çözüm oluşturmanın yanı sıra var olan nüfusun yaşam kalitesinin yükselmesi ve sonraki nesillerin de hayatlarını devam ettirebileceği yaşanabilir hacimlerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda kentlerin sürdürülebilir olması toplumların da sürdürülebilir olması anlamına gelmektedir. Çünkü insan, doğası gereği yaşamını sürdürdüğü mekânlardan etkilenmekte ve bu mekânları ihtiyaçlarına göre şekillendirmektedir.

Sürdürülebilir kent tanımı, Van Geenhuisen ve Nijkamp'a göre süreklilik dâhilinde değişimi gerçekleştirmek amacıyla sosyo-ekonomik menfaatlerin çevre ve enerji kaygılarıyla entegresinden oluşan kentlerdir. Sürdürülebilir kentlerin temel hedefi yaşanılabilirliği yükseltirken doğal kaynak tüketimini ve atık üretimini en aza indirmektir (Varol ve Üçer 2005).

Eryıldız'a göre sürdürülebilir kent, içinde yaşayan nüfusun kendi gereksinimlerini karşılarken bugün ve gelecekte diğer insanların yaşam şartlarını ve biyolojik çeşitliliği tehlikeye atmadığı, kırsal sahalardan güvenle beslenerek ve sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanarak kendisini güçlendiren bir kent olmalıdır (Kaya ve Taylan Susan 2020). Bu bağlamda sürdürülebilirlik düşüncesinin kente adapte edildiği sürdürülebilir kent planlanmasının hedefleri; ileriki nesillerin de yararlanabileceği kentsel çevre oluşturulması, doğal ve yapay çevrenin bir bütün olarak görülmesi, kent-doğa evriminde sürdürülebilirliğin sağlanması, doğaya en az müdahale ile yaşam kalitesinin artırılması, enerji ve doğal kaynakların kullanımını düşürülmesi olarak özetlenebilir (Varol ve Üçer 2005).



1972 BM İnsan Çevresi Konferansı ile başlayan Rio Zirvesi, Bruntland Raporu, Gündem 21, Habitat II, Johannesburg Zirvesi gibi uluslararası toplantılar kentsel planlama siyasetini etkilemişlerdir (Karakurt Tosun 2013). BM, OECD, Avrupa Topluluğu gibi kurumlar ise sürdürülebilir kentleşmeyi planlayabilmek amacıyla kendi yaklaşımlarına göre ilke ve politikalar belirlemektedir (Varol ve Üçer 2005) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Sürdürülebilir Kentleşme İlke ve Politikaları (Varol ve Üçer 2005)

Bu politikalar kapsamına göre büyümenin denetlenmesi, arazi ve enerjinin etkin kullanımı, derişik kent oluşumları, yeşil mimarlık ve yapılaşma, daha az fosil yakıt kullanımı, insanlara motorsuz taşıt kullanımının teşvik edilmesi, daha az kirlilik, kaliteli ve refah yaşam alanlarının üretilmesi, doğal çevrenin korunması ve restorasyonu, ulaşımda kolaylık ve sürdürülebilir ekonomi, halk katılımı, eşitlik ve adalet gibi etkenlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Kaya ve Taylan Susan 2020). Birçok ülke sürdürülebilir kentleşme tarzının ve planlama yönteminin nasıl olması gerektiğine dair araştırma ve yöntemler ortaya koymaktadır. Bunlar arasında ABD’de “akıllı büyüme”(smart growth), “yeni şehircilik” (new urbanism) ve “yeşil bina hareketi” (green building movement); Avrupa’da “kompakt (derişik kent”); Avustralya’da “uydu kentler ile karşıt-kentleşme” gibi kavramlar ortaya çıkmıştır (Kaya ve Taylan Susan 2020). Bu yöntemleri yapı boyutlarına indirgeyerek yapıların çevre üzerindeki etkisini ölçmek ve somut bir olgu haline dönüştürmek için uluslararası sertifika sistemleri oluşturulmuştur (Çağlar 2021).

Sürdürülebilir gelişme ve kentleşmeye yönelik değinilen bu hedeflerde mimarlık disiplini önemli bir rol üstlenmektedir. İnsanlar faaliyetlerini yapılarda bulunan mekânların içerisinde gerçekleştirmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı, toplum adına çalışma yapan birçok disiplinle ortak alanlar barındıran mimarlığa yeni bir boyut eklemiş ve sürdürülebilir mimarlık kavramı ortaya çıkmıştır.

### 3. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE YEŞİL BİNALAR

#### 3.1 Mimarlığın İlkeleri

Mimarlığın en klasik ve en temel tanımını MÖ 25 yılında eski Roma mimarı Marcus Vitruvius “*De Architectura*” kitabında “kullanışlılık” *utilitas*, “sağlamlık” *firmitas*, “güzellik” *venustas* olarak tanımlamıştır (Roth 2014). Tanımlanan öğeler dâhilinde yapı tasarımında düzen, düzenleme, bakışım, armoni, uygunluk ve ekonomi ilkelerine bağlı kalmak da gerekmektedir (Vitruvius 2013). Bu üç temel öge modern yaşamla birlikte gelen yeni eklentilere rağmen günümüze kadar ulaşmıştır. Mimarlık kavramı, zaman kavramıyla ilgili olduğu kadar mekân kavramıyla da ilgilidir. Zaman, yapının tasarlandığı çevre, kültür mirası ve tarihini oluştururken mekân kavramı ise mimarının doğal çevre ile olan paylaşımını anlamlandırmaktadır (Kuşçu 2006).

Modern hayat ile birlikte bilim; doğa, insan ve sosyal bilimler şeklinde bölünmüş bu bilgiler de alt kollara ayrılmıştır. Mimari de topluma karşı sorumluluk besleyen, toplumun politik, ekonomik sosyo-kültürel özelliklerini benimseyerek, bilimsel ve teknolojik ilerlemelere dâhil olan, farklı bilgi disiplinlerini içerisinde barındıran, değerlendiren ve bunları birleştiren ürün oluşturma sürecidir (Adıgüzel Özbek 2010).

Teymur’ un tanımına göre, “*Mimarlık, büyük ölçüde sosyo-teknik bir pratiktir. Yaptığı işlem tasarım veya planlama; son ürünü bina; ham maddesi ise mekân, taşıtıyla, para, kültür ve emektir. Mimarlığın bilgisi vardır, ancak bu, bilimsel değil zanaatsal, spekülatif, deneyimsel, birikimci ve günceldir.*” (Adıgüzel Özbek 2010).

Mimarlıkta ürün oluşturma süreci ise birçok aşamadan geçmektedir. Bu aşamalar tasarım ve inşa olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mimari bir ürünün olabilmesi için alan araştırma ve etüt çalışmalarının yapılması, konseptin belirlenmesi, eskiz ve çizim yapılarak taslağın oluşturulması, ihtiyaç programı dâhilinde çeşitli meslek dallarından destek alarak biçimlendirilmesi gerekmektedir (Çiğın ve Yamaçlı 2020). Bu bağlamda Buchanan tasarımı “*sanat ile oluşturulmuş ve akademik disiplinlerle şekillendirilmiş etkin bir meslek*” olarak tanımlamıştır (Ketizmen 2002). Mimarların ve mühendislerin projenin ihtiyaç programına göre iklimlendirme,

aydınlatma, güvenlik, akustik gibi etmenlere ve kalite, ekonomi, süre gibi sınırlamalara uygun olabilmesi için ilgili alan ve konularda yetkin ve tecrübeli olması gerekmektedir (Çiğın ve Yamaçlı 2020). Mimarlık önemli bir disiplin olarak görülmektedir. Nedeni ise ne yapılırsa yapılsın mimariden kaçınılamayacağıdır. Uyurken, uyanırken, çalışırken, yapıların içindeyken veya dışarısında gezinirken mimari, insanları sürekli etkilemekte ve davranışlarını biçimlendirerek, ruhsal durumlarını tayin etmektedir. Mimari sadece barınak değil ulusal ve yerel kimliği belirleyen büyük anlamlar taşımaktadır (Kuşçu 2006).

### **3.2 Sürdürülebilirlik ve Mimarlık İlişkisi**

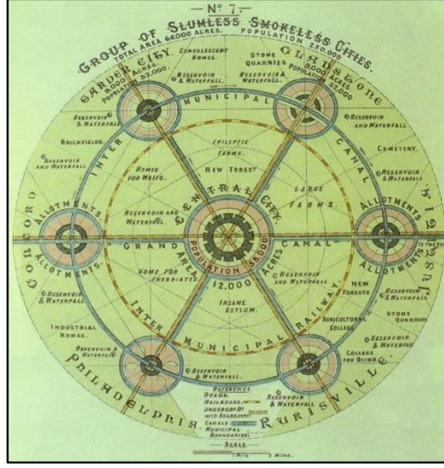
Dünyada var olan canlılar arasında insan haricindeki tüm canlılar doğadan kendi ekolojik ihtiyaçları kadar faydalanmaktadır. Bu canlılar çevreye zarar vermek yerine fizyolojilerinin öngördüğü ekosistem kanunlarının yerine getirilmesini sağlamaktadır. İnsanoğlu ise yapısı gereği ilk zamandan itibaren yaşadığı çevreyi daha sağlıklı, konforlu ve keyifli hale getirebilmek için içerisinde bulunduğu doğal çevreyi etkilemiştir. Gün geçtikçe teknolojiye en üst düzeylere ulaşarak teknolojinin kölesi olmuş ve ekosistemi de tehdit eder konuma gelmiştir. Yaptığı müdahaleler ile tükenmez olarak düşündüğü doğal kaynakları hızlı bir şekilde tüketmiştir. Bu tüketim eyleminin sonucu olarak, doğa da insanoğlunun yaşamı üzerine tepki göstermiş ve onu doğal çevre ile ilişkisini yeniden sorgulamaya yönelterek sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Çiğın ve Yamaçlı 2020).

İnsanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi ve doğal çevrede varlığını sürdürebilmesi, doğal çevrenin kalitesi ve esenliği ile doğru orantılı olarak ve insanlığın sürdürülebilirlik becerisine bağlı bir şekilde gelişmektedir (Yeang 2012).

Mimarlıkta ekolojik yaklaşımlar, sürdürülebilirlik tanımından daha önceki dönemlere dayanmaktadır. Batı kentlerinde endüstriyellemenin meydana getirdiği değişimler, bozulan ve kirlenen kent ortamı, yoğun göçler sonucunda artan işsizlik, gecekondular ve kent suçları insanları kent merkezinden uzak, yeşil ve temiz havanın bulunduğu kırsal alternatif yaşam alanlarının arayışına sokmuştur. Bu arayışla bağlantılı olarak Ebenezer Howard 19. yy sonunda daha kaliteli bir yaşam ve toplum

oluşturmak düşüncesi ile “Bahçe Kent” modelini geliştirmiştir (Karadağ Ağkurt 2015).

Bahçe Kent modeli ile kentin büyüme alanları analiz edilerek önlenmeye çalışılmış ve kendi ihtiyaçlarını kendisi gören, bununla beraber merkez ile bağlarını koparmamış tarımsal üretime dayanan doğa ile bütünleşik şehir modeli hedeflenmiştir (Çınar 2000) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Howard "Bahçe Kent" modeli (8. URL)

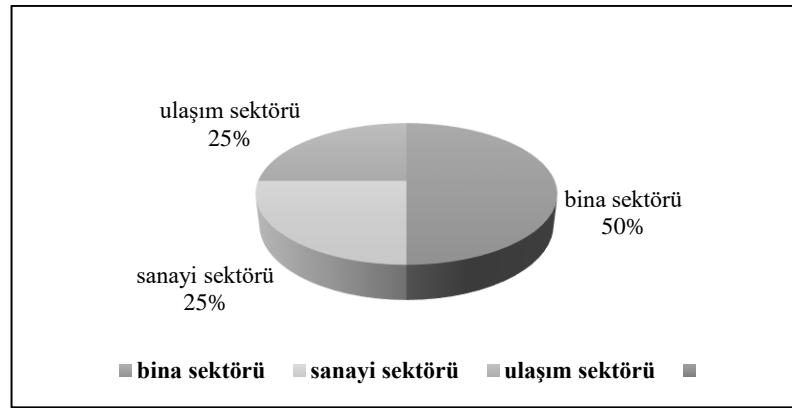
1973 Dünya petrol krizi ile olumlu olumsuz her yönde meydana gelen sonuçlar ekseninde, 1980’lerde ortaya atılan ve tanımlanan “sürdürülebilirlik” kavramı, 20. yy lın sonları ve 21. yy.lın ilk on yılında yoğun aksiyon göstermiş ve küresel anlamda mimarlık disiplininin de içerisinde bulunduğu birçok alanda büyük çapta değişimlere neden olmuştur (Boyacıoğlu ve diğ. 2020).

Sürdürülebilirlik kavramı mimari tasarıma entegre olurken geçmişteki uygulamaların öğretisi ışığında gelişerek mimariyi de yapısal boyutta zenginleştirmiştir (Çiğın ve Yamaçlı 2020).

Canlı ve cansız varlıklardan oluşan ekosistem üzerinde mimarlığın direkt etkisi bulunmaktadır. Yapılar kullanım süreci içerisinde çevre ile uzun yıllar etkileşim altına girmektedir. Bu sebeple mimarlar çevreye daha fazla zarar veren tasarımlar yapmaktan kaçınıp, temiz enerji kaynaklarının kullanıldığı, malzemelerin yerelden sağlandığı çevre ile uyumlu bütünleşik sürdürülebilir mimari çözümlere yönelmektedir (Çelebi 2008).

Kaynaklar yapı sektöründe malzeme ve enerji boyutunda yüksek oranlarda kullanılmaktadır. Yapılar orman alanlarının tükenmesi, temiz su kaynaklarının kirlenmesi ve ozon tabakasına olan etkisiyle küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi birçok küresel probleme neden olmaktadır (Özmehmet 2007)

İnşaat sektörünün insan faaliyetlerinde kullandığı enerjinin %50'sinden sorumlu olduğu düşünüldüğünde, mimaride sürdürülebilir çözümlere yönelmenin önemi de artmaktadır (Aytıs ve Polatkan 2010) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Sektörlere Göre Enerji Dağılımları (Özmehmet 2007)

### 3.3 Sürdürülebilir Mimarlığın Tanımlanması

Sürdürülebilir mimarlık, mimarlığı yeni baştan tasvir ederken mimarlara yeni bilgiler kazandırma çabasına girmektedir. Mimarlığa takdim edilen bu yeni bilgiler: teknolojik olgu, doğal olgu ve sosyal olgu olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Adıgüzel Özbek 2010).

#### 3.3.1 Teknolojik Olgu

Teknolojik olgu, yapının yapım ve kullanım aşamasında tükettiği enerji miktarının yeni teknolojik sistemlerle en aza düşürülmesi ve kullanılacak olan malzemelerin nasıl üretilmesi gerektiği şeklinde tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir mimarlık kavramıyla yapılarda teknolojinin kullanılması varyasyon geçirmiştir. Estetik kaygılarla yapılara entegre edilen sistemler yerine günümüzde çevreci

teknolojiler tercih edilmektedir. Bu sayede yapılarda enerji etkinliği ve yenilenebilir enerjilerin kullanılması sağlanmaktadır (Adıgüzel Özbek 2010).

Malzeme boyutunda üretim ve uygulama aşamasında çok enerji tüketen, tasarım aşamasında ise hayal gücünün sınır tanımadığı tasarımlar yapılabilen malzemeler terk edilmiştir. Bu malzemelerin yerini üretim, uygulama ve yıkım aşamasında az enerji sarf eden, çevreci ve geri dönüştürebilir malzemeler almaktadır (Adıgüzel Özbek 2010).

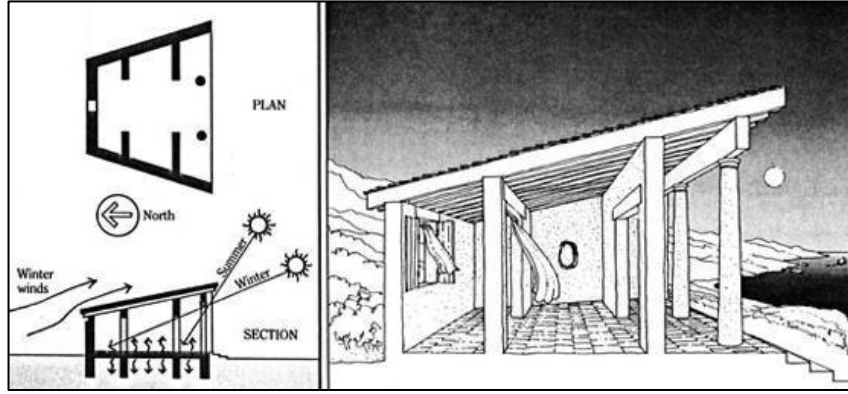
### 3.3.2 Doğal Olgu

Bu kavram yaşadığımız çevre ile rekabete girmeden onun bize sunduklarını değerlendirerek tasarlama süreci olarak tanımlanabilir. Yapının arazisinin, ikliminin, yerel malzemesinin ve doğa ile insanın bütünleşmesinin göz önünde bulundurulduğu tasarımlar da sürdürülebilir mimarlık ürünü olarak görülmektedir. Sürdürülebilir mimarlığın “doğallık” tezi, sürdürülebilirlik kavramı ortaya atılmadan önceki yapılarda ve geleneksel yapılarda da görülmektedir (Adıgüzel Özbek 2010).

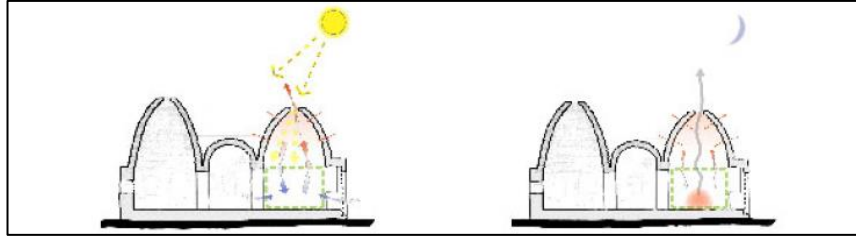
Doğal bir olgu olan güneş enerjisi, Yunan ve Roma kent yapılarının tasarımında kullanılmıştır. Örnek olarak literatüre “*Sokrates Evi*” olarak geçen yapı; güneş enerjisi, rüzgâr ve suyu verimli kullanarak kendi ihtiyaçlarını karşılayan yapı özelliği göstermektedir (Altın 2013). Güneş ışınlarının yaz aylarında dik açıyla, kış aylarında eğik açıyla geldiği göz önünde bulundurularak MÖ 470-399 tarihleri arasında yaşamını sürdüren Sokrates, tasarladığı yapıda yazın güneş ışınlarını çatının üzerinden geçirerek mekânı gölgede bırakmakta, kış aylarında ise güney cepheyi daha yüksek ve şeffaf tutarak güneş ışınlarının içeriye girmesine izin vermektedir. Soğuk rüzgârlardan korunabilmek için önerisi ise kuzey cephenin güney cepheye nazaran daha alçak ve korunaklı şekilde tasarlanmasıdır (Adıgüzel Özbek 2010) (Şekil 7).

Başka bir örnek ise temeli Mezopotamya uygarlıklarına dayanan “kubbeli”, “kümbet evler”, “külahlı” veya “arı kovani” olarak adlandırılan Harran evleridir. Harran evleri yöresel malzemeler, kerpiç ve tuğla malzemeler kullanılarak inşa edilen evlerdir. Yapının iç kısmı kırmızı toprak ve saman ile kaplanırken dış kısmı kara toprak ve saman ile yalıtılmıştır. Kubbesinin üst kısmında bir delik bulunmaktadır. Bu delik hem gündüz saatlerinde doğal ışıktan yararlanılmasını sağlamakta hem de baca ve havalandırma işlevi görmektedir. Yapının ana malzemesi toprak, tuğla ve kerpiçten

oluştugu için yapı uzun ömürlü olmamaktadır. Kullanılan malzeme o yere özgü ve doğal olduğu için yapı ömrünü tamamladıktan sonra bu malzemeler doğaya daha hızlı sürede karışmakta ve tekrar kullanılabilir. Bu gibi özellikleriyle geleneksel Harran evleri de mimarisinde sürdürülebilir doğal olgu özelliklerini göstermektedir (Özdeniz ve diğ. 1998) (Şekil 3.3, 3.4).



Şekil 3.3 : Sokrates Evi Plan/ Kesit (9. URL)



Şekil 3.4 : Harran Evleri (10. URL)

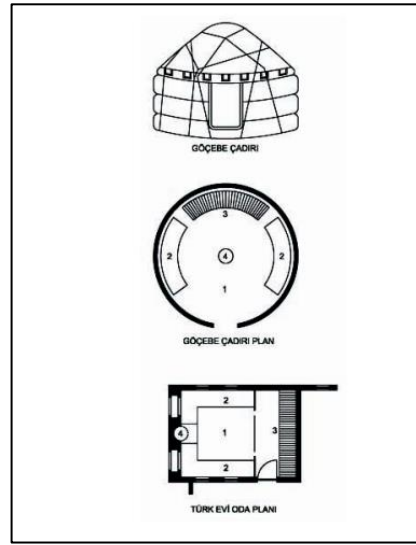
### 3.3.3 Sosyal olgu

Sosyal olgu, mimarlığın kültürel ve toplumsal bakımdan üstlendiği yükümlülükler olarak tanımlanmaktadır. Konuyu yalnızca enerji, malzeme, teknolojik ve ekolojik olgu olarak görmeyerek topluma karşı sorumlu olan disiplinlerin çevresel problemlere çözüm ararken toplumun yıpranma ve çöküşüne karşı da önlem alması gerekmektedir (Adıgüzel Özbek 2010).

Günümüzde bu olgu sürdürülebilir mimaride geri plana atılmaktadır. Geleneksel mimariye bakıldığında ise yapılar bulunduğu çevrenin yerel, kültürel, sosyal değerlerini temsil etmektedir. Yapılar toplumların gelenek, görenek ve yaşam

şekillerine göre tasarlanmaktadır. Bu açıdan geleneksel Türk evleri sosyal olguya model olabilmektedir (Adıgüzel Özbek 2010).

Geleneksel Türk evlerinin plan kurgusu, cephe, kat sayıları, malzeme ve çatılarının kendine has özellikleri bulunmaktadır. Bu evlerin odaları kendine yetebilen “değişebilirlik” ilkelerine uygun olarak kurgulanmıştır. Bu yapılar harem ve selamlık olarak bölümlere ayrılmıştır. Harem bölümlerinde bulunan mekânlarda “*oturulur, yenilir, yatılır*”. Burada bulunan tek bir odanın kendine yetebilme ve birçok işlevi karşılayabilme özelliği göçebe yaşamdaki Türk çadırlarının plan kurgusu ile paralellik göstermektedir (Küçükerman 2007) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Göçebe Çadırı Görünüşü/ Plan- Türk Evi Plan (Küçükerman 2007)

Bu açıklamalar dâhilinde sürdürülebilir mimari kendisinden önceki mimari yaklaşımları da içerisine alan bir üst başlık olarak içinde yaşadığı toplumun yerel kültürel, sosyal ve ekonomik zeminine katkıda bulunan, dünya çapındaki çevre problemlerine çözüm olarak sunulan, bütüncül, planlı ve stratejik yapılaşma biçimi olarak görülmektedir (Durmuş Arsan 2008).

Gropius'un mimarlık tanımı “*adaletsiz sosyal yaşamın bozukluklarını onarmak için çevreyle uyumlu tasarımlar yapmak*”tır (Ateş Can ve Kurtoğlu 2017). Sürdürülebilir mimari küresel anlamda bugünü ve gelecek nesiller arasında adaletli kaynak tüketimini sağlamaya çalışan ve çevre sorunlarına çözüm arayan; kalkınma problemlerine çözüm olarak sunulan, bütüncül, planlı yapılaşma tarzı olarak tanımlanabilir (Durmuş Arsan 2008).



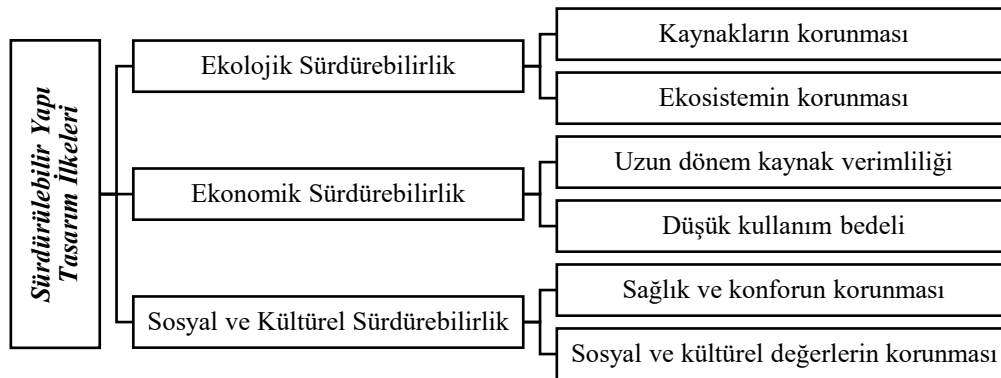
Ayşin Sev'e göre sürdürülebilir mimari, "Sürdürülebilir mimarlık, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür." şeklinde tanımlanmaktadır (Çiğın ve Yamaçlı 2020).

Doğın Hasol ise çevre problemlerinin artış göstermesi sonucu enerji etkin ve kullanılan yapı malzemelerinin geri dönüştürülebildiği mimarlık anlayışı olarak tanımlamıştır (Hasol 2016).

### 3.4 Sürdürülebilir Mimarlıkta Hedefler ve İlkeler

Sürdürülebilir mimaride tasarım-planlama aşamasından itibaren inşa, kullanım ve yapının yaşam süresini sonlandıran yıkım aşamasına kadar kaynakların korunması ve temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve malzemelerin verimli şekilde kullanılarak konfor düzeyinin geçmişe göre yükseltilmesi hedeflenmektedir (Ateş Can ve Kurtoğlu 2017).

Kohler sürdürülebilir binanın ekolojik, sosyo kültürel ve ekonomik niteliklerinin olduğu ve bu niteliklerin sürdürülebilir yapı tasarım ilkeleri olduğunu belirtmiştir (Çelebi 2008) (Şekil 3.6).

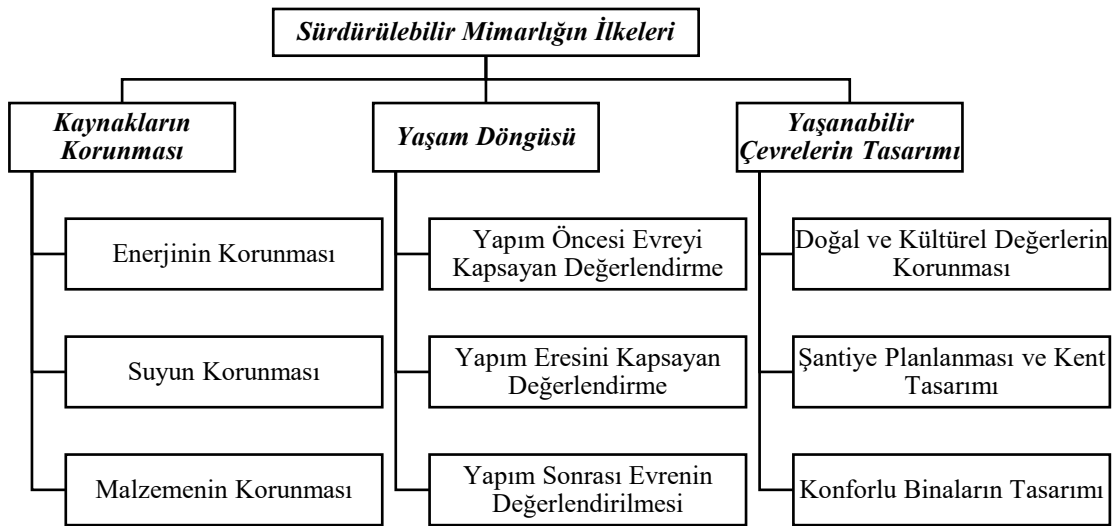


Şekil 3.6 : Sürdürülebilir Yapının Nitelikleri (Çelebi 2008)

Bazı araştırmacılara ve popüler anlayışlara göre sürdürülebilir tasarım, mühendislik ve teknolojilerle uyum sağlayan akıllı bina yaklaşımları olarak görülmektedir. Bu yaklaşımın tersine enerji tüketimini azaltmak ve verimlilik

sağlamak amacıyla bir yapıda tasarımcının fotovoltaik hücreler, ısıya dayanıklı camlar, güneş pilleri, güneş panelleri vb. cihazları kullanması zorunlu görülmemektedir. Yani sürdürülebilir tasarım yapıya sadece ekolojik-teknolojik cihazlar entegre etmek değildir. Bu durumdan yola çıkarak ekolojik sürdürülebilir tasarım yaklaşımı ile mühendisliğin yeşil tasarıma yaklaşımı arasında farklar bulunduğu belirtilmektedir. Teknik donanımlı yaklaşımda mühendisler sonuca odaklanarak çalışmalarına bu noktadan başlamaktadır. Eğer amaç yapıda enerji etkinliğini sağlamaksa buna uygun sistemde cihazını üreterek belirlediği amaca ulaşmaktadır. Sürdürülebilir ekolojik tasarımda tasarımcı, sürece çevreden başlayarak yol almaktadır. Yani bu süreç yapıyı çevrenin tasarımı ve inşası ile başlamakta yaşam süresini tamamladıktan sonra doğa ile özümsemesi ile sonlanmaktadır (Yeang 2012).

Sürdürülebilir mimarlığın ilkeleri ve alt başlıkları Şekil 3.7’de gösterilmiştir. (Çelebi 2008).



Şekil 3.7: Sürdürülebilir Mimarlığın İlkeleri (Çelebi 2008)

### 3.4.1 Kaynakların Korunması

Enerji, su, malzeme, yapılara kaynak oluşturan önemli verilerdir. Yapılarda iklimlendirme, aydınlatma, donanım sistemlerinde kullanılan bazı enerji türlerinin doğaya geri kazandırılması mümkün olmamaktadır. Bu kaynakların çoğu da doğal çevreye birçok zarar vermektedir. Fosil kaynaklar zehirli gazlar açığa çıkarırken atmosfere, hidroelektrikten sağlanan kaynaklar ise zamanla nehir ekosistemlerine

zarar vermektedir (Çelebi 2008). Bu yüzden alternatif temiz yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek sağlıklı ve konforlu yaşam ortamları sağlanmalıdır.

Yapılarda kullanılan su, binanın inşaat sürecinde ve daha sonra yapının kullanım aşamasında temel gereksinimlerini (içme suyu, yemek yapma, yıkama, wc-banyo, temizleme vb.) sağlamak için kullanılmaktadır. Bu süreçte ortaya çıkan atık ve kirlenmiş su tekrar tekrar kazandırılmalıdır (Çelebi 2008).

Yapılarda malzeme kullanımı, en yoğun yapım aşamasında yapı malzemelerinin kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Bu konu üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde yapı inşasında kullanılan malzemelerin kaynaktan çıkarılıp işletimi, nakliyesi ve montajına kadar ihtiyaç olunan enerjinin, yapının otuz sene boyunca tükettiği enerjiye eşit olduğu belirlenmiştir (Ciravoğlu 2006). Yapının kullanım aşamasında ise kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tüketim maddeleri sürekli olarak yapıya girmekte ve yapı yaşam süresince atık üretmektedir. Bunlar doğrultusunda yapıya malzeme girişinin azalması, yapıya bakım ve onarım faaliyetleri yaparak hizmet süresinin arttırılması, israfın önlenmesi ve geri dönüştürülebilir malzemeler ve oluşan atıkların yeniden kazanılması için sistemler geliştirilmesi gerekmektedir (Çelebi 2008).

### **3.4.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirme**

Yaşam döngüsü değerlendirme üç evreye ayrılmaktadır. İlk evre olan yapım öncesi evrede; tasarımın arsa üzerindeki konumu ve peyzaja etkisi irdelenmeli, kullanılan malzemelerin temini, imalatı ve nakliye aşamalarında çevreye verdiği etki göz önünde bulundurulmalıdır. Yapım evresinde kaynak kullanımı ve çevreye olan etkileri göz önünde bulundurulmalı, kullanıcının sağlık ve konfor şartlarının sağlanması için kullanılan malzemelerin zehirli olup olmadığına dikkat edilmelidir (Çelebi 2008). Yapım sonrası evrede ise yapıda kullanılan atık yapı malzemeleri tekrardan kullanılabilir, geri dönüştürülebilir ya da doğaya tekrardan absorbe edilebilir (Yeang 2012). Ömrünü tamamlamış yapıların altyapı sistemlerinin diğer yapılar tarafından yeniden kullanımı sağlanmalıdır (Çelebi 2008).

Doğa atık maddelerin istiflendiği bir havuz durumundadır. Termodinamiğin temel öğretilerine göre “*Hiçbir madde yoktan var olmaz ve varken yok olmaz*”. Yapıda

üretim, kullanım ve sonrasındaki evrelerde kullanılan her malzeme, sonrasında doğaya atık olarak bırakılmaktadır. Bu nedenle yapıda kullanılan bu malzemelerin yaşam döngülerinin sürdürülebilir olması gerekmektedir (Çiloğlu 2011).

### 3.4.3 Yaşanabilir Çevrelerin Tasarımı

İnsanlar yaşamlarının %70'ini kapalı hacimlerde geçirmektedir. Mimarların buradaki işlevi kullanıcıların ruhsal ve bedensel sağlığı, konforu, güvenlik ihtiyaçlarını sağlamak amacıyla yapay çevreler üretmesidir. Üretilen yapay çevrenin doğa ile bütünleşmesi esas alınmalı ve estetik kaygılarla beraber çevresel kaliteyi de yükseltecek stratejiler üretilmelidir (Çelebi 2008).

Doğal ve kültürel değerlerin korunması başlığı, yapı tasarımının doğal çevreye olan etkisinin değerlendirilmesi, mevcut flora ve faunanın korunması ve su seviyelerine engel teşkil etmeyen topografya ile uyumlu yapı tasarımını ele almaktadır(Ciravoğlu 2006).

Kentsel planlama ve kent tasarımında, çok amaçlı karma kullanımlı yapıların desteklenmesi ve kişileri toplu taşımaya özendirerek çevre kirlilikleri ve trafik problemlerine çözüm bulunması gibi konuların üzerinde durulmaktadır (Ciravoğlu 2006).

Konforlu binaların tasarımı için uygulanabilir yöntem ve çözümler; termal, görsel ve akustik açıdan kullanıcı konforunun, dış mekân ile görsel iletişimin, pencerelerin açılıp kapanabilme kontrolünün ve temiz hava sirkülasyonunun sağlanması, zehirli kimyasallara maruz bırakacak zararlı malzemeler yerine sağlıklı malzemelerin tercih edilmesidir. Ayrıca farklı yaş ve fiziksel özelliklere sahip kişilerin ergonomilerinin gereksinimlerine göre adapte olabilecek yapıların kurgulanmasıdır (Ciravoğlu 2006). Sürdürülebilirlik mimarlık fikriyle yeşil tasarım, yeşil bina, çevre dostu, karbon sıfır, sıfır enerji ve yüksek performanslı bina kavramları da literatüre girmiştir. Bu terimler kendi aralarında birbirlerini tanımlamak için kullanıldığı gibi sürdürülebilir yapı olarak da tanımlanmaktadır. Fakat sürdürülebilir yapı kavramı bu kavramlardan daha geniş kapsamlıdır. Ulaşılması kolay olmayan kompleks hedefler içermektedir. Sürdürülebilir yapılar yaşadığımız çevre ve dünya geneline kesin ve somut olarak zarar vermeyen yapılar için kullanılmaktadır. Günümüzde doğal çevreye

mevcuttaki yapılardan daha az zarar vermesi planlanan yeşil binalar, sürdürülebilir gelecek adına mihenk taşı oluşturarak, adım adım ilerlenen süreci işaret etmektedir (Utkutuğ 2011).

### 3.5 Yeşil Bina Kavramı

Yeşil mimarlık Utkutuğ'a göre "*yapının tasarım aşamasından yıkımına kadar bütün girdi ve çıktularıyla doğal çevre ile bütünleşeceği, bu girdi çıktuların tasarruf edilerek veya dönüştürülerek tekrar kullanıldığı, çevreye zarar veren kimyasal atıkların oluşturulmadığı yaklaşım*" dır (Utkutuğ 2011).

Sur, yeşil binaları "*yapının konumlandırılacağı arazi seçiminden başlayarak tüm yaşam döngüsü aşamalarında arazinin iklim ve yerel verileri ile uyumlu, temiz enerji kaynaklarını tercih eden, zararlı atık üretmeyen malzemelerin kullanıldığı ekosistem ile bütünleşen sürdürülebilir yapılar*" şeklinde tanımlamaktadır (Erdede ve diğ. 2014).

Özcan ve Temizbaş ise bu kavramı, ekolojik etkileri dikkate alarak yapının inşa edilmesi, geri dönüşümün ve hayat döngüsünün sürdürülmesi gerekliliğinin de sağlanması olarak görmektedir (Özcan ve Temizbaş 2010).

Yeşil bina; yeşil alanların kullanımını teşvik eden, düşük karbon salımlı, tasarıma entegre uygulamalarla etkin yağmursuyu kontrolü ve düşük çevresel etkiler ile doğaya saygılı, verimli kaynak ve malzeme kullanımı ile düşük maliyetli, kullanıcı sağlığına zarar vermeyen yapı malzemelerinin tercih edilmesi ve yapının iç hacimlerine verilen taze hava düzeyinin ve kalitesinin yüksek olması şeklinde tasarlanılan sağlıklı yapılara denilmektedir (11.URL 2014).

Sürdürülebilir yapı kavramı ile yeşil bina kavramları aynı hedef doğrultusundadır. Sürdürülebilir yapı kavramı genel bir anlam ifade ederken yeşil bina ise sürdürülebilirlik kavramını daha öze indirgemıştır. Yeşil bina kavramı daha çok bina etiketleme yöntemi olarak görülmektedir. Enerji etkin veya yüksek performanslı bina terimleriyle de aynı anlama gelmektedir (Osmançelebioğlu 2015).

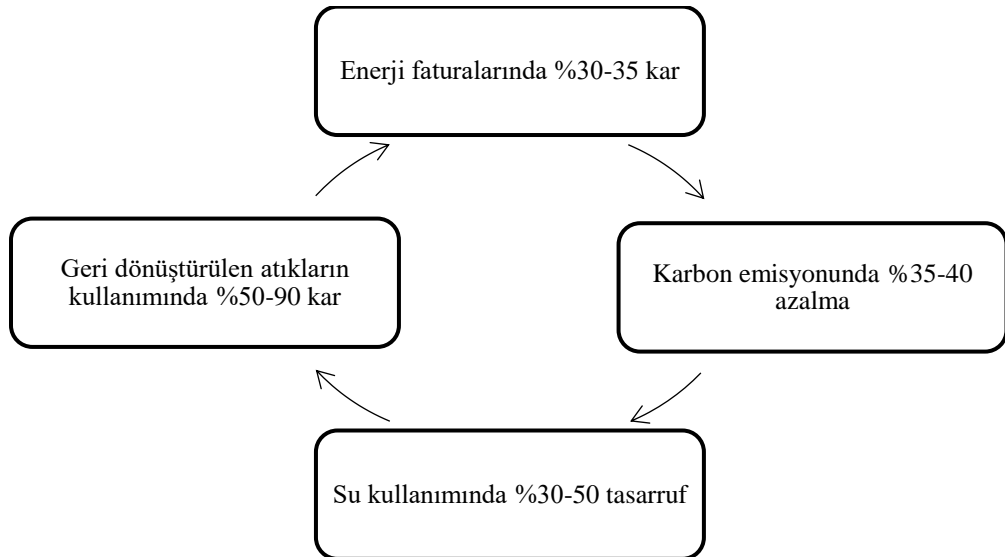
Yeşil binalar kullanıcı sağlığı, konforu ve etkin çalışma ortamı sağlayarak kaynakları verimli kullanmak ve meydana gelebilecek negatif durumları azaltmayı

hedeflemektedir (Osmançelebioğlu 2015). Yeşil binaların kullanıcıya ve doğal çevreye sağladığı yararlar Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1:** Yeşil Binaların Kullanıcıya ve Doğal evreye Sağladığı Yararlar (Orhan ve Kaya 2016).

1.	Enerji ve kaynak tüketimi düşer.
2.	Kullanım süresi uzun vadeli olan malzeme tercihleri ile yapının kaynak gereksinimleri azalır.
3.	Dönüştürülebilir malzemelerin kullanılması ile atık yönetimi sağlanır.
4.	Uygun arazi konumlandırması ile doğal evre korunur.
5.	Doğal iklimlendirme ve gün ışığı kullanımları ile iç mekân kalite ve konforu artar.
6.	İklimlendirme ve aydınlatma tasarrufu sağlar.
7.	Enerji mümkün mertebe yenilenebilir kaynaklardan sağlanır.
8.	Oluşan verimlilik sayesinde yapıların kullanım (işletim) giderleri azalır.

Bu maddelere ek olarak yeşil yapılar atmosferde iklim değişimlerine sebep olan sera gazı emilimlerini azaltmaya da yardım etmektedir. Yapılan araştırmalarda son 150 yılda açığa çıkan bu zehirli gazların artış göstermesi atmosferde ve okyanuslarda sıcaklık yükselmelerine neden olmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma görüşünün bir ögesi olarak yeşil bina hareketi; enerji, dış ülkelere bağımlılık, küresel iklim değişikliği ve insan konforu-sağlığı gibi günümüzün önemli problemlerine çözüm üretmek için eşi benzeri olmayan bir fırsat sunmaktadır. Yeşil bina prensipleri doğrultusunda tasarlanan yapılarda elde edilen tasarruf yüzdeleri Şekil 3.8’ de gösterilmiştir (Osmançelebioğlu 2015, 12.URL).



**Şekil 3.8:** Yeşil Bina Getirileri (12.URL)

### 3.6 Yeşil Bina Tasarım Kriterleri

Yeşil bina tasarım kriterleri Tablo 3.2' de gösterilmiştir.

**Tablo 3.2:** Yeşil Bina Tasarım Kriterleri (Osmançelebioğlu 2015)

1.	Arsa ve doğal çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir.
2.	Çevre ile uyumlu enerjiyi aktif kullanabilen arazi kullanımı sağlanmalıdır.
3.	Doğal çevre sınırlarının korunması gerekmektedir.
4.	Kullanıcıların toplu taşımaya özendirilerek yeşil alanların korunması gerekmektedir.
5.	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sağlanmalıdır.
6.	Yapının kendi enerjisini üretebilmesi gerekmektedir.
7.	Su verimliliği ve atık suların geri dönüştürülebilmesi sağlanmalıdır.
8.	Doğal aydınlatmadan faydalanabilmek amacıyla yapının doğru yönlendirilmesi gerekmektedir.
9.	Aktif ısı yalıtımı sağlanmalıdır.
10.	İç hacimlerde hava kalitesi ve doğal havalandırma sistemi sağlanarak kullanıcı konfor ve sağlık koşullarının sağlanması gerekmektedir.
11.	Malzeme seçiminde yerel, geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir kaynaklar tercih edilmelidir.
12.	Dayanıklı yapı malzemeleri kullanılmalıdır.
13.	Atıkların ayrıştırılmasının kontrolünün sağlanmalıdır.
14.	Termal performansı yüksek cephe tasarımları yapılmalıdır.
15.	Kullanıcı dostu yapı işletim sistemlerinin kullanılması teşvik edilmelidir.

Yeşil inşaat projeleri, geleneksel yapım tarzıyla yürütülen inşaat projeleriyle kıyaslandığında, sundukları etkin kaynak ve verimli enerji kullanımı, atık yönetimi ve inşaat sonucu oluşan çevre problemlerini azaltma hedefleri doğrultusunda ekstra faaliyet ve önlemleri bünyelerinde barındırmaktadır. Bu nedenle yeşil binaların yapım süreci, geleneksel anlayışa göre yürütülen projelere göre kompleks ve daha zor ilerlemektedir (Sırkıntı 2012).

### 3.7 Yeşil Bina Sertifikasyonu

Yapılarda doğal çevrenin korunabilmesi ve enerji tasarrufunun sağlanabilmesi için oluşturulan uygulamalar neticesinde, yeşil binalarla ilişkili standardizasyon ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda yapıların tasarım ve uygulama süreçlerinde çevreci anlayışı benimseyen ve sürdürülebilirlik tanımını destekleyen nicelik ve niteliklerin oluşturulması amacıyla yeşil bina sertifikasyon standartları oluşturulmuştur (Uğur ve Leblebici 2015).

Yapıların çevrede oluşturdukları etkilerin azaltılması, sürdürülebilir veya yeşil binaların tasarlanması bu tür yapıların ayrıntılı tanımlanması ile mümkün olmaktadır.

Yüksek performanslı yapılar tasarlanabilmesi için yol haritası oluşturulması, bina kod ve standartlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Yapı kodlarının oluşturulması 3000 yıl öncesi “Hammurabi Kanunlarına” dayanmaktadır. 282 koddan oluşan Hammurabi Kanunlarında ve yapı inşasıyla ilgili olarak, “*Bir inşaatçı herhangi bir kişi için bir bina inşa eder ve bu binayı uygun bir şekilde yapmazsa ve onun inşa ettiği bina yıkılıp sahibini öldürürse inşaatı yapan öldürülür*” şeklinde kod bulunmaktadır (Saygılı 2015). Günümüze kadar gelinen süreçte ise yapı kodlarına; yapılarda kalite ve konfor şartlarının sağlanması, yangın, deprem ve doğal afet güvenlikleriyle ilgili hususlar eklenmiştir. 1970’li yıllarla birlikte ortaya atılan çevreci görüşler göz önünde bulundurularak yapıların ekolojik etkileri de kodlara dâhil olmaya başlamıştır (Kobaş 2011).

Bahsedilen yapı kodlarının yasal olarak uygulanması zorunludur. 1990’lı yıllardan bu yana yapı kullanıcılarının mevcut yapı kodlarını tatbik ediyor olması, daha ileri seviyedeki standartlara gereksinim duyulmasına sebep olmaktadır. Yeşil bina sertifikasyon sistemi şeklinde adlandırılan ve yasal bir yükümlülüğü olmayan gönüllü yapı kodları, standartlarını yüksek tutmaktadır. Yapı kodları, bu kapsamda önde gelen uygulamaların kendini göstererek temsil edeceği bir ortam sunmaktadır (Kobaş 2011).

Günümüzde yeşil bina sertifika sistemleri binaların sürdürülebilirliğini, enerji verimliliğini ve ne düzeyde “yeşil” olduklarını değerlendirme ve onaylama vazifesini üstlenmektedir. Sertifika sistemleri yapının tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarındaki bilgilerin toplanması ve raporlanması ile yapının ne derecede çevre dostu olduğunu göstermektedirler. Zamanla çoğu ülkede yeşil inşaat akımının gitgide büyümesi ve önem kazanmasıyla birlikte, sürdürülebilir-yeşil bina yapımının bir parçası ve ölçütü olarak, ulusal veya uluslararası araştırma örgütleri tarafından birçok farklı yeşil bina değerlendirme sistemleri oluşturulmuştur (Sirkıntı 2012).

### **3.8 Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri**

Yapılı çevrelerin doğa üzerinde yarattığı sorunları kontrol altına alabilmek için geliştirilen sürdürülebilir mimarlık kavramı, bünyesinde çevresel, ekonomik ve sosyal öğeler barındırmaktadır. Bir yapının sürdürülebilirliğini kanıtlamak ve ölçmek de bu



öğeler bağlamında yapılmaktadır. Bu amaçla, yapıların çevresel etkilerini ölçmek ve değerlendirmek için belirli kriterlerin varlığına gerek duyulmuştur.

Yapıların çevreye olan etkilerinin nesnel ve elle tutulur bir biçimde ortaya konulmasında geliştirilen değerlendirme sistemleri, “yaşam döngüsü değerlendirme sistemleri” ve “ölçütlere dayalı sertifika programları” olarak başlıca iki gruba ayrılmaktadır (Sev ve Canbay 2009).

### 3.8.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Sistemleri

Binalar, yapıları çevrede bulunan en kompleks sistemlerdir. Yaşam süresinin yaklaşık 50 ila 100 yıl arasında olduğu düşünüldüğünde, diğer endüstri ürünlerine nazaran daha uzun süre kullanımları ve sektördeki katılımcılarının fazla olması gibi nedenler yapı sektörünü diğer bütün sektörlerden farklı kılmaktadır. Bu nedenle inşaat sektöründeki paydaşların, yapı ve yapı malzemelerinin sürdürülebilirliğinde aktif rolleri bulunmaktadır (Günaydın 2011). Yapıda kullanılacak malzemenin veya tüketilen enerjinin, üretim ve taşıma aşaması da dâhil edilerek hammaddeden başlayarak geri dönüşümle tekrar kullanılabilir hale gelinceye kadarki geçirdiği süreç boyunca meydana getirdiği çevresel etkiyi tanımlayabilmek ve bu etkiyi en az seviyeye indirebilmek amacıyla “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)” olarak adlandırılan yaklaşım geliştirilmiştir (Odaman Kaya 2012). YDD, inşaat sektöründe çevreyle dost ürünlerin tercih edilmesi ve bu ürünlerin kullanım süresi boyunca çevreye olan etkilerini sayısal verilere dayandırarak değerlendiren sistematik bir karar destek programıdır (Sayın 2020). YDD'nin ilke ve amaçları Tablo 3.3'te belirtilmiştir.

**Tablo 3.3:** YDD'nin İlkeleri ve Amaçları (Tuna Taygun 2005, Akın 2018)

<b><i>YDD'nin ilkeleri</i></b>
Ürünlerin çevreye olan etkilerinin saptanması ve ölçülmesi.
Çevresel sıkıntıların muhtemel etkilerinin değerlendirilmesi.
Çevresel sıkıntıları önlemek ve bu yükleri azaltmak için farklı metotların değerlendirilmesi.
<b><i>YDD'nin amaçları</i></b>
Doğal kaynakların korunması ve kullanımını azaltılması.
Çevre kirliliğinin engellenmesi ve buna yönelik önlemler alınması.
Çevre eşitliliği görüşünün edinilmesi.
Çevresel bağlamda yasaların ve yönetmeliklerin oluşturulması.
Çevre yönetim sistemlerinde çevresel performans değerlendirme çalışmalarının geliştirilmesi.
Çevre dostu malzemelerin üretiminin teşvik edilmesi, ürünlerin üretim ve kullanım süreci sonrasında oluşturduğu genel çevresel sorunların değerlendirilmesi ve sağlığa zarara veren etkilerinin azaltılması.

Taygun YDD'yi, hammadde olarak elde edilen ürünlerin üretimi, paketlenmesi, nakliyesi, yapıda uygulanması, kullanılması, ihtiyaç olduğunda bakım onarımının yapılması, kullanım süresini doldurması ile geri dönüşümü veya imha edilmesi aşamalarında çevresel etkilerini gözetilen bir yöntem olarak tanımlamıştır (Tuna Taygun 2005).

### **3.8.1.1 Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Süreçleri**

#### **3.8.1.1.1 Hammaddenin Edinilmesi ve Hazırlanması Aşaması**

Yapı ürününün veya malzemesinin üretimi için ihtiyaç olan hammaddelerin, yapı üreticisi tarafından satın alınmadan önce meydana gelen olayların tamamını kapsayan bir süreçtir. Cevher ve fosil yakıtların temini, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının çıkarılması, orman ürünlerinin elde edilmesi gibi faaliyetler bu aşamada yer almaktadır. Hammaddelerin nakliyesi, geri dönüştürülmüş ürünlerin tekrar kullanılabilir hale getirilmesi gibi durumlar bu sürece dâhil olmaktadır. Bu uygulamalarda doğal kaynak kullanımı, enerji ve su tüketimi, atık üretimi ile bunların sağlık ve çevre üzerinde yarattığı etki, çevresel anlamda dikkat edilmesi gereken konulardandır. Çevreye olan etkilerinin saptanması yapı üreticilerinin daha akılcı malzeme seçimine yardımcı olmaktadır.

Bu aşama, üretim ve fabrikasyon sürecinde dağıtım ve uygulamaya hazır olan son ürünün, hammaddeden yapı malzemesi haline gelinceye kadarki gördüğü işlemlerin tamamını oluşturmaktadır. Bu süreçte enerji tüketimi, su tüketimi ve atık oluşumu ile ilgili çevresel durumlara dikkat edilmelidir.

#### **3.8.1.1.2 Yapım, Kullanım ve Onarım Aşaması**

Yapı malzemesinin inşaat alanına getirilmesi; binaya uygulanması, montajı; bakım ve onarım ihtiyaçları; durabilitesi (bozulmadan durma-kalıcılık) ve tahmin edilen faydalı ömür süresini kapsamaktadır. Bu süreçte dikkat edilmesi gereken çevresel etkiler ise yapı malzemesinin montaj aşamasında çevrede oluşturduğu

sorunlar, yapının enerji performansı ve iç ortam hava kalitesinde oluşturduğu durumlardır. Meydana gelen inşaat atıklarının da bu adımda düşünülmesi gerekmektedir.

### 3.8.1.1.3 Malzemenin Geri Dönüşümü, Tekrardan Kullanılması ve Atık Süreci

Yapı ürününün yarar sağladığı kullanım ömrünü sonlandırdığı sürece denilmektedir. Yapıda kullanılmış ürünlerin farklı bir yapıda herhangi bir işlem uygulamadan tekrar kullanılması, tamiri, yenilenmesi, farklı alanlarda değerlendirilmesi veya yok edilmesini içermektedir. İnşaat atıkları, bütün ülkelerde önemli bir katı atık problemini doğurmaktadır. Yapılar ne kadar karmaşık hale gelirse geri dönüşüm işlemi de aynı paralellikte zorlaşmaktadır. Bu durumdan dolayı zehirli kimyasal açığa çıkaran bazı ürünlerin çevreye verdiği zararı engellemek amacıyla özel imha etme yöntemleri uygulanmaktadır (Günaydın 2011).

Yapı ve yapıda kullanılan malzemelerin yaşam döngüsünün değerlendirilmesi için birçok ülkede sürekli yeni araç ve yöntemler geliştirilmektedir. Bu araç ve yöntemler ülkeler bazında Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.4:** Dünyada Kullanılan Yapı Yaşam Döngüsü Değerlendirme Sistemleri (Sev ve Canbay, 2009)

Bees	ABD
BEAT 2002	Danimarka
EQUER, PAPOOSE ve TEAM	Fransa
EcoQuantum	Hollanda
ATHENA	Kanada
Envest 2	İngiltere
LEGEP	Almanya
MIPS	Almanya
TWIN	Hollanda

Adı geçen bu araçlar genel anlamda bilgi toplama ve karara bağlama süreçlerinde yani; binaların tasarımı, ürün ve malzeme seçimi, bu ürünlerin geri dönüştürülme özellikleri ve nakliye seçeneklerinin değerlendirilmesi gibi amaçlarda kullanıldığı için çevresel etki değerlendirmesi yapmak mümkündür. Ancak bu sistemler bir yapıya ait çevresel etki değerlendirmesinde farklı bir veri girişine uygun olmayan araçlardır. Net bilgi ve ölçümler elde edilerek bilimsel değeri olan

sınıflandırmalar yapılabilmesi amacıyla yol gösterici araçlara gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda oluşturulan “ölçütlere dayalı değerlendirme ve sertifika programları”, yapıları daha geniş açıdan ve objektif değerlendirmesi, kolay şekilde uygulanması ve sonuçların açıklayıcı olması bakımından kendisini göstermektedir (Sev ve Canbay, 2009).

### 3.8.2 Ölçütlere Dayalı Değerlendirme Sistemleri

Ölçütlere dayalı değerlendirme ve sertifika sistemleri uluslararası ve yerel anlamda farklı ülkeler ve kurumlar tarafından; binaların çevreye olan etkilerini nesnel ve elle tutulur bir biçimde ortaya konmasında ve yapıların “yeşil bina” olması için uygulanan kriterlerin belgelenmesi açısından oluşturulan sistemlerdir. Ölçütlere dayalı sertifika sistemleriyle belge alan yapılar, hem çevresel problemleri azaltmakta hem de ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır. Bu hedef doğrultusunda yeşil bina sertifikalarının yaygın hale gelmesi yapı sektöründeki tasarımcıların, yüklenicilerin ve kullanıcıların farkındalıklarının artmasını sağlayarak sürdürülebilir dönüşüme liderlik etmektedir.

ABD Kaliforniya’da 1999 yılında (Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler, Japonya, Rusya, Kanada, Avustralya, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri) katılımcı devletler tarafından “Dünya Yeşil Binalar Konseyi (WGBC)” kurulmuştur. Konseyin amacı küresel anlamda sürdürülebilir bina çalışmalarını yaygınlaştırmak ve hız kazandırmaktır (12. URL). WGBC’ ye göre uluslararası platformda kabul gören dört değerlendirme metodu bulunmaktadır (Çelik 2016) (Tablo 3.5).

**Tablo 3.5:** Uluslararası Ölçütlere Dayalı Değerlendirme Metotları (Çelik 2016)

<b>BREEAM</b>	İngiltere’ de 1990 yılında oluşturulan ölçütlere dayalı sertifika sistemlerinin öncü konumda bulunmaktadır.
<b>LEED</b>	Uluslararası kullanılan metotlarda ikinci sıradadır.
<b>CASBEE</b>	2004 yılında Japonya’da kurulmuştur.
<b>Green Star</b>	2002 yılında Avustralya’da uygulanmaya başlamıştır.

CASBEE ve Greenstar uluslararası özellik göstermeyip sadece buldukları kıtada kullanılan metotlardır. Açıklanan dört metot dışında 14 ülkenin katılımıyla “Natural Resources Canada” öncülüğünde 1998 yılında kurulan GBtool, 2002 yılında “International Initiative for a Sustainable Built Environment” in denetimine girerek SBtool adını almıştır. Günümüzde ise 21 ülkenin ortak olduğu çok uluslu bir metoda

dönüşmüştür. Sertifika sistemlerinin ilk çıkışından günümüze kadar geçen süre içinde gittikçe birbirine yaklaştığı ve mantık kurgularının benzediği görülmektedir. Birçok ülke de bu sistemleri örnek alarak kendi sertifika sistemlerini oluşturmuştur. Tablo 3.6'da belirtilen diğer 20 metot ise kuruldukları ülke ve bölgelerin yerel koşullarına göre hazırlanmış, farklı versiyonlarla kullanım alanını genişletmemiş olan yerel metotlardır (Odaman Kaya 2012, Çelik 2016).

**Tablo 3.6:** Ülkeler Tarafından Kullanılan Değerlendirme ve Sertifika Programları (Çelik 2016)

<i>Ülkeler</i>	<i>Kulandıkları Değerlendirme ve Sertifika Programları</i>
<i>Almanya</i>	CEPHEUS, DGNB
<i>ABD</i>	LEED, Green Globes ,Build it Green, NGBS, Living Building Challenge , IGCC, NAHB
<i>Avustralya</i>	Green Star
<i>Birleşik Arap Emirlikleri</i>	Estidama
<i>Birleşik Krallık</i>	BREEAM
<i>Brezilya</i>	LEED Brasil, AQUA
<i>Çin Halk Cumhuriyeti</i>	GBAS
<i>Filipinler</i>	BERDE
<i>Fransa</i>	HQE
<i>Güney afrika</i>	Green Star SA
<i>Hindistan</i>	GRIHA
<i>Hollanda</i>	BREEAM Netherlands
<i>Hong Kong</i>	HKBEAM
<i>İspanya</i>	VERDE
<i>İsviçre</i>	Minergie
<i>İtalya</i>	Protocollo Itaca
<i>Japonya</i>	CASBEE
<i>Kanada</i>	Green Globes, LEED Canada ,
<i>Malezya</i>	GBI Malaysia
<i>Meksika</i>	LEED Mexico
<i>Pakistan</i>	IAPGSA (Pakistan Green Sustainable Architecture)
<i>Portekiz</i>	Lider A
<i>Singapur</i>	Green Mark
<i>Yeni Zellanda</i>	Green Star NZ

Ülkemizde 2007 yılı itibariyle bu alandaki faaliyetlere, *Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK)* öncülük etmiştir. Dernek LEED, BREEAM, DGNB vb. uluslararası sertifika sistemlerini baz alarak Türkiye için ulusal yeşil bina sertifikası programı geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yapmıştır. 2015 senesinde, ÇEDBİK tarafından ulusal yeşil bina sertifikalandırma kılavuzu hazırlanmıştır. Kılavuzun 2019'da güncellenmesi ile de BEST Konut Sertifika Sistemi çıkarılmıştır. BEST Türkiye'de yeni yapılan konutlarda güncel olarak kullanılan ulusal sertifikalandırma metodudur (12. URL) .

Türkiye'de yapılarının değerlendirilmesi için kullanılan yeşil bina sertifikalandırma sistemlerine bakıldığında; uluslararası BREEAM ve LEED

sertifikalandırma sistemlerinin daha çok tercih edildiği görülmektedir. Bu tez çalışmasında dünya çapında bilinen ve yaygın olarak kullanılan BREEAM, SBTool, Green Star, CASBEE, DGNB sertifika ve değerlendirme sistemleri hakkında genel bilgiler verilecektir. Ardından Türkiye’de en çok tercih edilen LEED sertifikasyon ve değerlendirme sistemi detaylı olarak açıklanacaktır.

### **3.8.2.1 Dünya’da Yaygın Olarak Kullanılan Ölçütlere Dayalı Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifikalandırma Sistemleri**

#### **3.8.2.1.1 BREEAM**

İngiltere’de 1990 senesinde yapı araştırma kurumu aracılığıyla geliştirilen yeşil bina sertifikasyon ve değerlendirme metodu *BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)*; uluslararası ilk yeşil yapı değerlendirme sistemidir. Günümüzde de dünya çapında en çok tercih edilen ve uygulanan sertifikalandırma sistemleri arasında bulunmaktadır (Deligöz ve diğ. 2020).

BREEAM yapıları değerlendirme, belgeleme, tasarım, inşaat, kullanım, onarım ve yenilenme gibi yapıyı çevre yaşam döngüsünün farklı aşamalarında dâhil olmaktadır. Bireysel yapıların, toplulukların ve altyapı tasarımlarının sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan uluslararası bağımsız üçüncü taraf sertifikasyon sistemidir (13. URL).

BREEAM Sistemi başta ofis yapılarında kullanılmak üzere oluşturulmuştur. 1991 yılında endüstri ve 1993 yılında ticari yapıların değerlendirilmesi için yeni modüller oluşturularak 1998’de mevcut haline gelmiştir. Yapıları 2008 senesine kadar sadece İngiliz yönetmeliklerine göre değerlendiren sistem, 2009’da ilk uluslararası sürümünü geliştirmiştir (Açıkel 2020).

BREEAM tarafından en son olarak 2018 yılında “BREEAM UK New Construction 2018 3.0” sürümü çıkarılmıştır. Fakat bu sürüm İngiltere sınırları içerisinde inşa edilecek olan yapılarla sınırlandırıldığı için Türkiye’de uygulanan en güncel sürüm BREEAM International New Construction 2016 ‘dır. Bu sürüm, yeni

inşa edilecek olan yapıların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Deligöz ve diğ. 2020).

“BREEAM Uluslararası Yeni İnşaat 2016” versiyonu kullanılarak değerlendirilebilecek bina türleri konut, ticari, eğitim, uzun süreli konaklama yapıları, oteller, kısa süreli konaklama yapıları ve standart dışı yapılar olmak üzere 6 kategoride incelenmektedir. Bu kategorilerde bulunan yapı çeşitleri Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.7:** BREEAM Değerlendirme Sisteminde Bulunan Yapı Türleri (13. URL)

<i>Konut Yapıları</i>	<i>Yerleşim</i>	<i>Tekli Konutlar- Çoklu Konutlar</i>
<i>Ticari Yapılar</i>	Ofis	Genel ofis binaları Araştırma ve geliştirme alanlarına sahip ofisler
	Sanayi	Depo, depolama veya dağıtım Süreç, imalat veya araç servisi
	Perakende	Mağaza veya alışveriş merkezi Perakende parkı veya depo 'Tezgah üstü' hizmet sağlayıcı Sergi salonu Restoran, kafe ve içme tesisi
<i>Eğitim Yapıları</i>		Okul öncesi okullar, kolejler, üniversiteler Yüksek Öğretim Kurumları
<i>Uzun Süreli Konaklama Yapıları</i>		Yatılı bakım evi Korunaklı konaklama Konut kolej veya okul (ikamet salonları) Yerel yönetim güvenli konut konaklama Asker kışlaları
<i>Oteller ve Kısa Süreli Konaklama Yapıları</i>		Otel, pansiyon, pansiyon ve misafirhane
<i>Standart Dışı Yapılar</i>		Topluluk veya ziyaretçi merkezi Belediye binası veya şehir merkezi Konferans tesisi Tiyatro, sinema veya konser salonu Spor veya eğlence tesisi Kütüphane Hastane ve diğer sağlık tesisi Hapishane Mahkeme Polis Merkezi İtfaiye Ulaşım merkezi (otobüs veya tren istasyonu) Galeri veya müze İbadethane Araştırma ve geliştirme

BREEAM, yapılarda arazi kullanımından başlayarak proje yönetimi, enerji, çevre kirliliği ve atıklar gibi birçok kategoride sürdürülebilirlik ölçütlerini değerlendirmektedir. Kategorilerin her birinde oluşturulmak istenen hedefler, iklim değişikliklerine uyum, atmosferdeki karbon emisyonlarını azaltma, yapının sağlamlığı, esnekliği, flora-fauna ve kaynakların korunmasıdır. BREEAM

değerlendirme sisteminde sertifika puanını hesaplanabilmesi amacıyla oluşturulan bu ölçütler Şekil. 3.9'daki gibidir (13. URL).



Şekil 3.9: BREEAM Değerlendirme Ölçütleri (13. URL)

Enerji kategorisinde, kaynakların sürdürülebilirliği amacıyla enerji verimli sistem ve ekipmanların kullanımı, doğal aydınlatmaların tercih edilmesi ve düşük karbon seviyeli tasarımların yapılması ile karbon emisyonlarının azaltılması gibi konuların üzerinde durulmaktadır. Sağlık kategorisinde tehlikelerin en aza indirilmesi, akustik performansın sağlanması, uygun iklimlendirme sistemleri tercih edilmesiyle termal rahatlığın ve iç hava kalitesinin oluşturulması hedeflenmiştir. İnovasyon kategorisi ile tasarımcı ve kullanıcıları ekonomik, yenilikçi tedbirlere teşvik ederek ve yönlendirerek kitlelere duyurmak amaçlanmıştır. Arazi kullanımı ve ekoloji kategorisinde uygun yer seçimi ile sürdürülebilir arazi kullanımı, mevcut arazi ekolojisi üzerindeki etkiyi azaltma, biyoçeşitliliği koruma ve arazi üzerinde sağlayacağı uzun vadeli etki ile arazi ekolojisinin biyoçeşitliliğin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Malzeme kategorisi yapıda kullanılan malzemelerin yaşam döngüsünün sağlanması amacıyla uygulanan yöntemleri kapsamaktadır. Yönetim kategorisi yapıda sürdürülebilirliği sağlayabilmek amacıyla tasarım, inşaat, bakım-onarım, yıkım ve geri dönüşüm aşamaları ile yapının hizmet ömrünün planlanması ve yaşam döngüsü maliyetinin belirlenmesidir. Kirlilik kategorisi, yapının konumlandırıldığı çevrede NOx emisyonlarının, gürültü ve gece ışık kirliliğinin azaltılması, yüzey suyu akışlarının önlenmesi konuları ele alınmaktadır. Ulaşım kategorisinde yapıların toplu taşıma, alternatif ulaşım türleri gibi sürdürülebilir ulaşım



olanaklarına yakın olması ve otopark kapasiteleri üzerinde durulmuştur. Atık kategorisinde, yapının yaşam döngüsü içerisinde bakım ve onarımlarla ve geri dönüşümlerin sağlanmasıyla atık yönetimi oluşturulması hedeflenmektedir. Su kategorisinde verimli su ekipmanlarının teşvik edilmesi, yapıdaki su kaçaklarının önlenmesi ve su yönetimiyle sürdürülebilirliğin sağlanması üzerinde durulmuştur (13. URL, Sayın 2020).

BREEAM değerlendirme ve sertifika verme işlemleri BRE'nin lisanslı değerlendirme uzmanları aracılığıyla yapılmaktadır. Başvuru yapıldıktan sonra tasarım ve satın alma, inşaat değerlendirilmesi, yönetim ve operasyon gibi yapının değerlendirme çeşitlerinden hangisine uygun olduğu saptanarak sertifika sürecine başlanmaktadır. BREEAM sertifika sürecinin aşamaları Tablo 3.8'de gösterilmiştir (13. URL).

**Tablo 3.8:** BREEAM Sertifika Süreci Aşamaları (13. URL)

<b>1. Aşama</b>	İstenen evrak ve projeler ile BRE'ye başvuru yapılır.
<b>2. Aşama</b>	Çalışmalara başlayabilmek için yapının türüne karar verilir.
<b>3. Aşama</b>	BREEAM uzmanları projenin ölçütlere uygunluğunu kontrol eder.
<b>4. Aşama</b>	Araştırma sonucunda sertifika seviyesi belirlenir. Kontrol amacıyla BRE'ye gönderilir.
<b>5. Aşama</b>	Onaylanırsa yapı sertifikalanır.

BREEAM değerlendirme sisteminde bulunan kategorilerinin puan dağılımları Şekil 3.10' da gösterilmiştir. BREEAM sertifika sisteminde belirtilen ön şartların yerine getirilmesi sonucunda alınan puanın yüksekliğine göre; geçer, iyi, çok iyi, mükemmel ve seçkin sertifikaları'na hak kazanılmakta ve değerlendirmeler altı kategoriye göre yapılmaktadır (Deligöz ve diğ. 2020) (Tablo 3.9).



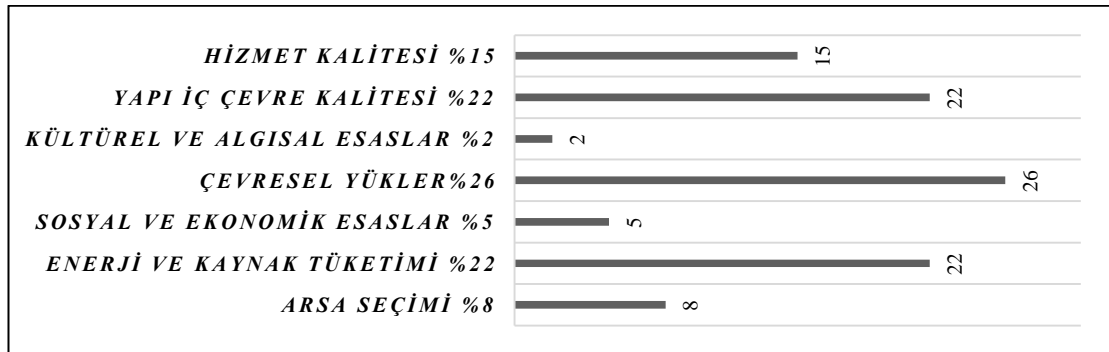
**Şekil 3.10:** BREEAM Değerlendirme Kategorileri ve Puan Yüzdeleri (13. URL)

**Tablo 3.9:** Puan Yüzdelere göre BREEAM Derecelendirilmesi (13. URL)

<i>BREEAM Derecelendirmesi</i>	<i>% Puan</i>
<i>Seçkin</i>	$\geq 85$
<i>Mükemmel</i>	$\geq 70$
<i>Çok iyi</i>	$\geq 55$
<i>İyi</i>	$\geq 45$
<i>Geçer</i>	$\geq 30$
<i>Sınıflandırılmamış</i>	$< 30$

### 3.8.3.2 SBTool Değerlendirme ve Sertifikasyon Sistemi

SBTool, 1998 yılında gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle yapılar için çevresel değerlendirme sistemi oluşturmak amacıyla ile kurulan bir değerlendirme aracıdır. İlk zamanlarda 14 ülke ile başlamış ve 2008’de bu sayı 21’e çıkmıştır. Başlangıçta büyük oranda çevresel performans kriterlerinden oluşan GBTool’a, sosyal ve ekonomik problemlerin çözülmesine dair ölçütler eklenerek SBTool oluşturulmuştur. SBTool değerlendirme sisteminde doksandan fazla performans değerlendirme kategorisi bulunmaktadır. SBTool genel bir değerlendirme çerçevesi altında direkt yapılarda uygulanmayan, farklı ülkelerin bu sistemin kalıbı altında, kendi ülkesi ve yerel koşullarına uyarlamasını öngören bir değerlendirme aracıdır (Sev ve Canbay 2009). Yapıların değerlendirilmesinde başlıca 7 kriter bulunmakta ve bu kriterler 100 puan üzerinden hesaplanmaktadır. Bu değerlendirme kriterleri ve puanları Şekil 3.11’de gösterilmiştir (Bulut 2014).



**Şekil 3.11:** SBTool Değerlendirme Kategorileri ve Puan Yüzdeleri (14. URL)

SBTool değerlendirme sisteminde bitişik nizam konutlar, apartman tipi konutlar, otel, kütüphane, ofisler, K-12 okulları, restoran/kafe, ticari binalar,

süpermarket, alışveriş merkezi, tiyatro-sinema, kapalı otopark ve başlıca kullanılan diğer kamuya açık alanlar olmak üzere 13 farklı proje çeşidine göre sistem türü geliştirilmiştir. Bu sistem türlerinin her birinde farklı değerlendirme kriterleri bulunmaktadır. Yerel uygulamalarda bu kriterler uygulanabilirlik durumuna göre değerlendirmeye dâhil olmakta ya da çıkarılarak bölge veya ülkenin durumuna göre uyarlanmaktadır. Bu uyarlamaları yerel otoriteler, kuruluşlar ve alanında yetkin olan akademisyenlerden oluşan ulusal ekip yapmaktadır. Oluşturulan bu ekip, bölgeye uyarlanan her bir ölçütün, uygulanan ülke veya bölgeye uygun katsayılarını, bilimsel bir zemine dayandırarak ve görüş birliğine vararak oluşturmaktadır. Ağırlık katsayısı uygulaması iki aşamalıdır. Bina bu değerlemede -1 ve 5 arasında puan toplamaktadır (Bulut 2014). SBTool değerlendirme sisteminin düzeyleri ve puanları Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

**Tablo 3.10:** SBTool Değerlendirme Düzeyleri ve Puanları (14. URL)

<i>Sistem Düzeyleri</i>	<i>Olumsuz</i>	<i>Kabul Edilebilir</i>	<i>İyi Uygulama</i>	<i>En İyi Uygulama</i>
<i>Puan</i>	-1	0	3	5

### 3.8.2.2 Green Star Değerlendirme ve Sertifikasyon Sistemi

2002 yılında kurulan Avustralya Yeşil Bina Konseyi, Avustralya'da sürdürülebilir yapı sektörünü geliştirmek ve yeşil bina programlarını, tasarımlarını, teknolojilerini, uygulamalarını takip ve teşvik etmek, dayanıklı, pozitif binalar ve alanlar oluşturmak için standart belirlemek amacıyla 2003 yılında Green Star değerlendirme sistemini oluşturmuştur (Bulut 2014).

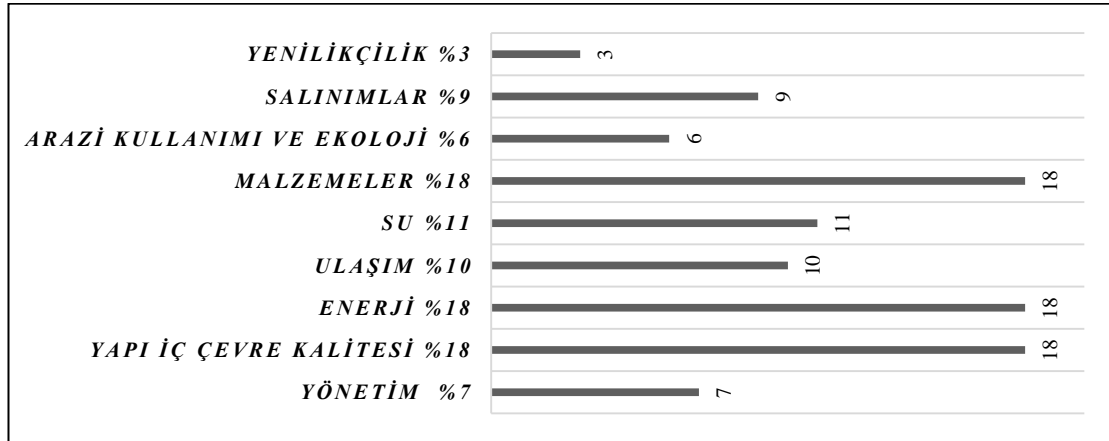
Green Star, BREEAM ve LEED değerlendirme sistemlerinin tam tersine ulusal ölçekte bir değerlendirme sistemidir. Çeşitli araştırmalardan ortaya çıkan veriler ile Avustralyalıların yüzde 80'inin iklim eyleminin gerekli olduğuna inandığı sonucuna varılmıştır. Bu sistem de yeşil binaların üstün olduğu konuların üzerinde çalışılması, bu konu ile ilgili ortak bir dil oluşturarak toplumsal bilincin artırılması, sürdürülebilirlik alanında lider olanların sergilenmesi amacı ile çalışmalarını sürdürmektedir (15. URL). Green Star, bütünlük tasarım sistemini benimsemektedir. BREEAM'de olduğu gibi yapıların yaşam döngüsü etkilerini ölçmeyi hedeflemektedir (Sev ve Canbay 2009).

Greenstar değerlendirme sistemi ilk olarak ofisler için geliştirilmiştir. Bu aşamada büro tasarımları, mevcut ofis yapıları ve iç mekânlar değerlendirilmiştir. Günümüz versiyonuyla Greenstar araçları Tablo 3.11 'de gösterilmiştir (16. URL).

**Tablo 3.11:** Greenstar Araçları (16. URL)

<b>Green Star Binalar</b>	Yeni binalar ve büyük çaplı tadilatlar için.
<b>Green Star Konutlar</b>	Ağustos 2021'de başlatılan yaşadığımız yerlerin sağlığını, esnekliğini ve enerji verimliliğini değerlendiren bir standarttır.
<b>Green Star İç Mekân</b>	Ofis, otel, okul ve mağazalara kadar her şeyin iç donanımını dönüştürmektedir.
<b>Green Star Performans</b>	Mevcut binaların operasyonel verimliliğini artırmaktadır.
<b>Green Star Topluluk</b>	Mahalle, bölge veya topluluk ölçeğinde projelerin sürdürülebilirliğini geliştirmektedir.

Green Star sertifika sistemine göre binaların çevresel performansları 9 farklı değerlendirme kategorisi kapsamında 100 puan üzerinden değerlendirilmektedir. Bu kategoriler ve puan yüzdeleri Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.12:** GreenStar Kategori ve Puan Yüzdeleri (16. URL)

Green Star sertifika sisteminde sertifika alım işlemi GBCA 'ya kayıt işlemi ile başlamaktadır. Başvuru aşamasından sonra projenin tasarım, yapım ve işletim süreçleri, sistemin ölçütlerine uygunluğu bakımından incelenmekte ve puanlanmaktadır. Yapılar, kategorilerden aldıkları toplam puanlara göre 6 farklı derecede sertifikalandırılmaktadır. Ancak en az % 45 başarı sağlayarak 4, 5 ve 6 yıldız derecelerine ulaşan binalara GBCA tarafından Green Star sertifikası verilmekte ve bu yapılar Green Star veri tabanına dâhil olmaktadır. Green Star sertifika sistemi dereceleri Tablo 3.12'de gösterilmiştir (Bulut 2014).

**Tablo 3.12:** GreenStar Sertifika Dereceleri (16. URL)

Sistem Düzeyleri	Puan
1 yıldızlı	10-19 (En düşük )
2 yıldızlı	20-29 (Orta derece)
3 yıldızlı	30-44 (İyi)
4 yıldızlı	45-59 (En iyi)
5 yıldızlı	60-74 (Avustralya'da ki mükemmellik)
6 yıldızlı	75 ve üzeri (Evrensel Liderlik)

### 3.8.2.2.1 CASBEE Değerlendirme ve Sertifikasyon sistemi

Japonya Yeşil Bina Konseyi-JaGBC ve Japonya Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu tarafından 2001 yılında ortak bir sanayi/hükümet/akademik projenin parçası olarak *Binaların Çevresel Etkinliği için Detaylı Değerlendirme Sistemi (CASBEE)* kurulmuştur. Bu değerlendirme sistemi Japonya ile beraber diğer Asya ülkelerinin de sürdürülebilirlik öncelikleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. CASBEE değerlendirme sisteminin ilkeleri:

- Yapıların yaşam döngüsü boyunca ayrıntılı olarak değerlendirilmesi,
- Yapılı çevre kalitesi ve çevresel yükünün değerlendirilmesi
- Yeni geliştirilen yapıların Yapılı Çevre Verimliliği (BEE) göstergesine dayandırılarak değerlendirilmesidir (17. URL).

CASBEE, kentsel alandaki verimliliğini ölçmek amacıyla farklı ölçeklere uyarlanmış değerlendirme ve farklı yapı yaşam döngülerine karşılık gelen sertifika türleri olarak sınıflandırılmaktadır. Kentsel alandaki verimliliğini değerlendirmek amacıyla inşaat, kentsel ve şehir yönetimi şeklinde oluşturulmuş araçları vardır. Yapı yaşam döngüsü sürecindeki aşamalara göre çeşitlik kazanmaktadır. CASBEE yapı ölçeği dâhilinde dört değerlendirme aracından oluşmaktadır. Bu araçlar:

1. Tasarım için CASBEE,
2. Yeni İnşaat için CASBEE,
3. Mevcut Binalar için CASBEE,
4. Yenileme için CASBEE' dir.

CASBEE öteki değerlendirme sistemlerden farklı bir yöntem ile yürütülmektedir. Bu yöntemler iki esasa dayandırılmaktadır. Bunlar Tablo 3.13'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.13:** CASBEE Değerlendirme Kategorileri (17. URL)

<i>Ana değerlendirme Kategorileri</i>	<i>Kategoriler ve Sağladığı Puanlar</i>
“Q”: Yapılı çevre kalitesidir. Yapı kullanıcılarının yaşam kalitesi ve konforunu değerlendirmektedir.	<ul style="list-style-type: none"><li>• İç Mekân Çevresi</li><li>• Servis Kalitesi</li><li>• Arsa Dışı Mekân Çevresi</li></ul>
“L”: Yapının çevrede oluşturduğu yüklerdir. Bu çevresel etkilerin olumsuz yönleri değerlendirilmektedir.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enerji</li><li>• Kaynaklar ve Malzemeler</li><li>• Arsa Dışındaki Çevre</li></ul>

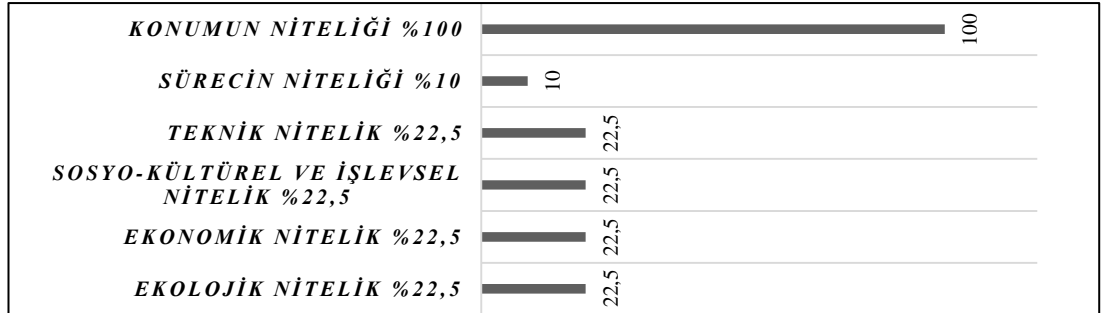
Q değerinin L değerine bölünmesi sonucunda yapının çevresel etkinliği bulunmaktadır. Q ve L değerleri CASBEE'nin sitesinde bulunan Excel tablolarına gerekli performans değerlerinin girilmesi ile otomatik bir şekilde hesaplanmaktadır. Çevresel etkinlik değerleri grafiksel olarak ifade edilerek yapının sürdürülebilirlik düzeyi belirlenmektedir. Değerlendirme aşamasının sonucunda ilgili yapı, aldığı toplam puana göre belirlenen en zayıfı “C” sınıfı olmak üzere, “B” “B+”, “A” ve en üstün “S sınıfı” olmak üzere beş farklı derecede sertifikalandırılmakta ve CASBEE'nin veri tabanına eklenmektedir.

### 3.8.2.2.2 DGNB

2007 yılında *Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi Sistemi-DGNB*, sürdürülebilirlik bağlamında yapıların planlanması, değerlendirilmesi ve sertifikalandırılması amacıyla inşaat ve gayrimenkul sektöründe farklı disiplinlerden 16 girişimci tarafından kurulmuş bir sistemdir. 2008 yılında 121 kurucu üyesi bulunurken günümüzde bu sayı 1500'e ulaşmaktadır. Bu üyeleri, kapsamlı bilgi birikimleri ile DGNB'ye katkıda bulunmakta olan mimarlar, planlamacılar, yatırımcılar ve akademisyenler oluşturmaktadır. Farklı disiplinlerdeki üyelerin, çok yönlü pratik deneyimleri ve farklı bakış açıları DGNB'nin çalışmaları için sağlam bir temel oluşturmaktadır. DGNB kaliteye öncelik tanıyan bir tutum sergilemekte ve iyi binaları, yaşanabilir mahalleleri yani sürdürülebilir yapıları bir çevreyi amaçlamaktadır. Dünya çapında sertifikalandırma yapabilen bir sistem olan DGNB yapıyı bütünsel olarak ele alarak yapının tüm yaşam döngüsü ve projenin genel performansı

değerlendirilmektedir. Sistem, üç merkezi sürdürülebilirlik alanı olan ekoloji, ekonomi ve sosyo-kültürel yönlerden oluşmakta ve ele alınan bu yönler eşit ağırlıkta değerlendirilmektedir. Küresel anlamda yaklaşık 35 ülkede DGNB prensiplerine göre 8.700'den fazla inşaat projesi tasarlanmış, inşa edilmiş ve sertifikalandırılmıştır (18. URL).

DGNB değerlendirme sistemine göre altı farklı değerlendirme kriteri üzerinden yapılar ya da kentsel bölgelerin çevresel performansları yüzdelik puan üzerinden değerlendirilmektedir. Yapıların değerlendirilmesi, iç mekân termal konfor, akustik konfor, ulaşım gibi farklı ölçütlere göre yapılmaktadır. DGNB, kentsel bölgeler için iklim ve çevreye zarar vermeden insanların kendilerini konforlu, rahat ve sağlıklı hissedebilecekleri sürdürülebilir, yaşanabilir kentlerin kurgulanmasını amaçlamaktadır. Kentsel alanların sertifikalandırılması için özel DGNB kriterleri bulunmaktadır. Puanlamalar altı kriter için oluşturulmuş değerlendirme kombinasyonları ile yapılmaktadır (Bulut 2014). Değerlendirme kriterleri ve puanları Şekil 3.13' de gösterilmiştir.



Şekil 3.13 : DGNB Değerlendirme Ölçütleri ve Puan Yüzdeleri (18. URL)

DGNB sertifikası, Almanya'da ve diğer ülkelerde hem yeni hem de mevcut binalara ayrıca yenilenme aşamasındaki ve kullarımdaki binalara uygulanabilmektedir. Bu bina türleri Tablo 3.14' te gösterilmiştir (Bulut 2014).

Tablo 3.14: DGNB' de Değerlendirmeye Alınan Yapı Türleri (18. URL)

Yeni Binalar	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toplantı yapıları</li> <li>• Eğitim yapıları</li> <li>• Hastaneler</li> <li>• Endüstri yapıları</li> <li>• Laboratuvar yapısı</li> <li>• Karma kullanım</li> <li>• Ofis ve idari yapılar</li> <li>• Konut yapıları</li> <li>• Küçük konut yapıları</li> <li>• Kullanıcı ihtiyacının sağlanması</li> </ul>

<b><i>Mevcut Binalar</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endüstri yapıları</li> <li>• Ofis ve idari yapılar</li> <li>• Ticari yapılar</li> <li>• Konut yapıları</li> </ul>
<b><i>Kentsel Bölgeler</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İş bölgeleri</li> <li>• Endüstriyel yerleşim bölgeleri</li> </ul>

DGNB değerlendirme sistemine göre binaların değerlendirme ölçütü ve alt başlıkları Tablo 3.15’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.15:** DGNB Değerlendirme Kategorileri ve Alt Başlıkları (18. URL)

<b><i>Ekolojik Nitelik</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bina yaşam döngüsü değerlendirmesi</li> <li>• Yerel çevresel etki</li> <li>• Sürdürülebilir kaynak çıkarma</li> <li>• İçme suyu talebi ve atık su hacmi</li> <li>• Arazi kullanımı</li> <li>• Sahadaki biyolojik çeşitlilik</li> </ul>
<b><i>Ekonomik Nitelik</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yaşam döngüsü maliyeti</li> <li>• Esneklik ve uyarlanabilirlik</li> <li>• Ticari uygulanabilirlik</li> </ul>
<b><i>Sosyo-kültürel ve İşlevsel Nitelik</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termal, akustik, görsel konfor</li> <li>• İç hava kalitesi</li> <li>• Kullanıcı kontrolü</li> <li>• İç ve dış mekan kalitesi</li> <li>• Emniyet ve güvenlik</li> <li>• Herkes için tasarım</li> </ul>
<b><i>Teknik Nitelik</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yangın güvenliği</li> <li>• Ses yalıtımı</li> <li>• Bina kabuğunun kalitesi</li> <li>• Bina teknolojisinin kullanımı ve entegrasyonu</li> <li>• Bina bileşenlerini temizleme kolaylığı</li> <li>• Geri kazanım ve geri dönüşüm kolaylığı</li> <li>• Emisyon kontrolü</li> <li>• Mobilite altyapısı</li> </ul>
<b><i>Sürecin Niteliği</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapsamlı proje özeti</li> <li>• İhale aşamasındaki sürdürülebilirlik konuları</li> <li>• Sürdürülebilir yönetim için belgeler</li> <li>• Kentsel ve tasarım planlaması prosedürü</li> <li>• Şantiye / inşaat süreci</li> <li>• İnşaatın kalite güvencesi</li> <li>• Sistematik devreye alma</li> <li>• Kullanıcı iletişimi</li> <li>• FM uyumlu planlama</li> </ul>
<b><i>Konumun Niteliği</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yerel ortam</li> <li>• İlçeye etkisi</li> <li>• Ulaşım erişimi</li> <li>• Olanaklara erişim</li> </ul>

DGNB’de sertifikalandırma işlemi denetçi tarafından yapılmaktadır. Yüklenici, DGNB denetçisine başvurmakta ve denetçi, kayıttan sertifikasyon yoluyla sonuca kadar olan süreci denetlemektedir. DGNB, yapıların sürdürülebilirlik



performansları dâhilinde her bir değerlendirme ölçütleri için hedef değer puanları tanımlamıştır. Bunlar, kullanımlarına bağlı olarak farklı ağırlıktadır. Yüzdeler puan üzerinden değerlendirilmektedir. Yapılar değerlendirme ölçütlerinden kazandıkları yüzdeler puan düzeyine göre değerlendirilip sertifikalandırılmaktadır. (Tablo 3.16).

**Tablo 3.16:** DGNB Sertifika Dereceleri (18. URL)

<i>Sertifika Türleri</i>	<i>Platinum</i>	<i>Gold</i>	<i>Silver</i>	<i>Bronze</i>
<i>Toplam performans endeksi</i>	%80 ve üzeri	%65 ve üzeri	%50 ve üzeri	%35 ve üzeri
<i>Minimum performans endeksi</i>	%65s	%50	%35	--%

## 4. LEED

1998 senesinde Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) aracılığı ile geliştirilip uygulamaya konulan LEED, inşaat sektöründe yapı yaşam döngüsü aşamalarının meydana getirdiği çevresel sıkıntılara dikkat çekerek bu sıkıntıları azaltma hedefinde olan yeşil bina değerlendirme sistemidir (Sev ve Canbay 2019). LEED kısaltmasının açılımı “*Leadership in Energy and Environmental Design*” dır. Türkçedeki anlamı ise “*Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik*” dir (Geçim 2018).

USGBC tarafından 1998’de ilk kez kullanılan LEED sistemi, yapı sektörünün sürdürülebilirlik alanında kendisini geliştirmesinin yanında uygun bir yeşil bina tasarımı, inşaatı ve yapılan işlemleri desteklemek ve doğrulamak amacıyla oluşturulan gönüllü bir sistemdir. İnşaatın yapıldığı araziye sürdürülebilir kılmak amacıyla bina sahiplerine, mimarlara, mühendislere ve gayrimenkul uzmanlarına yol göstermektedir (Geçim 2018).

LEED sertifika ve değerlendirme sistemi günümüzde, dünya genelinde 165 ülkedeki varlığıyla kullanımı en yaygın olan sistem olarak bilinmektedir. Sürdürülebilirlik anlamında ölçütlere dayalı sertifika sistemleri arasında LEED, küresel ölçekte tanınması ile öncü bir konumda bulunmaktadır. Enerji ve çevre dostu tasarımlarıyla sağlıklı, konforlu, yüksek verimli ve uygun maliyetli yapıların oluşturulmasını hedeflemektedir. Yapılarda kaynak korunumunun sağlanması, daha az atık üretilmesi ve insan sağlığının önde tutulduğu yapıların tasarlanması, inşa edilmesi ve kullanılması sağlanarak sürdürülebilir yapılar hedeflenmektedir. Bu hedefler doğrultusunda da LEED sertifikası yapıların pazarlama değerini arttırmakta, kullanım maliyetini düşürmekte ve çalışan kişilerin verimliliğini yükseltmektedir (19. URL).

LEED sertifikasının yıllar içerisinde kendini güncelleştirerek oluşturduğu sürümler kronolojik olarak incelenirse 1990’lı yılların başlarında insan sağlığı ve çevreyi göz önünde bulunduran daha iyi yapılar oluşturmak amaçlanmıştır. Gün geçtikçe bu sistemlerin optimizasyonunu sağlama ihtiyacı daha da farkedilmeye ve bunun için sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. 1998’de USGBC, LEED 1.0 pilot programı geliştirmiş ve 19 projeyi test etmiştir. Yapılan pilot testlerin başarıyla sonuçlanmasından sonra, Mart 2000’de Yeni İnşaat için LEED, halka sunulmuştur. 2001 Mart ayında pilot sürümden kazanılan deneyimlerden yola çıkarak LEED 2.0’ı

yayımlanmıştır. 2002 ve 2004 yılları LEED için birçok önemli gelişmeye tanık olmuştur. USGBC, kar amacı gütmeyen, güç, personel ve kaynaklar toplayan acemi bir kuruluş iken büyümüş, gelişmiş ve 2002 yılında LEED v2.1'i piyasaya sürmüştür. 2003 Nisan ayında “*Mevcut Binalar için LEED ve Ticari İç Mekânlar için LEED*” in pilot testlerine başlamıştır. Bu dönemde yeşil yapılarda patlama görülmüş ve 2004'te LEED, 100 sertifikalı projeye önemli bir dönüm noktasına ulaşmıştır. 2009'da LEED v2009'u piyasaya sürülmüştür. Önceki sürümlere göre yapılan birçok iyileştirmenin haricinde, LEED v2009, Çevre Koruma Ajansı'nın “*Kimyasal ve Diğer Çevresel Etkilerin Azaltılması ve Değerlendirilmesi Aracı*” na göre ölçütlere dayalı kriterler için yeni kıstaslar getirilmiştir. Bu gelişme, LEED'i çok daha titiz hale getirerek hangi kredilerin önemli olduğunu göstermiş ve ilk defa, atanan kredi değerleri bilimsel bir amaca dayandırılmıştır. 2015 yılında çıkarılan artırılmış esneklik, verime dayalı akıllı şebeke yaklaşımı, malzeme, kaynak ve su tüketimine vurgu yapan, akıcı belgelerin yer aldığı, önceki sistemlere göre birçok yeni iyileştirme ile LEED v4 versiyonu yayımlanmıştır. Bu versiyon ile yeşil binalar için çita bir seviye daha yükseltilmiştir. 2016 yılında yayımlanan, LEED' in bugün kullanılmakta olan en son sürümü LEED v4'tür. LEED v4 yayımlanmasından sonra güncellenmiş, 2019 yılında LEED v4.1 sürümü oluşturulmuştur. Bu son güncelleme, binaların yaşam döngüsü süresince verimliliğini arttırarak, sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Ayrıca bu sürümün referans standartları daha kapsayıcı ve somuttur. Sertifika verme sürecine daha basit, veri odaklı yaklaşılmaktadır (19. URL, Sayın 2020). USGBC'de, 100.000'i aşan sertifikalı yapı ile LEED dünyanın en yaygın yeşil bina sistemi olmuştur (19. URL).

#### **4.1 LEED Kategorileri**

Kurulduğu zaman, yeni yapılarda yeşil bina sertifikasyonu için geliştirilen LEED, günümüzde yeşil bina ile sınırlı kalmamış, tüm işlevdeki yapılarda ve alanlarda uygulanabilecek esnek bir değerlendirme sistemi haline gelmiştir. LEED sertifikası bazı kategoriler altında toplanmış ve uygulanacak olan yapılar kendilerine uygun olan kategorilerde değerlendirilip sertifikalandırılmıştır (Çelik 2016) (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1:** Leed Yeşil Bina Sertifika Kategorileri (19. URL)

<i>Kategoriler</i>	<i>Amaçları</i>	<i>Yapı Türleri</i>
<b>LEED Yeni bina - BD+C</b>	Yeni yapılan ticari ve kurumsal yapılar için, yüksek çevresel performansla yönelik yapılar tasarlanması için bir kılavuz olmayı hedefleyen bir değerlendirme kategorisidir.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yeni bina</li><li>• Çekirdek kabuk bina</li><li>• Veri merkezleri</li><li>• Sağlık tesisleri</li><li>• Otel ve konaklama tesisleri</li><li>• Mağazalar ve şubeler</li><li>• Okul</li><li>• Depo ve dağıtım merkezleri</li></ul>
<b>LEED Mevcut binalar - O+M</b>	Mevcut yapılarda kullanıcı ve yöneticilerinin; yapının işletim ve bakım süreçlerinde en geçerli yolu kullanması ve çevrede yaratılan etkinin en düşük seviyede tutulabilmesini sağlamak amacıyla oluşturulmuştur.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tüm yapı türleri</li></ul>
<b>LEED İç mekân -ID+C</b>	Ticari yapılardaki iç tasarım kriterlerini ölçmektedir.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ticari iç mekanlar</li><li>• Mağazalar ve perakende</li><li>• Otel ve konaklama tesisleri</li></ul>
<b>LEED Konut -H</b>	Konut yapılarının yüksek performanslı olmaları için gereken kriterleri kapsamaktadır. Tüm konut çeşitlerinin değerlendirme ve sertifika aşamaları aynı şemada uygulandığı için, “Konut Büyüklüğüne Uygun Düzenleme” metoduyla yapının sistem içinde sertifikalandırma seviyesi belirlendikten sonra değerlendirme süreci başlamaktadır.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tekil konutlar</li><li>• Çok aileli 1-3 katlı konutlar</li><li>• Çok aileli üçten fazla katlı konutlar</li></ul>
<b>Kentsel dönüşüm ve gelişim alanları -ND</b>	Birden fazla yapının oluşturduğu mahalle ölçeğindeki yerleşim alanlarına yönelik kriterleri kapsamaktadır.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plan</li><li>• Tamamlanmış proje</li></ul>

## 4.2 LEED Sıfır

LEED Sıfır, yapıların çevresel etkilerinin düşürülerek net sıfır karbon, su, enerji ve atık hedefleyen sisteme denilmektedir. LEED Sıfır sertifikasını almış yapılar:

- LEED Sıfır Karbon sertifikası
- LEED Sıfır Enerji sertifikası
- LEED Sıfır Su sertifikası
- LEED Sıfır Atık sertifikalarını da almaktadırlar (ECOBUILD).

### **4.3 LEED Yeşil Şehir Sertifikası**

LEED Yeşil Şehir Sertifikası, şehirdeki insanların konfor ve yaşam kalitesini yükseltmek ve şehirlerin yeşil performans değerlerini ölçmek amacıyla küresel bir sistem olarak tasarlanmıştır. Genel olarak kentlerde ve daha küçük ölçekli mahalle ve ilçelerde çevresel, sosyal ve ekonomik bağlamda performans değerlerini saptamak ve yönetmektedir. Küresel anlamda birçok büyük şehir “İklim Değişikliğine Uyum Planı” yapmak durumundadır. Böylelikle LEED Şehir Sertifikası, iklim değişikliği planları içerisinde en kapsamlı program olarak görülmektedir (ECOBUILD). Bu sertifika programı plan ve tasarım aşamasındaki şehirler ve mevcut şehirlerde uygulanmaktadır.

### **4.4 LEED Yeniden Sertifikalandırma**

LEED Yeniden Sertifikalandırma, sürdürülebilir olan yapıları korumaya çalışırken ilerleyen teknolojiler sayesinde zamanla yapının değerini koruma ve geliştirme amacı taşıyan sertifika sistemine denilmektedir. Yapıların ilk değerlendirme sistemlerini hesaba katmaksızın tüm projelerde uygulanabilmektedir (ECOBUILD).

### **4.5 LEED Değerlendirme Kriterleri**

LEED değerlendirme sistemi, her çeşit yapının tasarım aşamasından yapı yaşam döngüsünün bitimine kadar her sürece dâhil olabilecek esnek bir sertifikalandırma sistemi olduğu için sürdürülebilirlik adına bütüncül bir yaklaşımı teşvik etmektedir. Bu süreçlerde birçok disiplini ilgilendiren konular bulunmaktadır. LEED’ e göre yapıların çevresel verimlilikleri, tercih edilen kategoriler kapsamında değerlendirilmekte ve her kriterin de belirlenmiş bir puanı bulunmaktadır (Sayın 2020). Bina Tasarımı + İnşaat: Yeni inşaat ve Büyük Yenilemeler için LEED v4.1’ de bulunan değerlendirme kategorileri Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: LEED V.4 Değerlendirme Kategorileri (19. URL)

#### 4.5.1 Bütünleşik Süreç Yönetimi

Bütünleşik süreç yönetiminde, yapının ön tasarım sürecinden başlayarak devam eden tüm tasarım aşamalarında, erken analiz yolu ile projenin verimliliği ve maliyet incelemelerinin yapılmasını sağlamak ve belirlenen hedef doğrultusunda yapının tasarımından inşaat süreci bitimine kadar disiplinler ve yeşil yapı sistemleri arasında sinerji oluşturmak amaçlanmaktadır.

#### 4.5.2 Konum ve Ulaşım

Yapıların mevcutta bulunan yerleşim alanlarına, ulaşım ağlarına ve kentsel altyapı sistemlerine yakın olarak konumlandırılmasının teşvik edildiği değerlendirme kategorisidir (Bingöl 2020). Proje arazisinin konumundan kaynaklanacak olan çevre sorunlarının ve bu alana ulaşım için salınan CO<sub>2</sub> miktarının düşürülmesi hedeflenmektedir. Konum ve ulaşım kategorisine dâhil olan kredilerin proje geliştirme sürecinin ilk evresi olan yer seçimi sürecinde dikkate alınması gerekmektedir. Konum ve ulaşım değerlendirme kategorisinin kredileri Tablo 4.2’de gösterilmiştir (Arslan 2015).

**Tablo 4.2:** LEED Konum ve Ulaşım Kategorisi Alt Başlıkları (Arslan 2015, Akca 2011)

<b>Kredi 1:</b>	<b><i>Mahalle Gelişim Yeri için LEED</i></b>
	Uygun olmayan alanlarda kentsel gelişimi engelleyerek, kişileri fiziksel aktivitelere özendiren, insan sağlığını iyileştirmeyi amaçlayan yaşanabilir mekanların gelişiminin sağlanmasıdır.
<b>Kredi 2:</b>	<b><i>Hassas Arazilerin Korunması</i></b>
	Yapının konumlandırılmasından kaynaklanan çevresel problemlerin azaltılması, çevreye duyarlı arazilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.
<b>Kredi 3:</b>	<b><i>Yüksek Öncelikli Alan Seçimi</i></b>
	Toplulukların ekonomik ve sosyal canlılığını inşa etmeyi ve mevcutta olan yapılaşmış arazilerin kullanımını teşvik etmektedir. Bu süreçte yapı kullanıcıların ve işletmelerin ihtiyaçlarını ve hedeflerini anlarken çevrenin ekolojisini, kültürünü ve toplum sağlığını korumayı amaçlamaktadır.
<b>Kredi 4:</b>	<b><i>Çevresel Yoğunluk ve Temel Servisler</i></b>
	Mevcuttaki yapılaşmış alanların ve altyapının kullanımı ile kentsel alanlarda yapılaşmanın geliştirilmesi, yeşil alanların, doğal kaynakların korunması, insanların yürümeye teşvik edilmesi, araç kullanımının azaltılması ve kentsel alanların kalitesinin artırılması hedeflenmektedir.
<b>Kredi 5:</b>	<b><i>Toplu Taşıma Erişimi</i></b>
	Toplu taşıma seçeneklerinin gelişiminin sağlanması ile motorlu araç kullanımının neden olduğu, sera gazı emisyonları, CO <sub>2</sub> salınımı, hava kirliliği, çevresel ve halk sağlığı zararlarının azaltıldığı yerlerde kalkınmayı desteklemektedir.
<b>Kredi 6:</b>	<b><i>Bisiklet İmkânları</i></b>
	Projede güvenli bisiklet yolları, depo üniteleri, uygun sayıda bisiklet park yeri ve ekipmanlarının işlenmesi, bisiklet kullanımının teşvik edilmesidir. Bu doğrultuda ulaşım verimliliği, insan sağlığı için faydalı ve eğlence amaçlı fiziksel aktivite olanağının artırılması amaçlanmaktadır.
<b>Kredi 7:</b>	<b><i>Otopark Alanların Azaltılması</i></b>
	Otopark olanakları ile ilgili çevresel problemleri, park tesisleriyle ilişkili arazi tüketimini, otomobil bağımlılığını, ısı adası etkisini ve yağmur suyunu geçirimsiz yüzeylerin azaltılması amacını taşımaktadır.
<b>Kredi 8:</b>	<b><i>Yeşil Araçlar</i></b>
	Geleneksel yakıtlı otomobillere alternatif olarak düşük salınım ve yakıt verimi sağlayan taşıtların kullanımının teşvik edilmesidir. Bu tür araçlara kolay erişim sağlanan yeterli kapasitede park alanlarının ve yakıt istasyonlarının sağlanması gerekmektedir.

### 4.5.3 Sürdürülebilir Araziler

Yapının konumlandırılacağı arazinin tercihi ve inşaat devam ederken sürdürülen arazi yönetimi, yapıların sürdürülebilir olması için önemli görülmektedir. Bu nedenle mevcutta kullanılmış arazi ve binaların tekrar kullanımını sağlamak, yapının ekosistemler ve su yolları üzerindeki etkisini azaltarak korunumunu ve yenilenmesini sağlamak, atmosfere karbon salınımının azaltılması, ışık kirliliğinin düşürülmesi, elverişli peyzaj tasarımları, yeşil alanların gözetilmesi ve artırılması, yağmur suyunun kontrolü, ısı adası etkisinin azaltılması hedeflenmektedir (Şen Çoşgun 2019). Sürdürülebilir alanlar kategorisi 1 ön şart ve temel 6 krediden oluşmaktadır (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3:** LEED Sürdürülebilir Alanlar Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015)

<b>Ön Şart 1:</b>	<b><i>İnşaat Faaliyet Kirliliklerinin Önlenmesi</i></b>
	Toprak erozyonu, toz oluşumu ve su yollarında oluşan çökelmeleri kontrol altına alarak inşaat sırasında oluşan kirliliklerin önlenmesini hedeflemektedir.
<b>Kredi 1:</b>	<b><i>Alan Değerlendirmesi</i></b>
	Bu kredi, sürdürülebilir alternatifleri değerlendirmek ve alan tasarımıyla ilgili kararları belirlemek amacıyla tasarım aşamasından önce site koşullarını, çevresel adalet endişelerini, sosyokültürel faktörleri değerlendirmek amacıyla arazi ile ilgili fizibilite çalışmalarının yapılmasını kapsamaktadır.
<b>Kredi 2:</b>	<b><i>Arazi gelişimi – Doğal Yaşam Alanı Koruması ve Düzenlenmesi</i></b>
	Var olan ekosistemin korunması ve biyoçeşitliliğin artmasını sağlamak amacıyla, mevcut doğal çevrenin korunması ve zarar gören alanların restore edilmesini amaçlamaktadır.
<b>Kredi 3:</b>	<b><i>Açık Alanlar</i></b>
	Yapının çevresi ile sosyal etkileşiminin artırılması, pasif rekreasyon alanları ve spor faaliyetlerine teşvik edilmesi için açık mekânların oluşturulmasını kapsamaktadır.
<b>Kredi 4:</b>	<b><i>Yağmur Suyu yönetimi</i></b>
	Yapı arazisinin doğal su kaynakları ve hidrolojik dengesini koruyarak, yüzey sularının azaltılması ile geri kazanımının sağlanarak hacminin azaltılması ve su içerisindeki kirlenme miktarının azaltılarak su kalitesinin iyileştirilmesi amacını taşımaktadır.
<b>Kredi 5:</b>	<b><i>Isı Adası Etkisinin Azaltılması</i></b>
	Özellikle kentsel alanlarda kullanılan yapı malzemelerinin oluşturduğu ısı adası etkisinin düşürülerek mikro iklimler, habitatlar ve çevre üzerinde oluşturulan zararın en aza indirilmesi hedeflenmektedir.
<b>Kredi 6:</b>	<b><i>Işık Kirliliğinin Azaltılması</i></b>
	Aydınlatmanın kontrol altına alınması, gündüz doğal ışık kullanımının sağlanması, gece ise gece görüşünün artırılması ve gece saatlerinde yapı içerisindeki aydınlatma miktarının azaltılarak yapı dışarısında güvenlik ve konforu sağlayacak derecede aydınlatma sağlanmasıdır. Bu sayede ışık kirliliği, gece gökyüzüne erişimin artırılması, gece görünürlüğünün iyileştirilmesi ve doğal yaşama olan zararın azaltılması hedeflenmektedir.

#### 4.5.4 Su Verimliliği

LEED Sertifikasının su verimliliği kategorisinde suyun korunmasına ve daha mantıklı kullanılmasına yönelik faaliyetler değerlendirilmektedir. Yapı içinde ve dışarısında su kullanımlarının azaltılması, alternatif, yenilikçi su teknolojilerinin kullanılması ile doğal su kaynaklarının korunması hedeflenmektedir (Bingöl 2020, Akca 2011, Arslan 2015) (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4:** LEED Su Verimliliği Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015)

<b>Ön şart 1-2-3:</b>	<b><i>Su Kullanımını Azaltmak</i></b>
	1. Dış mekân su kullanımı azaltmak. 2. İç mekân su kullanımının azaltılması. 3. Bina bazında su ölçümü.
<b>Kredi 1:</b>	<b><i>Dış Mekânda Su Kullanımının Azaltılması</i></b>
	Peyzaj sulamasında temiz su, doğal kaynak suyu veya yüzeysel akış sularının kullanılmaması ya da kullanımının sınırlandırılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda dış sulamalarda içme suyu yerine yağmur suyu, geri dönüştürülmüş atık su ve arıtma çıkış suyunun kullanımının teşvik edilmesidir.



<b>Kredi 2:</b>	<b><i>İç Mekânda Su Kullanımını Azaltmak</i></b>
	Şehir su şebekesi ve atık su altyapı sistemindeki yükü düşürmek amacıyla verimli su kullanımının teşvik edilmesidir. Bu amaçla yapı haricinde kullanılan su miktarı dışında, konfor şartlarından taviz vermeden yapı için belirlenen referans aralığından daha az miktarda su kullanımını sağlayacak otomatik batarya sensörleri ve rezervuarlar, debi sabitleyiciler, akış aeratörleri, “high efficiency” tuvalet sistemleri gibi sistemlerin kullanımının teşvik edilmesidir.
<b>Kredi 3:</b>	<b><i>Proses Suyu Kullanımını Optimize Edilmesi</i></b>
	Kondenser su sistemindeki tortu ve korozyon oluşumu kontrol edilirken, mekanik sistemlerde kullanılan içme suyu kaynaklarının korunması amaçlanmaktadır.
<b>Kredi 4:</b>	<b><i>Su ölçümü</i></b>
	Az maliyetli içme suyu kaynaklarının korunması, su yönetiminin teşvik edilmesi ve kullanılan suyun takip edilerek su tasarrufu sağlanması amaçlanmaktadır.

#### 4.5.5 Enerji ve Atmosfer

Yapılar, enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümünde yapı genelinde enerji sistemlerinin aktif kullanılması ile minimum enerji tüketiminde bulunulması, atmosfere CO<sub>2</sub> salınımının düşürülmesi, geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir enerji tüketiminin teşviki gibi standartlar ortaya konulmaktadır (Bingöl 2020). Bu kategoride 4 ön şart ve 6 tane kredi bulunmaktadır (19. URL) (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5:** LEED Enerji ve Atmosfer Kategorisi Alt Başlıkları (Arslan 2015, Akca 2011, 19. URL).

<b>Ön şart 1:</b>	<b><i>Temel Seviyede Test ve Devreye Alma ve Doğrulama</i></b>
	Projenin tasarım, inşaat ve kullanım süreçlerinde enerji ile ilgili sistemlerinin yapı sahibinin ihtiyaçlarına, tasarım kriterlerine ve teknik şartnamelere uygun olarak kurgulanıp uygulanması ve bu sistemlerin test edilmesi, işletilmesi ve bakımının yapılmasıdır.
<b>Kredi 1:</b>	<b><i>İleri Test ve Devreye Alma</i></b>
	Enerji ve su tasarrufu, iç mekan ortam kalitesi ve dayanıklılık için projenin ihtiyaçlarını karşılamayı projenin tasarımını, inşasını ve yönetimini bir üst seviyede desteklemeyi amaçlamaktadır.
<b>Ön şart 2:</b>	<b><i>Minimum Enerji Performansı</i></b>
	Yapının, aşırı enerji tüketiminden doğan çevresel ve ekonomik etkilerin saptanması ile bu etkilerin azaltılması ve minimum seviyede enerji verimliliğine sahip olmasını amaçlamaktadır.
<b>Kredi 2:</b>	<b><i>Enerji Performansının Optimize Edilmesi</i></b>
	Aşırı enerji tüketimi sonucu oluşan çevresel ve ekonomik problemleri azaltmak amacıyla ön koşul seviyesinin üstünde enerji performansı seviyesini sağlamayı hedeflemektedir.
<b>Ön şart 3:</b>	<b><i>Yapı Seviyesinde Enerji Ölçümü</i></b>
	Yapıdaki enerji tüketiminin izlenmesi ile enerji yönetimini ve enerji tasarrufundaki elverişli alternatif durumların belirlenmesini amaçlamaktadır.
<b>Kredi 3:</b>	<b><i>İleri Enerji Ölçümü</i></b>
	Enerji yönetimine destek olmak ve bina-sistem bağlamında enerji tüketiminin izlenerek ek enerji tasarrufu için alternatifleri tayin etmek amacıyla uygulanmaktadır.

<b>Ön şart 4:</b>	<b>Temel Seviyede Soğutucu Akışkan Yönetimi</b>
	Strosferik ozon tabakasının; soğutucu akışkanlardan dolayı incelmesi, küresel ısınma potansiyelini arttırması ve iklim değişikliğine olan katkısının önüne geçmek amacıyla uygulanmaktadır.
<b>Kredi 4:</b>	<b>Geliştirilmiş Soğutucu Akışkan Yönetimi</b>
	Ozon tabakasının incelmesi ve küresel ısınmanın önlenmeye çalışılması ile ilgili Kigali Değişikliği de dahil olmak üzere Montreal Protokolüne uyum sağlayabilmek amacıyla uygulanmaktadır.
<b>Kredi 5:</b>	<b>Yenilenebilir Enerji Üretimi</b>
	Fosil yakıtların çevrede yarattığı problemleri en düşük seviyeye indirebilmek amacıyla öz kaynakların arttırılması ve bununla birlikte fotovoltaik sistemler, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal ısıtma-elektrik, hidroelektrik, dalga gelgit enerjisi ve bio-yakıt sistemleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının desteklenmesidir.
<b>Kredi 6:</b>	<b>Yeşil Güç ve Karbon Dengelenmesi (Şebeke Uyumlaştırma)</b>
	Yenilenebilir enerji sistemleri, akıllı şebeke ve karbon azaltma gibi talep yanıt teknolojilerine ve sistemlerine katılım ile enerji üretiminde sıfır karbon salınımını sağlamak amacıyla uygulanmaktadır.

#### 4.5.6 Malzemeler ve Kaynaklar

Yapılar, inşaat ve işletim aşamalarında çok fazla kaynak ve atık tüketimine neden olabilmektedir. Bu nedenle malzeme ve kaynaklar kategorisi, yapılarda sürdürülebilir ürün ve malzemelerin tercih edilmesini teşvik etmekte ve yapılarda yaşam döngüsü analizi yöntemine dayanarak gömülü enerjisinin en aza indirgenmesi; yapıların yapım ve kullanımında atıkların azaltılması ve geri dönüştürülebilir malzemelerin dönüştürülüp tekrar kullanılabilmesi hedeflenmektedir (Bingöl 2020) (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6:** LEED Malzeme ve Kaynaklar Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015)

<b>Ön şart 1:</b>	<b>Geri Dönüştürülebilir Atıkların Toplanması</b>
	Yapıda üretilen ve çöp toplama alanlarına gönderilen atık miktarlarının yapı kullanıcıları tarafından azaltılması, oluşan atıkların düzenli ve periyodik şekilde berterafının gerçekleştirilmesidir.
<b>Ön şart 2:</b>	<b>İnşaat ve Yıkım-Atık Yönetim Planı</b>
	Yapım süresince inşaat sahasında atık yönetim planının hazırlanması ile çevrede oluşan inşaat atıklarının azaltılması, tekrardan kullanılması veya geri dönüşümünün sağlanması amacıyla uygulanmaktadır.
<b>Kredi 1:</b>	<b>Bina Yaşam Döngüsü Analizi</b>
	Yapısal eleman olan duvar, döşeme, çatı elemanları ile yapısal olmayan iç mekân elemanlarının geri dönüşümünü ve bu malzemelerin çevresel performanslarının değerlendirilerek tekrardan kullanılmasını teşvik etmektedir. Ürün ve malzemelerin çevresel koşullarının optimize edilmesi sayesinde kaynakların tekrardan kullanılması ile çevresel problemleri ve hammadde tüketimini en aza indirmek hedeflenmiştir.
<b>Kredi 2:</b>	<b>Çevresel Ürün Beyanları</b>
	Ulaşımdan kaynaklı çevreye olumsuz etkilerin azaltılması için kolay erişilebilir, yerel ve doğal kaynakların korunması için hızla yenilenebilir çevre dostu, düşük maliyetli ve sosyal olarak tercih edilen malzeme ve ürün kullanımının teşvik edilmesi amacıyla uygulanmaktadır.

<b>Kredi 3:</b>	<b>Malzeme İçeriği</b>
	Yapıda, kimyasal içerikleri kabul edilmiş metotlar kullanarak envanteri çıkarılan malzemelerin tercih edilmesi ve bu doğrultuda zararlı kimyasalların kullanım ve oluşumunu en aza indirgeyerek yapı yaşam döngüsü etkilerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Bunlarla birlikte iyileştirilmiş yapı yaşam döngüsü özelliği kanıtlanmış malzemeler üreten üreticiler de ödüllendirilmektedir.
<b>Kredi 4:</b>	<b>Kaynak Kullanımı</b>
	Yapıda aydınlatma, iklimlendirme vb. sistemlerde yenilenebilir doğal kaynakların aktif ve pasif yöntemler tercih edilerek kullanımının teşvik edilmesi ve bu ürünleri tercih eden proje ekibinin ödüllendirilmesini kapsamaktadır.
<b>Kredi 5:</b>	<b>İnşaat Yıkım ve Atık Yönetimi</b>
	Tehlikeli madde içermeyen atıkların, geri dönüştürülmesi ve tekrardan kullanımı sayesinde oluşan düzenli depolama ve yakma tesislerinde imha edilen yapım ve yıkım atıklarının miktarının azaltılmasının hedeflenmesidir.

#### 4.5.7 İç Mekân Hava Kalitesi

İnsanlar zamanlarının büyük bir çoğunluğunu kapalı mekânlarda geçirmektedir. Bu nedenle yapıların iç mekân hava kalitesinin ısı, görsel, akustik konfor ve sağlık koşullarının sağlanarak tasarlanması amaçlanmaktadır (Sırkıntı 2012). İç mekânlarda bulunan kanserojen miktarının azaltılması, yapı kullanıcılarına doğal ışık ve manzaraya yönelim sağlanarak sağlık ve konfor düzeylerinin artırılması, güneş ve doğal ışıklara yönelim ile iklimlendirme ve aydınlatma stratejilerinin verimliliği konularını içermektedir. Bu kategoride ASHRAE standartları uygulanmaktadır (Şen Coşgun 2019) (Tablo 4.7).

**Tablo 4.7:** LEED İç Mekân Hava Kalitesi Değerlendirme Kategorisi ve Alt Başlıkları (Arslan 2015)

<b>Ön şart 1:</b>	<b>Minimum İç Hava Kalitesi Performansı</b>
	Sağlıklı ve konforlu iç mekân hava kalitesini sağlamak amacıyla asgari ölçüde iç ortam hava kalitesi standartlarını belirlemek ve uygulamaya koymaktır.
<b>Ön şart 2:</b>	<b>Çevresel Tütün Dumanı Kontrolü</b>
	Yapı kullanıcılarını ve havalandırma sistemlerini tütün ve dumanının oluşturduğu etkilerden korumak ve bu etkileri en aza indirmek amacıyla uygulanmaktadır.
<b>Kredi 1:</b>	<b>Gelişmiş İç Ortam Hava Kalitesi</b>
	Yapı kullanıcılarının konforu, sağlığı ve çalışma verimliliklerini arttırmak amacıyla uygulanır.
<b>Kredi 2:</b>	<b>Düşük Salınlı İç Mekân Hava Kalitesi</b>
	İç mekânda kullanılan malzemelerin oluşturduğu kimyasalların kirletici konsantrasyonlarının çevrede meydana getirdiği zararı en aza indirmek ve yapının inşaat sürecinde çalışanların ve kullanım evresinde yapı sakinlerinin sağlığını arttırmak amaçlanmaktadır.
<b>Kredi 3:</b>	<b>İnşaat İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı</b>
	İnşaat sırasında ortaya çıkan kimyasal gazlar, toz, nem gibi kirleticilerin inşaat çalışanlarına ve yapı kullanıcılarına zarar vermemesi ve refahları için oluşturulan planlamalardır.
<b>Kredi 4:</b>	<b>İç Ortam Hava Kalitesi Değerlendirme</b>
	İnşaat sonrasında kullanım öncesindeki evrede ve kullanım sürecinde yapı içerisinde daha kaliteli iç hava ortamı sağlamak için uygulanmaktadır.

<b>Kredi 5:</b>	<b>Termal (Isıl) Konfor</b>
	Yapı içerisinde nitelikli ısı konforu sağlayarak yapı kullanıcılarının konforunu memnuniyetinin artırılması amacıyla uygulanmaktadır.
<b>Kredi 6:</b>	<b>İç Mekân Aydınlatması</b>
	Yapı içerisinde yüksek kalitede aydınlatma ortamı sağlanarak kullanıcıların konforunu, çalışma verimliliğini ve refahını sağlamak hedeflenmektedir.
<b>Kredi 7:</b>	<b>Gün Işığı</b>
	Yapı içerisine gün ışığının daha fazla girmesini sağlayarak aydınlatma amacıyla tüketilen elektrik enerjisinden tasarruf edilmesi ve kullanıcıları açık alanlara ulaştırarak gün ışığından yararlanmasını, sağlık, konfor ve memnuniyetlerinin artırılması amaçlanmaktadır.
<b>Kredi 8:</b>	<b>Nitelikli Manzara</b>
	Kullanıcıların dış ortam ile ilişki ve görüş imkânlarının artırılmasını ve manzaradan faydalanmasını sağlayarak memnuniyetlerinin artırılmasını hedeflemektedir.
<b>Kredi 9</b>	<b>Akustik Performans</b>
	Verimli akustik tasarımlar ile kullanıcıların sağlığını, konfor koşullarını ve çalışma verimliliklerini iyileştirmek için uygulanmaktadır.

#### 4.5.8 İnovasyon (Tasarımda Yenilikçilik)

İnovasyon, yapı tasarımında yenilikçi teknolojileri ve stratejileri kapsayan kategoridir. Projeye temel puanların haricinde ek puanlar da kazandırma imkânı tanımaktadır. Bu kategoride önemli görülen farklı bir nokta da tasarım ve uygulama kadrosunda LEED sorumlusu bir profesyonelin çalışmasıdır (Odaman Kaya 2012) (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8:** LEED İnovasyon Değerlendirme kategorisi ve alt Başlıkları (19. URL)

<b>Kredi 1:</b>	Tasarımda yenilikçilik
<b>Kredi 2:</b>	Yetkili LEED personeli

#### 4.5.9 Bölgesel Öncelik

Bu kategoride “bölgesel öncelik” adı altında tek bir kredi bulunmaktadır. Coğrafi konum bağlamında çevresel, sosyal eşitlik, özel ve kamu sağlığı önceliklerine karşılık gelen kredilerin yerine getirilmesinin teşvik edilmesi amacıyla uygulanmaktadır (Bingöl 2020). USGBC farklı bölgeler için yerelde önemli görülen çevresel problemleri tespit ederek, bu bölgelerin problemlerine çözüm sunan altı LEED kredisi seçmektedir. Belirlenen bu önceliklerin gereksinimlerini karşılayan projeler ek bir kredi daha kazanmaktadır. (Arslan 2015).

#### 4.6 LEED Sertifikalandırma Aşamaları

LEED sertifikasyon değerlendirme süreci, ilk olarak proje grubunun belirlediği hedefler dâhilinde projenin USGBC'ye kayıt olması ile başlamaktadır. Sisteme kayıt yaptırabilmek için projenin minimum program gerekliliklerinin sağlanması gerekmektedir. Minimum program gereklilikleri; sertifikalandırılacak yapının hareket etmemesi, kabul edilebilir proje sınırına sahip olması ve o sınırı aşmaması, proje ölçü gerekliliklerine uygun olmasıdır. Bahsedilen ölçü gereklilikleri ticari iç mekân projeleri için minimum 22 m<sup>2</sup>, diğer tüm LEED projeleri için minimum 93 m<sup>2</sup> brüt alanın sağlanması gerekmektedir (19. URL). Kayıt aşamasında projeye ait bütün inşaat kayıtları, mühendislik hesaplamaları, yapının enerji modelleme simülasyon raporu, proje çizimleri, yazılı açıklamaları içeren dosya gerekmektedir (Odaman Kaya 2012). LEED sertifikasına kayıta öncelikle LEED ön koşullarına olan uyumun kontrol edilmesi gerekmektedir. Çünkü ön koşullardan yalnızca birinin bile sağlanamaması durumunda sertifika verilmemektedir. Gereken belgeler sisteme yüklendikten sonra projenin işlevine uygun olan LEED şeması seçilerek kayıt işlemi gerçekleştirilmektedir. Tasarım ve yapım olarak iki kısımdan oluşan sertifikalandırma süreci, gerekli olan belgelerin internet üzerinden USGBC'nin sistemine yüklenmesiyle devam etmektedir. Tasarım ve inşaat süreçleri kendi içerisinde değerlendirme kategorilerine göre ayrılmaktadır. Konum, saha, ulaşım gibi kategoriler tasarım kriterlerinde; hafriyat, malzeme seçimi gibi kategoriler de inşaat kriterleri arasında yer almaktadır (19. URL). LEED yeşil bina sertifikası, proje alanının belirlenmesinden inşaatın sonlandırılmasına kadarki bütün süreçleri kapsamaktadır. Yeni binalar için LEED sertifikasyon süreci Tablo 4.9'daki gibi ilerlemektedir.

**Tablo 4.9:** LEED Sertifikasyon Süreci (19. URL).

1.	Projenin minimum program gerekliliklerine uygunluğunun incelenmesi.
2.	Projenin LEED yeşil bina sertifikasının ön koşullarına uygunluğunun değerlendirilmesi.
3.	LEED kaydının yapılması.
4.	Proje tasarımlarının LEED değerlendirme kategorilerine uygun olarak yapılması.
5.	Ürün, malzeme tercihlerinin LEED kriterlerine uygun olması.
6.	Tasarım sürecinin değerlendirilmesi.
7.	İnşaat sürecinin LEED kriterlerine uygun olarak tamamlanması.
8.	İnşaat sürecindeki çalışmaların değerlendirilmesi.
9.	Toplanan puanların belirlediği seviyede LEED sertifikasının alınması.

Önkoşulları sağlayan ve değerlendirmeye uygun görülen projelere ait bilgiler altı LEED kriteri üzerinden değerlendirilerek sisteme girilmektedir. USGBC

tarafından incelenen dokümanlarda hatalı veya yetersiz kısımlar için ek ya da düzeltme talepleri istenebilir. İstenilen bu dökümanların 15 iş günü içerisinde sisteme yüklenmesi gerekmektedir (Odaman Kaya 2012, Ürük ve Külünkoğlu İslamoğlu 2019). Tüm LEED sürümlerinde ortak olan 6 performans kriterinin değerlendirme aşaması içerisindeki puanların ağırlıkları birbirinden farklıdır. Bu nedenle her projeye ait değerlendirme puanları da özelleşmektedir. Kazanılan puanlar, belirlenen puan aralıklarına göre derecelendirilerek projenin sertifika sınıfı belirlenmektedir. Altın, Platin, Gümüş ve Leed Sertifikası şeklinde 4 farklı sertifika sınıfına sahiptir. (Odaman Kaya 2012, Ürük ve Külünkoğlu İslamoğlu 2019) (Tablo 4.10).

**Tablo 4.10:** LEED Sertifika Sınıfları ve Puan Aralıkları (Ürük ve Külünkoğlu İslamoğlu 2019).

<i>Sertifika Sınıfı</i>	<i>Puan Aralığı</i>
<i>Sertifikalı</i>	%40-49
<i>Gümüş</i>	%50-59
<i>Altın</i>	%60-79
<i>Platin</i>	%80-110

## 5. ENERJİ ETKİN YAPI TASARIMINDA KRİTERLER

Enerji, insanoğlunun yaşamının her anını sağlıklı, güvenli ve konforlu bir biçimde sürdürmesi amacıyla gereksinim duyduğu temel ihtiyaçlardan biridir. Günümüz konjonktüründe sanayileşme, nüfus artışı, teknolojik gelişme, enerjiye olan ihtiyacı daha da arttırmaktadır. Üretim sektöründe temel girdi konumunda bulunan enerji, toplumların kaliteli yaşam ve refah seviyesinin arttırılması amacıyla önemli bir ölçüt olarak görülmektedir. Enerji, yaşamın sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımakta olup sanayi, konut, ulaştırma ve inşaat gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Yapı sektöründe enerjiye, yapıların inşasında gerekli olan malzeme ve ürünlerin şantiye sahasına taşınması da dâhil olmak üzere yapının; yapım, kullanım, işletim, yıkım ve atık yönetim süreçlerinde ihtiyaç duyulmaktadır.

Günümüzde ekolojik ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından yapıların kullanımı sırasında tüketilen enerji miktarının azaltılması gerekmektedir. Yüksek enerji verimliliğine sahip yapılar, sadece kullanıcıların gereksinimlerini karşılamakla kalmayarak yapıların çevrede oluşturduğu olumsuz etkileri de en aza indirmektedir. Yapılarda enerji verimliliği ve sürdürülebilir yapı tasarımı birbiri ile yakından ilişkili kavramlar olduğu için ülkemizdeki yapı stoğunun gelecekteki gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde genel olarak enerji kavramından ve enerji türlerinden bahsedilerek yapılarda enerjinin ne amaçla ve nasıl kullanıldığı irdelenecek, yapılarda enerji kullanımını düşürmek amacıyla uygulanacak sistem, tasarım kriterleri, değerlendirme ve sertifika sisteminde enerji atmosfer başlığı hakkında bilgi verilecektir.

### 5.1 Enerji ve Türleri

Enerji kavramı, fizik biliminin yapı taşı olarak kabul edilmektedir. Enerji TDK' ya göre; *Maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke olarak tanımlanmaktadır* (20. URL). Enerji direkt olarak ölçülememektedir. Fiziksel olarak bir sistemin pozisyonunu değiştirmek amacıyla yapılması gereken iş ile hesaplanarak değeri belirlenmektedir. Enerji birimi uluslararası birimler sisteminde "Joule (J)" dür.

Öztürk enerjii, fiziksel bir düzeneğin ne kadar iş ya da ısı geçişi yapabileceğini saptayan bir durum fonksiyonu ve iş yapma kabiliyeti olarak tanımlamıştır (Öztürk 2008).

Enerjinin korunumu (termodinamiğin ilk yasası) yasasına göre, kapalı bir düzeneğin enerjisi her zaman sabittir. Var olan enerji yok edilemeyeceği gibi, yoktan da var edilememektedir. Fakat farklı bir enerji modeline dönüşebilmektedir. Bir işi yapabilmek için belirli miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Masada duran bir nesnenin, gerilmekte olan bir yayın, hareket halindeki arabanın, barajda bulunan suyun bir enerjisi bulunmaktadır. Kinetik, mekanik, ısı, kimyasal ve nükleer enerji olmak üzere birbirinden farklı enerji türleri bulunmaktadır (Öztürk 2008).

Faydalı iş oluşturan hareket enerjisine mekanik enerji denilmektedir. Kinetik ve potansiyel olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Potansiyel enerji, nesnelere konum veya durumlarından dolayı diğer nesnelere bağlı olan depolanmış enerjiye denilmektedir. Potansiyel enerjinin esneklik ve yükseklik olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır. Kinetik enerji ise nesnelere hareketlerinden dolayı meydana gelen enerjiye denilmektedir (Öztürk 2008).

Isı enerji çeşididir. Maddede bulunan atom ve moleküller toplamının kinetik enerjisi olarak ifade edilmektedir. Isı enerjisi sistemler ve çevreleri arasında sıcaklık değişiminden kaynaklanan enerji geçişi olarak da tanımlanmaktadır. Bu enerji katı, sıvı, gaz moleküllerinin yakılması ile oluşmaktadır (Öztürk 2008).

Kimyasal enerji ise atomları birbirine bağlayan kimyasal bağlar tarafından oluşturulan ve depolanan enerji türüne denilmektedir. Kimyasal enerji; ısı, ışık ve mekanik enerjiye dönüşebilir. Örneğin günlük hayatta sıkça kullanılan piller kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektedir (Öztürk 2008).

Nükleer enerji atom çekirdeklerinin tutarsızlığından dolayı oluşan atom çekirdeklerinin depoladığı enerjiye denilmektedir. Bu enerji ağır atomların (uranyum, plütonyum vb.) ayrışması, hafif çekirdeklerin (hidrojen, helyum vb.) birleşmesi sonucunda açığa çıkmaktadır. Nükleer enerji barındıran nesnelere elektromanyetik ışık ve dalga yaydıkları için yayılım enerjisi olarak da adlandırılmaktadır. Günümüzde çoğu ülke bu enerji türünü elektrik üretmek amacıyla kullanmaktadır (Öztürk 2008, Kıyılmaz 2019).



## 5.2 Enerji Kaynakları

İş yapabilme yeteneği olan enerji, farklı kaynaklar sayesinde üretilmektedir. Enerji kaynakları genel anlamda dönüştürülmelerine ve kullanımlarına göre kategorize edilmektedir. Enerji kaynakları kullanımlarına göre; yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji kaynakları; dönüştürülmelerine göre; birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Koç ve Kaya 2015).

Enerjinin herhangi bir müdahale, değişim veya dönüşüm geçirmemiş ilk haline birincil (primer) enerji denilmektedir. Birincil enerji kaynakları, kömür, doğal gaz, petrol, nükleer, dalga-gelgit, hidrolik, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjileri bu grupta yer almaktadır. Birincil enerjinin dönüştürülmesi ile elde edilen enerji türüne de ikincil (sekonder) enerji adı verilmektedir. Benzin, LPG, elektrik, mazot, motorin, ikincil kömür, petrokok, kok kömürü, hava gazı bu tür enerji kaynaklarına örnek oluşturmaktadır (Koç ve Kaya 2015).

Enerji kaynaklarının bir diğer sınıflandırma şekli bu kaynakların yenilenebilirlik ya da yenilenemezlik özelliklerine göre belirlenen sınıflandırmalardır. Bu sınıflandırmada yenilenebilir enerji kaynakları; doğal değişim ve dönüşüm aşamalarında değişmeden kalabilen, kullanılmasına karşın azalmayan ve tükenmeyen kaynaklara; yenilenemez enerji kaynakları ise kullanıldığı an kendini yenileyemeyen ve tekrar kullanım olasılığı olmayarak gelecekte tükeneceği öngörülen kaynaklara denilmektedir (Koç ve Kaya 2015). Bu kaynaklar yeryüzeyinin altında kalan canlı organizmalar ve bitkilerin oksijensiz, bataklık ortamında milyonlarca yıl birikip beklemesi sonucu oluşan tabakların dönüşümü ile oluşan yakıtlara denilmektedir. Fosil enerji kaynakları günümüzde sanayi alanında yaygın şekilde kullanılmaktadır (Kıyılmaz 2019). Güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, dalga gelgit, biyokütle ve hidrojen yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek teşkil etmektedir. Yenilenemez enerji kaynaklarının ise fosil ve çekirdek kaynaklı olmak üzere iki ana başlığı bulunmaktadır. Fosil kaynaklar petrol, kömür ve doğal gaz; çekirdek kaynaklı yenilenemez enerji kaynaklarında ise toryum ve uranyum bulunmaktadır (Koç ve Kaya 2015).

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal süreçler ile oluştuğu için özel üretime veya ithal etmeye gereksinim duyulmamaktadır. Bu enerji kaynaklarının ekosisteme

verilen zararın önlenmesi ve karbon salınımının düşürülmesi konularında potansiyeli olduğu için yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar giderek artmaktadır.

### **5.3 Sürdürülebilirlik Bağlamında Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Fosil yakıtların gün geçtikçe tükeniyor olması ve çevrede oluşturduğu zararlı etkileri sebebiyle sürdürülebilir enerji kavramı gündeme gelmektedir. Sürdürülebilir enerji kavramı; birincil enerji kaynaklarının oluşturduğu enerjiyi yüksek verim ve temiz teknolojik sistemlerle gerçekleştirilmesini, fosil yakıtların çevreyle dost sistemlerle değiştirilmesini, yenilenemez fosil enerji kaynaklarının yerini yenilenebilir enerji kaynaklarıyla doldurulmasını ve son olarak bir döngüde atık olan enerji kaynağının diğer döngüde girdi olmasını öngörmektedir (Selici ve diğ. 2005).

Yenilenebilir enerji kaynakları çok eski tarihlerden beri suyun ısıtılması ve pompalanması, tahılların öğütülmesi, ürünlerin kurutulması gibi birçok alanda kullanılmıştır. Sanayi devrimi ile buharlı makinelerin kullanılmaya başlanması önce Avrupa'da daha sonra Amerika'da yenilenebilir enerjileri kaynaklarının kullanımının azalmasına neden olmuştur. 1973-78 senelerinde meydana gelen petrol krizi ile petrol fiyatlarındaki yüksek artışlar nedeniyle ucuz enerji kaynağı olma niteliğini kaybetmiştir. Bu yıllarda fosil kaynak kullanımı konusunda güvensizlik ortamı oluşmuş ve bu ortam insanlığı yeniden yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 2009, Öztürk 2008).

#### **5.3.1 Güneş Enerjisi**

Dünya, güneş ve etrafındaki gezegenlerden oluşan güneş sistemi içerisinde yer almaktadır. Güneş enerjisi, yeryüzünde biyolojik ve fiziksel tüm gereksinimlerin sağlanması ve yaşam döngüsünün devam etmesi amacıyla gerekli olan en temel enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan füzyon süreci ile meydana gelen ışınlamaya denilmektedir. Bu enerji termonükleer tepkimeler neticesinde hidrojen atomunun 3 atom ağırlığındaki helyum izotopları ile 4 atom ağırlığındaki helyum molekülüne dönüşmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Güneşte her bir saniyede

oluşan 564 milyon ton H, 560 milyon ton He'yi oluşturmaktadır. Bu oluşum sonucu kaybolan 4 milyon ton ağırlıktan ise  $38 \cdot 10^{22}$  kJ enerji ortaya çıkmaktadır.

Güneşten dünyaya ulaşan enerjinin yaklaşık %20' si soğurulmakta, %30'u yansıma ve dağılmalarla geri dönmektedir. Kalan %50' lik kısmı ise yeryüzüne ulaşarak doğal ve yapay dönüşümler ile kullanılmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)'na göre, güneşten dünyaya ulaşan bir günlük enerji, dünyada bir yıl boyunca kullanılan enerjinin 20 bin katına eşdeğerdir. 20 milyon km<sup>2</sup> alana sahip çöllerde, ulaşan toplam yıllık güneş radyasyonunun, tüketilen her çeşit enerjinin dört yüz katı olduğu öne sürülmektedir (Oral 2020).

Güneş enerjisinden yararlanılmasının sebebi ısı ve enerji üretebilmektir. Güneş enerjisi kullanımları sıcaklık derecelerine göre üç başlıkta incelenmektedir ve bu sıcaklık derecelerine göre güneş enerjisinden yararlanma alanları Tablo 5.1' de gösterilmiştir (21. URL).

**Tablo 5.1:** Güneş enerjisi uygulama alanları (21. URL)

<b><i>Düşük Sıcaklık Uygulamaları (20-100°C)</i></b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kullanım sıcak suyu eldesi</li><li>• Konut ısıtılması-soğutulması</li><li>• Sera ısıtılması</li><li>• Tarım ürünlerinin kurutulması</li><li>• Yüzme havuzu ısıtılması</li><li>• Güneş ocakları ve fırınları</li><li>• Deniz suyundan tatlı su eldesi</li><li>• Tuz üretimi</li><li>• Sulama</li><li>• Toprak solarizasyonu</li><li>• PV sistemler</li></ul>
<b><i>Orta Sıcaklık Uygulamaları (100-300°C)</i></b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Endüstriyel kullanım için buhar üretimi</li><li>• Büyük ısıtma-soğutma sistemleri</li></ul>
<b><i>Yüksek Sıcaklık Uygulamaları (&gt;300°C)</i></b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Güneş fırınları</li></ul>

### 5.3.2 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi tarihin en eski zamanlarından beri itici bir güç olarak kullanılmıştır. Bu enerjiyi tarihte ilk Çin ve Mısır uygarlıkları kullanmıştır (Çukurçayır ve Sağır 2008). Rüzgâr, atmosfer içerisinde olan dünya yüzeyine yakın havanın, mevcut atmosfer basıncının değiştiği bölgeler arasında olan doğal hareketine denilmektedir. Rüzgâr, devamlı olarak yüksek basınç alanlarından alçak basınç

merkezlerine doğru esmekte ve bu bölgeler arası basınç farkı ne kadar fazla ise rüzgârın şiddeti de o kadar fazla olmaktadır. Fosil kaynaklar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının temeli güneş enerjisine dayanmaktadır. Güneşin dünyaya ulaştırdığı enerjinin %2'lik oranı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Kara, deniz ve havanın farklı özgül ısıda olmasından kaynaklı oluşan sıcaklıklar ve bunlara bağlı basınç farklılıkları rüzgârın oluşmasına neden olmaktadır. Yeryüzünde ısınan havanın yükselmesi ve dünyanın dönüş gücünden dolayı savrulması sonucunda rüzgârlar oluşmaktadır (Öztürk 2008). Yeryüzündeki bu sıcaklık ve basınç farklılıkları rüzgâr enerjisi üretim potansiyelinin ülkeden ülkeye değişmesine neden olmaktadır.

### **5.3.3 Hidrolik Enerji**

Hidrolik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşümü neticesinde meydana gelen enerjiye denilmektedir. Doğal kuvvetler suda düzensiz ama devamlı bir döngü yaptırmaktadır. Bu sayede akış olayının sürekliliği sağlanmaktadır. Bu bağlamda da hidrolik kaynak, insanlık için belirli bir süreliğine sabit ama sınırlı bir enerji kaynağı durumundadır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisi yeryüzünde bulunan su kaynaklarından çok miktarda su buharlaştırmaktadır. Buharlaşan bu sular geri yeryüzüne yağmur, kar, dolu ve çığ şeklinde inmektedir. Hidrolik enerji, akarsuların üzerine barajlar inşa edilerek suyun potansiyel enerjisini elektrik enerjisine dönüştürülmesi şeklinde oluşmaktadır. Bu enerji yeniden kazanılabilir, temiz, verimli, atık bırakmayan ve suyun kalitesinde değişiklik yaratmayan bir enerji türüdür (Öztürk 2008, Çukurçayır ve Sağır 2008).

### **5.3.4 Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerinde oluşan ısının yer altı sularının sıcaklığını yükseltmesi ile ısınan suyun yeryüzüne çıkması sonucu oluşan enerjiye denilmektedir. Kısacası bu enerji yer ısısı olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji türünün kullanımı oldukça eski zamanlara dayanmaktadır. M. Ö. 10000'li yıllarda jeotermal akışkanından Akdeniz bölgesinde çanak çömlek, cam, tekstil ve krem üretiminde faydalanılmıştır, M. Ö. 1500'lü yıllarda ise Romalılar hamamlarında banyo, ısınma ve

sağlık amacıyla kullanmışlardır. Bu enerji konutları ısıtmak amacıyla ilk kez ABD’de 1891’de kullanılmıştır. 1904’te İtalya’da jeotermal kuru buhardan ilk kez elektrik üretilmiştir. 1969’da Fransa’da büyük şehirler jeotermal enerji ile ısınmaya başlamıştır. Türkiye’de ise ilk uygulama ısınma amacıyla ilk olarak 1964’ te Balıkesir Gönen’de otel binasında kullanılmıştır. Jeotermal enerjiden konut ve işyerlerinde, endüstriyel kullanımlarda ve tarımla ilgili alanlarda enerji ham maddesi, ısıtma, sağlık ve turizm amacıyla yararlanılmaktadır (Öztürk 2008, Çukurçayır ve Sağır 2008).

### **5.3.5 Biyokütle Enerjisi**

Bitki ve organizma kökenli fosil olmayan organik madde kütesine biyokütle denilmektedir. Biyokütle terimi genel olarak canlı organizmalardan üretilen madde olarak tanımlanmaktadır. Ana ögesi karbonhidrat bileşikleri olan hayvansal ve bitkisel kaynaklı tüm doğal maddeler biyokütlenin enerji kaynağını oluşturmakta, bu kaynaklardan meydana gelen enerjiye de biyokütle enerjisi denilmektedir (Yılmaz 2012). Ormancılık, tarımsal, kentsel ve endüstriyel atıklar bu enerjinin kaynağını oluşturmaktadır.

Biyokütle enerjisi üretip geliştirmeye bağlı olduğu içi yenilenebilir, doğa dostu bir enerjidir. Yerel kaynakların kullanılmasından dolayı da önem kazanmaktadır. Bu enerjinin uygulanması klasik ve modern yöntem olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir. Klasik yöntem, geleneksel ormanlardan temin edilen yakacak olarak kullanılan odun ve hayvansal atıklardır. Bu yöntem direkt yakma tekniği ile elde edilmektedir. Ateşin bulunuşundan günümüze kadar gelen süreçte gelişmemiş kırsal bölgelerde bilinen ve uygulanan bir tekniktir. Modern biyokütle tanımı ise 21. yy. da yapılmıştır. Orman, ağaç endüstrisi atıkları, tarımsal endüstri atıkları, hayvansal atıklar ve kentsel atıklar bu yöntemin enerji kaynağını oluşturmaktadır. Bu maddeler alçak ve yüksek biyokütle yakıt işlemleriyle işlenerek katı, sıvı gaz formlarında olan biyoyağ biyoetanol, biyodimetiler, biyodizel, biyogaz, biyomentanol gibi enerji kaynaklarına dönüşmektedir. Bileşiminde kanserojen madde ve kükürt barındırmadığı için ekosisteme zarar vermeyen, çevreyi kirletmeyen, sürdürülebilir kaynakların en önemlilerinden birisi biyokütle enerjisidir. Ayrıca biyokütle enerjisi kullanımı ile toprak ve su kirliliğinin azalması, erozyon, orman yangınlarının ve mikroiklimlerin kontrolü sağlanmaktadır (Öztürk 2008, Yılmaz 2012).

### 5.3.6 Deniz Kökenli Enerjiler

Deniz kökenli enerji kaynakları; deniz akıntıları, dalga, gel-git ve deniz sıcaklık enerjisidir. Okyanus ve denizlerde atmosfer olayları sonucunda oluşan rüzgâr hareketleriyle dalgalar meydana gelmektedir. Dalga enerjisini, su yüzeyinde meydana gelen bu gelişigüzel yükselen ve alçalan dalga hareketleri oluşturmaktadır. Bu enerji kaynağı 90'lı yıllarda önem kazanmıştır. Ancak bu türden elektrik üretimiyle ilgili faaliyetler sürdürülse de ilk aşamada ekonomik açıdan başarısızlık ile sonuçlanmıştır. Bu da dalga enerjisine olan ilginin azalmasına neden olmuştur. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte dalga enerjisi ile ilgili çalışmalar tekrar hız kazanmıştır. Bu alanda büyük enerji üretimleri hedeflenmiş, özellikle teknik alandaki gelişmeler sonucunda maliyetlerin düşmesi sebebiyle okyanusa kıyısı bulunan ülkelerde önemli bir enerji üretim metodu haline gelmiştir. Dalga enerjisi sistemleri esas olarak suyun kaldırma kuvveti ile yer çekimi prensibinden yararlanmak amacıyla tasarlanmaktadır. Her dalga boyu ve büyüklüğünden yararlanabilecek tek bir santral tasarımı olmadığı için farklı konum ve farklı metodlarla çalışan santraller bulunmaktadır. Okyanus veya deniz kesimindeki dalga enerji santralleri buldukları konuma göre; kıyı şeridi (Shorline), kıyıya yakın (Near Shore) ve açık deniz (Offshore) olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır (Çukurçayır ve Sağır 2008, 22. URL).

Gel-git olayı dünya, ay ve güneş arasındaki merkez kaç kuvvetleri arasındaki bağlantı sonucunda oluşmaktadır, günün belirli saatlerinde ve belirli bölgelerden elde edilmektedir. Bu nedenle oluşturduğu enerji de kesiklidir. Gel-git ekvator da en yüksek, kutuplarda ise en düşük olmaktadır.

Gel-git olayı ile enerji üretimi iki yöntemle gerçekleşmektedir. En eski yöntem suyun bir haznede biriktirilmesiyle deniz seviyesi ve hazne arasında yükselti farklı oluşturulmasıdır. Bu yöntemin olumsuz tarafı çok yer kaplamaktadır ve maliyetli olmasıdır. Diğer yöntem su yüzeyinin yükselmesi ve alçalması anında tirbünlerin jeneratörü döndürmesi ile enerji elde edilmesidir (Özdamar 2005).

### 5.4 Enerji Verimliliği Kavramı

Verimlilik kavramı Dr. Quesnay' e göre "*üreticilik özelliği*", Albfred Aftalion'a göre "*çıktıların kullanılan araçlara oranı*" şeklinde tanımlanmıştır. Genel

anlamda verimlilik kavramı, belirli düzeyde üretim elde etmek amacıyla kullanılan etmenler arasındaki oransal ilişki olarak tanımlanmaktadır (İleri 1999). Verimlilik mevcut kaynaklardan maksimum düzeyde nasıl yararlanılabileceğini göstermektedir.

Enerji verimliliği ise; yapılarda, hayat standardında, konforunda ve hizmet kalitesinde, endüstriyel işletmelerde ise; üretim miktar ve kalitesinde azalma olmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji kullanımının düşürülmesidir (23. URL). Verimlilik kavramının tanımı esas alındığında, enerji verimliliği birim enerjiden maksimum faydalanmak şeklinde tanımlanmaktadır (Yüksel 2019).

Dünyada sanayi ve teknolojiadaki gelişmeler sonucunda yaşam standartlarında görülen artış, enerjiye olan gereksinimi daha da arttırmıştır. Enerji verimliliği kavramı 1973 yılındaki petrol krizi sonucu ortaya çıkmıştır. Artan petrol fiyatları ve üretimde büyük oranda fosil, yenilenmeyen enerji kaynaklarının kullanılması bu kavramın oluşmasına zemin hazırlamıştır. Bu kavram daha önceleri yanan iki ampulden birinin kapatılması şeklinde basitçe algılanmış ve bu bağlamda “enerji tasarrufu” olarak adlandırılmıştır (Doğan ve Yılankırkan 2015). Daha sonraki dönemlerde, yaşam tarzından taviz vermeden enerjinin kullanılması anlamını taşıdığı için “enerji verimliliği” kavramı daha uygun görülmüş ve bu şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Aksüzek 2003).

Bu bağlamda, kaynakların korunumu ve ekosistemin korunması başta olmak üzere ülkelerin ekonomik olarak kalkınması bakımından enerji verimliliği oldukça önem arz etmektedir. Birçok ülkede enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik kamu, özel sektör, mesleki kurumlar ve sivil toplum örgütleri gibi birçok kurumun da aktif bir şekilde içinde bulunduğu önemli projeler bulunmaktadır (Aksüzek 2003).

## **5.5 Yapılarda Enerji Verimliliği**

Enerji, sürdürülebilir geleceğin temel noktalarından ve ülke gelişmişliklerinin en önemli esaslarından biri olarak görülmektedir. Artan nüfus, bilimsel ve teknolojik ilerlemeler enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur. Sürdürülebilirlik ve yaşam konforu açısından “enerji”ye en fazla ihtiyaç duyulan alanlardan biri de mimaridir.

Mekân ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla yapılaşma ve enerji tüketimindeki yükselme birbiriyle paralellik göstermektedir. Global Alliance for Buildings and

Construction (GlobalABC), Binalar ve İnşaat Sektörü için 2021 Küresel Durum Raporu'na göre, 2020 yılında inşaat sektörü diğer sektörler bazında kıyaslandığında küresel nihai enerji kullanımının %36'sı ve enerjiyle ilgili karbondioksit emisyonlarının %37'sini oluşturmaktadır (24. URL). Bu nedenle sürdürülebilirlik bağlamında enerji kavramı; ekolojik, ekonomik ve estetik boyutlar açısından mimarlık disiplininde yerini almaktadır. Çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğuran enerjinin ülkelerin gelişmesinde önemli bir öge olması, verimli kullanımının ve temiz enerji üretimine dayalı teknolojilerin kullanılmasının önemini arttırmaktadır (Özdemir 2005).

Çevre dostu yaklaşımlar ile tasarlanan yapıların amaçları, yapının bulunduğu konumdaki doğal çevresi ve iklimi ile uyumlu yerel malzemelerin tercih edilmesi; yapının kullanım, bakım, işletim, tadilat, yıkım ve atıkların imha edilmesi aşamalarında, beşikten beşiğe yaşam döngüsü ilkesi ile sürdürülebilir, enerjisini verimli kullanan ve yenilenebilir kaynakların kullanılmasıyla doğaya en az düzeyde zarar veren yapılar oluşturmak şeklinde sıralanmaktadır (Elbi 2019). Bu bağlamda yapılarda enerji verimliliği kavramı *“Yapıyı oluşturan tüm malzeme, bileşen ve sistemlerin üretimi; yapının tasarımı, üretimi, kullanımı, işletimi, bakım ve onarımı; elektromekanik sistemlerin tasarım ve işletimi; bina ömrünü tamamladığında binayı oluşturan girdilerin yeniden kullanıma sokulmasına kadar uzanan geniş bir alanda, enerji girdilerinin bireysel ve toplumsal yarara yönelik olarak miktar ve maliyetinin minimize edilmesidir”* (Utkutuğ 2000).

## 5.6 Enerji Etkin Yapı ve Tasarım Kriterleri

Enerji etkin yapılar sürdürülebilir yapı tasarım prensiplerinden birinin ya da birkaçının öne çıkmasıyla oluşturulan yapı tasarımlarından birine örnektir (Dikmen 2011). Enerji etkin yapı tasarımı; yapının günlük dış sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgâr yönü ve hızı gibi çevresel faktörler ve iklim koşulları düşünülerek yapıda enerjinin etkin ve verimli şekilde kullanımını gerçekleştiren tasarım olarak tanımlanmaktadır (Bucuka 2021).



Lizon'un 1982 yılında enerji etkin yapı tasarımı tanımı, yapıyı iklimsel etkilerden koruyan ve mekanik sistemlerdeki enerji ihtiyacını azaltmak amacıyla iklimsel etkilerden yararlanan tasarımıdır (Tokuç 2005).

Balcomb ise, enerji etkin yapı tasarımını; kışın soğuk ve yazın sıcak hava koşullarına rağmen, insan fizyonomisine uygun iç ortam koşulları oluşturmak amacıyla doğal sistemlerden yararlanılmasını iki bin yıldır ulaşılmaya çalışan bir hedef olarak görmektedir (Tokuç 2005).

Çevresel sorunların temelinde, çevresel ilkeler ile bağdaşmayan enerji tüketiminin yatmakta olduğu artık kanıksanan bir gerçektir. Bu nedenle yapı ve kent ölçeğinde ekolojik dengeleri bozmayan bir enerji sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir. Geçmişten günümüze yapılarda enerji verimliliğinin ana ilkeleri değişkenlik göstermemekte fakat teknolojinin ilerlemesi ile enerji verimliliğinin boyutu giderek büyümekte ve ilgili yapılara ait mimari yönelimler ve farklı adlandırmalar yapılmaktadır. Bu duruma 1970'li yıllardan bu yana enerjide sürdürülebilirlik sorunsalıyla doğrudan ilişkili olarak; sürdürülebilir yapı, enerji verimli yapı, enerji etkin yapı, yeşil bina, çevre dostu yapı gibi mimari yönelimler örnek gösterilebilir (Özdemir 2005).

Minimum 50 yıl yaşam süresine sahip bir yapının inşaat aşamasında malzemelerin üretimi, nakliyesi ve inşaatı için kullandığı enerjinin minimum 5 katı yapının kullanım aşamasında tüketilmektedir. Yapıların çoğunlukla 50 yıldan çok daha uzun süre yaşadığı varsayılırsa, öncelikle yapının kullanım ve işletim aşamasında enerji etkin yaklaşımlar önem arz etmektedir. Çünkü yapı kullanım aşamasında, tüketilen enerji, %35-60 arasındaki büyük bir kısmı ısıtma, aydınlatma ve havalandırma için kullanılmaktadır (Utkutuğ 2000).

Utkutuğ'a göre yapıların kullanımı sırasında enerji etkinliğinin sağlanması açısından önem taşıyan alanları özetlersek: iklime dayalı, bioklimatik tasarım aracılığıyla pasif olanaklardan yararlanılması; yapıda enerji tüketen tüm mekanik sistemlerin enerji etkin tasarımı, işletimi, denetimi ve bakımının yapılması ayrıca bu sistemlerdeki enerji kayıplarının azaltılarak verimliliklerinin yükseltilmesinin sağlanması; yapıların otomasyon sistemlerinin desteği ile denetlenmesi

performansının ve enerji etkinliğinin yükseltilmesi son olarak da enerji tasarrufu sağlayan her donanımdan yararlanılmasıdır (Utkutuğ 2000).

Tasarım aşamasında hedeflenen performansın elde edilebilmesi için ilk aşamadan itibaren bilinçli bir yöntem izlenmesi ile mümkün olabilmektedir. Enerji etkinliğinin sağlanabilmesi amacıyla pasif olanaklardan yararlanılması için Özdemir; kullanıcıya, iklime ve yapıya ilişkin olmak üzere üç başlık altında tasarım kriterleri belirlemiştir. Bu kriterler Tablo 5.2’de gösterilmiştir (Özdemir 2005).

**Tablo 5.2:** Enerji Etkin Yapı Pasif Tasarım Kriterleri (Özdemir 2005)

<i><b>Kullanıcıya İlişkin</b></i>	<i><b>İklime İlişkin</b></i>	<i><b>Yapıya İlişkin</b></i>
<p><i><b>Kullanıcı Niteliği ve Durumuna İlişkin Parametreler</b></i>            Irk, yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi, giysilerin türü</p> <p><i><b>Fiyolojik Parametreler</b></i>            Objektif (ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı, kalp atışı)            Subjektif (görülür terleme, termal duygu veya hissediş)</p>	<p><i><b>Dış İklimsel Parametreler</b></i>            Güneş ışınımı            Dış hava sıcaklığı            Dış hava nemliliği Rüzgar</p> <p><i><b>İç İklimsel Parametreler</b></i>            Hava sıcaklığı            Yüzey sıcaklıkları            Hava hareketi            Hava nemi</p>	<p><i><b>Yapıya İlişkin</b></i>            Topografya            Bina aralıkları            Bina yönlendiriliş durumu Bina biçimi            Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri Doğal vantilasyon düzeni</p>

Çeşitli ölçeklerde değerlendirilebilecek yapay çevrenin, iklimsel konfor koşullarını sağlayabilmesi amacıyla, doğal çevrenin iklimsel özelliklerine bağlı kalınarak ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlayabilmek için, yapay çevrenin kendisini bir pasif iklimlendirme sistemi şeklinde tasarlaması gerekmektedir. Bu bölümde yapılarda enerji etkinliğini sağlayacak tasarım kriterleri alt başlıklar altında incelenecektir.

### **5.6.1 Topoğrafya**

Doğal çevreye en az derecede müdahale edilerek uygun eğim ve yönlendirme ile yapının topoğrafya ile bütünleşmesinin sağlanması gerekmektedir. Yapıların tasarlanacağı çevreye ilişkin yerel iklim verileri bağlamında yapının ısıtma veya soğutma önceliği saptanmalı ve ve saptanan verilere uygun konumunun belirlenmesi gerekmektedir. Topoğrafyaya bağlı iklimsel verilerin etkinlik dereceleri farklılık göstermektedir. Farklı iklim bölgelerine göre uygun yerleşim alanlarının belirlenmesi Tablo 5.3’te gösterilmiştir.

**Tablo 5.3:** Farklı İklim Bölgelerine Göre Yerleşim Alanlarının ve Dokularının Belirlenmesi (Özdemir 2005)

<i>İklim Bölgeleri</i>	<i>Yerleşim Dokusu</i>	<i>Uygun Yerleşim Alanı</i>
<i>Soğuk</i>	Güneş ve rüzgardan korunan kompakt doku	Soğuk iklim bölgelerinde, gece saatlerinde havanın sıcaklığının düşmesinden dolayı yoğunluğu artarak çukur alanlarda birikir ve soğuk hava göllerini oluşturur. Bu nedenle soğuk iklim bölgelerinde bu çukur alanlardan kaçınarak yamaç altları gibi uygun alanlar tercih edilmelidir. Yamaç altları rüzgâr etkilerine maruz kalmamaktadır, eğimli yapıda olduğu için düz alanlara kıyasla güneşten daha fazla yararlanmaktadır.
<i>Sıcak Kuru</i>	Rüzgar ve güneşten korunan az katlı sıkışık doku	Sıcak kuru iklim bölgelerinde yapılar, neme ihtiyaç duyulduğu için göl kenarı orman alanları gibi alanlara konumlandırılarak nem sağlanabilir. Bu bölgelerde rüzgârdan, hava kirliliğini dağıtmada faydalanılmaktadır. Soğuk hava göllerinin bulunduğu vadi tabanları bu iklim bölgeleri için uygundur
<i>Sıcak Nemli</i>	Rüzgar sirkülasyonunu sağlayan seyrek doku	Sıcak nemli iklim bölgelerinde, nemin yarattığı olumsuz etkiyi önleyebilmek için özellikle yaz aylarında rüzgardan maksimum düzeyde faydalanılması gerekmektedir. Tepelik alanlar rüzgar etkisine açık alanlar olduğu için bu iklim bölgesi için uygundur.
<i>Ilımlı Kuru</i>	Rüzgardan korunan kompakt doku	Ilımlı kuru iklim bölgelerinde rüzgar, güneş ışıını etkisi ve hava sıcaklığını düşürdüğü için yapı kış aylarında rüzgara karşı korunaklı olmalıdır. Bu iklim için en uygun yerleşim alanı termal kuşağın alt noktalarıdır.
<i>Ilımlı Nemli</i>	Hakim rüzgar ve güneşten yararlanacak homojen doku	Ilımlı nemli iklim alanlarında ise yaz aylarında nemliliğin yarattığı olumsuz konfor koşullarını engellemek için rüzgâra ihtiyaç duyulmaktadır. Termal kuşağın üst noktaları bu iklim bölesi için en uygun yerleşme alanlarıdır.

### 5.6.2 Yapı Aralıkları

Yapılarda güneş ışınları ve rüzgar hareketlerinden doğal iklimlendirme amacıyla yararlanabilmek için yapılar arasındaki mesafe, yapıların boyutlarına göre belirlenmelidir. Bu bağlamda güneş ışınlarından maksimum düzeyde faydalanabilmek amacıyla yapı aralıkları komşu binaların en uzun gölge boyuna eşit veya ondan büyük olmalıdır. Pasif iklimlendirme açısından rüzgar hareketlerinden de faydalanmak söz konusu olduğu için hâkim rüzgar yönü de göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı iklim bölgelerine göre yapılar arasındaki mesafe değerleri Tablo 5.4’ te gösterilmiştir.

**Tablo 5.4:** Farklı İklim Bölgelerinde Yapılar Arasındaki Uygun Mesafe Değerleri (Özdemir 2005)

<i>İklim Bölgeleri</i>	<i>Yapılar Arası Mesafe</i> (Yapı Yüksekliği “h” )
<i>Sıcak Nemli</i>	5h-7h
<i>Sıcak Kuru</i>	2h-5.5h
<i>Ilımlı Kuru / Ilımlı Nemli / Soğuk</i>	h-5h

### 5.6.3 Binalar Arası Açık Mekânların Düzenlenmesi

#### 5.6.3.1 Peyzaj Tasarımı

İyi bir peyzaj tasarımı ile yaz aylarında soğutma, kış aylarında ise ısıtma yükü azaltılabilir. Bitkilendirme yapı ya da yerleşmelerde; hâkim rüzgârdan yararlanma veya korunma, güneş ışığı kontrolü, gürültü kirliliğine ve kamaşma sorunlarına engel olma gibi durumlarda fayda sağlamaktadır (Gökşen 2017). Bitki toplulukları ve ağaçların rüzgâr yönlendirici, hızını arttırıcı ya da kesici etkisi düşünülmelidir. Güneş ışınımı açısından da bitki ve ağaçların gölge ve ısı kazanımı etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı iklim bölgelerine göre yapılar arasında bulunan açık alanlara uygun peyzaj önerileri Tablo 5.5'te açıklanmıştır (Özdemir 2005).

**Tablo 5.5:** Farklı İklim Bölgelerine Uygun Peyzaj Önerileri (Özdemir 2005)

<b><i>Sıcak Nemli</i></b>	Güney cephesinde ağaçlandırılmamalı, kuzeyde yaz aylarında gölge oluşturulmak amacıyla ağaçlandırılmalıdır. Doğu ve batı cephelerinde ise güneş ışınlarını engelleyen, rüzgar sirkülasyonuna olanak tanıyan yüksek gövdeli ve yaprak döken ağaçlar yerleştirilmelidir.
<b><i>Sıcak Kuru</i></b>	Kuzey ve güney yönlerinde ağaçlandırmadan kaçınılmalı, doğu ve batı yönlerinde ise çalı ve sarmaşık benzeri yaprak döken ağaçlar tercih edilmelidir.
<b><i>Ilımlı Kuru/Ilımlı Nemli</i></b>	Kuzeyde kış aylarında soğuk rüzgarlarından korunmak amacıyla yıl boyu yeşil kalan dalları alçak olan ağaçlar, güney cephede alçak çalılar veya yüksekliği az ağaçlar tercih edilmelidir. Doğu ve batı cephelerinde ise güneş ışınlarını engelleyen, rüzgar sirkülasyonuna olanak tanıyan yüksek gövdeli ve yaprak döken ağaçlar yerleştirilmelidir.
<b><i>Soğuk</i></b>	Kuzey cephede kısmen yükseltilmiş toprak uygulaması fayda sağlamaktadır. Kuzey, doğu ve batı cephelerinde yıl boyunca yeşil kalabilen çalılar ve yeşil, alçak dalları olan ağaçlar kullanılmalıdır. Güney cephede rüzgar kırıcı olarak alçak çalılardan yararlanılabilir. Yapının uzağında güneydoğu ve güneybatı yönlerinde ise yaprak döken ağaçlar tercih edilebilir.

#### 5.6.3.2 Açık Mekân Yüzey Örtü Malzemeleri

Yapılar arasındaki yüzey örtü malzemesi güneş ışınımı ve rüzgâr etkileri düşünülerek tercih edilmelidir. Yüzey malzemesi tarafından kazanılacak güneş ışını yüzeyin emicilik katsayısı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle yüzey örtü malzemeleri renkleri ve emicilik katsayıları göz önüne bulundurularak seçilmelidir (Özdemir 2005). Farklı iklim bölgelerine göre yapılar arasında bulunan açık alanlar seçilmesi uygun yüzey örtü malzemelerinden Tablo 5.6'da bahsedilmiştir.

**Tablo 5.6:** Farklı İklim Bölgelerinde Yapılar Arasında bulunan Açık Mekanların YüzeY Örtü Malzeme Önerileri (Özdemir 2005)

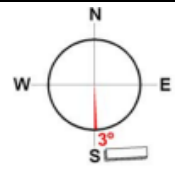
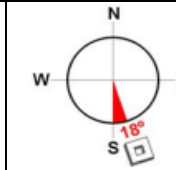
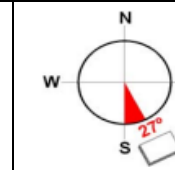
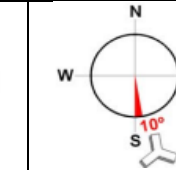
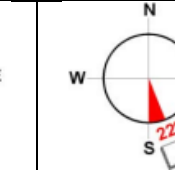
<b>Sıcak Nemli</b>	Çakıl + çim
	Açık renk asfalt
	Kısa boylu kaktüs türü, sarmaşık
<b>Sıcak Kuru</b>	Çim, çakıl + çim
	Stabilite yol
	Gölet, havuz, su yüzeyi
<b>Ilımlı Kuru</b>	Çim, toprak
	Açık-koyu renk asfalt, taş
	Havuz, su yüzeyi
<b>Ilımlı Nemli</b>	Çim, toprak
	Asfalt, beton, taş
<b>Soğuk</b>	Açık renk yansıtıcı çakıl
	Koyu renk ısıl kapasitesi yüksek koyu renk taş

### 5.6.3.3 Yapı Yönlendirilişİ

Yapının yönü, cephelerinin direkt güneş ışınlarından faydalanma düzeyini bu nedenle de toplam güneş enerjisi kazancını etkilemektedir. Yapıların yönü rüzgâr alma durumu ve yapının hava sızıntısı ile ısı kaybı miktarını da etkilemektedir. Bu etmenlerden dolayı binanın bulunduğu iklim bölgesinin ihtiyaçları dâhilinde yapılar, güneş ve rüzgârdan gerektiği zaman yararlanacak, gerektiği zamanda da korunacak şekilde yönlendirilmelidir (Gökşen 2017).

Türkiye bulunduğu mutlak konum itibariyle orta kuşak iklimlerdeki yönlenme kararları uygulanmaktadır. Burada güneş ışınlarından faydalanma ve korunma açısından, öncelikle güney yön önemli olmaktadır. Daha çok kişi sayısının kullandığı ve daha uzun süre kullanılan mekânlar güney cepheye konumlanmalıdır. Diğer taraftan doğu ve batı cephelerinde ise daha edilgen mekânlar kullanılmalıdır. Batı cephesi sıcak iklim kuşakları için, istenmeyen ısı yükselişlerine neden olmaktadır. Farklı iklim tiplerine göre yapıların yönlenmeleri Tablo 5.7’de gösterilmiştir.

**Tablo 5.7:** Farklı İklim Tiplerine Göre Yapı Yönlenmeleri (Özdemir 2005)

<b>Sıcak Nemli</b>	<b>Sıcak Kuru</b>	<b>Ilımlı Kuru</b>	<b>Ilımlı Nemli</b>	<b>Soğuk</b>
				

### 5.6.3.4 Hacim Organizasyonu

Yapılarda iç mekân iklimsel konforu açısından enerji tüketiminin düşürülmesi amacıyla hacim organizasyonunun uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir. Kullanıcı sayısı en fazla olan ve gün içerisinde en fazla kullanılan mekânlar ve binaların geniş yüzeyleri güney yöne gelecek şekilde planlanmalıdır. Kuzey yön yüksek kaliteli ışık sağlamasına karşın düşük ısı oluşturmaktadır. İç mekânlarda ısıtma yükünün artmasına neden olmaktadır. Servis hacimleri, dış yüzeylere gerekli görüldüğünde tampon oluşturacak biçimde planlanmalıdır. Isıtma enerjisinin korunumu için güneş ışınlarını depolayacak ve yapının ısıtılmasına katkı sağlayacak sera, kış bahçesi vb. hacimler tasarlanmalıdır (Özdemir 2005, Gökşen 2017). Yapılarda bulunan hacimlerin uygun yönlendiriliş önerileri Tablo 5.8’de gösterilmiştir.






**Tablo 5.8:** Yapılardaki Bazı Hacimlerin Uygun Yönlendirilme Önerileri (Özdemir 2005)

<i>Hacimlerin Yönlendirmeleri</i>	<i>Önerilen</i>	<i>Kuzey</i>	<i>Kuzey doğu</i>	<i>Doğu</i>	<i>Güney doğu</i>	<i>Güney</i>	<i>Güney batı</i>	<i>Batı</i>	<i>Kuzey batı</i>
<i>Yatak Odası</i>		*	*	*	*	*	*		
<i>Salon</i>					*	*	*	*	
<i>Yemek Odası</i>				*	*	*	*	*	
<i>Mutfak</i>				*	*	*	*		
<i>Kütüphane</i>		*	*						*
<i>Çamaşır Odası</i>		*	*						*
<i>Banyo</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Garaj</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Teras</i>				*	*	*	*	*	
<i>Sundurma</i>					*	*	*	*	

### 5.6.3.5 Yapı Formu

İklimsel veriler göz önünde bulundurulduğunda, yapı formunun ve yapının en-boy oranlarının oldukça önemli olduğu görülmektedir. Sıcak nemli bir iklim bölgelerinde araziye yayılmış, yerden koparılmış, geçirgen ve çok yüzeyli ve hafif konstrüksiyonlu bir tasarımlar tercih edilirken, sıcak kuru iklim bölgeleri için daha içeriye dönük, avlulu, küçük açıklıkları bulunan ve ağır konstrüksiyonlu tasarımlar tercih edilmektedir. Türkiye’deki iklim özelliklerine göre, genel olarak yapıların doğu-batı doğrultusunda uzanmasını sağlamakta, güney cephesini genişleterek güneş ışınlarından yararlanma ve gelen ışınların kontrolü sağlanmaktadır (Ulukavak Harputlugil 2016). Tablo 5.9’da farklı iklim tiplerine göre yapı formları gösterilmiştir.

**Tablo 5.9:** Farklı İklim Bölgelerine Göre Yapı Formları (Özdemir 2005)

<i>Sıcak Nemli</i>	<i>Sıcak Kuru</i>	<i>Ilımlı Kuru</i>	<i>Ilımlı Nemli</i>	<i>Soğuk</i>
				
Rüzgâra açık yüzeyli, rüzgar sirkülasyonu için zeminden koparılmış döşeme ve yükseltilmiş çatı	Avlulu, iç mekânı açık yüzeylere bakan	Kışın rüzgâra kapalı, kompakt	Serbest planlı yazın rüzgâra karşı geniş yüzeyler oluşturan	Dış yüzeyi küçük, kompakt

### 5.6.3.6 Yapı Kabuğu Özellikleri

Yapı kabuğu, dış çevre koşullarını dönüştürerek iç mekâna aktaran ve bu şekilde iç mekân konfor koşullarının oluşumunda önemli rol oynayan tasarım ögesidir (Gökşen 2017). Yapılarda en büyük ısı kaybına yapının kabuğu neden olmaktadır. İklimsel verilere uygun yapı kabuğunun belirlenmesinde dış duvar, çatı, döşeme, kapı, pencere gibi yapı elemanlarının her biri ayrı olarak düşünülmesi gerekmektedir (Özdemir 2005) (Tablo 5.10).

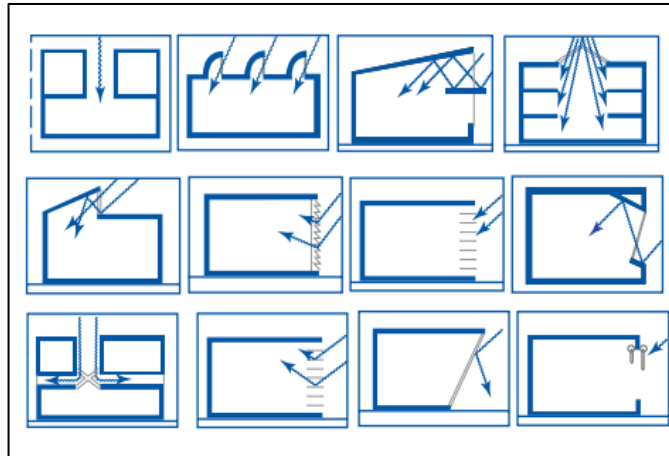
**Tablo 5.10:** Farklı İklim Bölgelerine Göre Yapı Ögelerinin Tasarım Önerileri (Özdemir 2005)

<i>Sıcak Nemli</i>	<i>Duvar</i>	Yansıtıcılığı yüksek açık renkli, ısı depolama kapasitesi düşük, hafif duvarlar
	<i>Çatı</i>	Hava geçişlerine izin veren, eğimli ya da yükseltilmiş çatı
	<i>Pencere</i>	Güneşin kontrollü geçişini sağlayan geniş pencereler
	<i>Kapı</i>	Rüzgâra açık yüzey
<i>Sıcak Kuru</i>	<i>Duvar</i>	Isı depolama kapasitesi yüksek, açık renkte, kalın duvarlar
	<i>Çatı</i>	Düz çatı
	<i>Pencere</i>	Dış cephede küçük avluya bakan gölgelenmiş büyük açıklıklar
	<i>Kapı</i>	Rüzgâra kapalı yüzey
<i>Ilımlı Kuru</i>	<i>Duvar</i>	İç mekânda konforunu sağlayan yalıtımlı duvarlar
	<i>Çatı</i>	Yalıtımlı eğimli çatı
	<i>Pencere</i>	Isı kontrolü sağlanacak büyüklükte açıklıklar
	<i>Kapı</i>	Rüzgâra kapalı yüzey
<i>Ilımlı Nemli</i>	<i>Duvar</i>	İç mekânda konforunu sağlayan yalıtımlı duvarlar
	<i>Çatı</i>	Yalıtımlı eğimli çatı
	<i>Pencere</i>	Isı kontrolü ve hava sirkülasyonunu sağlayan büyüklükte açıklıklar
	<i>Kapı</i>	Serbest
<i>Soğuk</i>	<i>Duvar</i>	Isı depolama kapasitesi yüksek, yalıtımlı, koyu renk, masif duvarlar
	<i>Çatı</i>	Yalıtımlı eğimli çatı
	<i>Pencere</i>	Isı korunumlu küçük açıklıklar
	<i>Kapı</i>	Rüzgâra kapalı (rüzgarlıklık çift)

### 5.6.3.7 Doğal Aydınlatma

Pasif güneş tasarımında şeffaf yüzeylerin yoğunluklu olarak güney ve güneye yakın cephelerde tasarlanmasıyla güneş kontrolü kolay ve enerji kazancı yüksek olmaktadır (Gökşen 2017).

Yazın iç mekânda cephede oluşturulan yeterli açıklıklar sayesinde gün ışığı yararlanılarak elektrikli tüketimi azaltılmaktadır. Kışın, özellikle ısıtma gerektiren yapılarda güneş ışığının olabildiğince içeriye alınması gerekmektedir. İç ortamda parlama ya da kamaşma gibi problemler oluşmadığı sürece gün ışığına herhangi bir sınırlama getirilmesine gerek yoktur. Isıtma gerektirmeyen yapılarda ise güneş spektrumunun belirli dalga boylarına karşı seçici geçirgen tercih edilirse, güneş ışığının verimliliği önemli düzeyde artmaktadır (Ulukavak Harputlugil 2016). Yapılarda farklı alanlara konumlandırılmış şeffaf yüzeylerin aydınlatma olanakları Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Farklı Tasarımlardaki Güneş ışığı Aydınlatma Olanakları (Ulukavak Harputlugil 2016)

### 5.6.3.8 Doğal Havalandırma

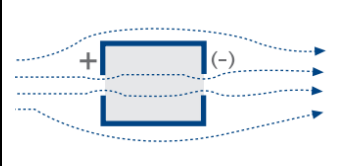
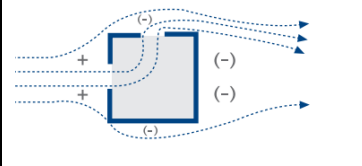
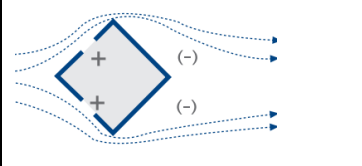
Doğal havalandırma yapı içerisinde kullanılmış havanın, taze hava ya da dış ortamdaki hava ile yer değiştirmesi olayına denilmektedir. Hava akımları, atmosferde meydana gelen basınç farklılıkları nedeniyle oluşmaktadır. İç mekânlarda oluşan doğal havalandırma koşulları, doğal havalandırma sisteminin özellikleri ve dış ortamın iklimsel koşullarına bağlıdır. Doğal havalandırma dış ortamdaki rüzgârın iç-dış ortam arasındaki oluşturduğu basınç farkı ve iç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkından



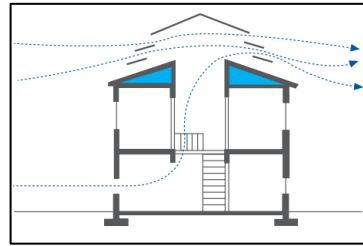
dolayı oluşan basınç farkı ile sağlanmaktadır (Özdemir 2005, Ulukavak Harputlugil 2016).

Yapı tasarımında doğal havalandırmanın sağlanması için gerekli faktörler arasında; havalandırmayı sağlayacak giriş ve çıkış açıklıklarının birbirlerine göre konumları, bu açıklıkların alanları, hâkim rüzgâr yönüne bağlı olarak açıklıkların konumlandırılacağı cephenin yönü ele alınmaktadır (Özdemir 2005) (Tablo 5.11).

**Tablo 5.11:** Doğal Havalandırma Açıklık Konumları (Ulukavak Harputlugil 2016)

<i>Çok iyi</i>	<i>İyi</i>	<i>Kötü</i>
		

Havalandırmayı güçlendirmek amacıyla tasarlanmış güneş bacaları ile yapıda baca etkisi sağlanarak serinletmeye yönelik güçlü bir hava akımı meydana getirilmektedir. Kış aylarında sera etkisi ile bağlantılı olarak güneş bacası içerisinde ısınarak yükselen havanın mekânlarda hava sirkülasyonu sağlanabilir. Ayrıca döşeme aralarında dolaştırılan sıcak ya da soğuk hava mekânı ısıtıp soğutmada kullanılabilir (Ulukavak Harputlugil 2016) (Şekil 5.2).



**Şekil 5.2:** Baca Etkisi (Ulukavak Harputlugil 2016)

## 5.7 Güneş Enerjisinden Yararlanma

Günümüzde tüketilen enerjinin büyük bölümü kömür, doğal gaz, petrol gibi fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu kaynaklar milyonlarca yıl süresince ısı ve basınç ile bitkilerin, dinazorların ve diğer hayvanların çürümesi sonucunda oluşmaktadır. Fakat bu kaynaklar oluşumlarından daha kısa süre içerisinde

tüketilmektedir. Bu nedenle fosil yakıtlar kısa zaman aralıklarında yenilenemediği için yenilenemeyen kaynak olarak düşünülmektedir. Özellikle de nüfus artışı, şehirleşme ve endüstrileşmeye bağlı olarak bu kaynaklara gereksinim daha da artmıştır. Fosil kaynakların yoğun kullanımı sonucu tükenmesi, fiyatlarının sürekli artması ve çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturdukları zararlar büyümektedir.

Dünya çapında oluşan bu problemlere ek olarak Türkiye için bir diğer sorun da enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğunun ithâl edilmesidir. Bu derece enerjiye bağımlı olarak yaşanan yeryüzünde güneş, rüzgâr, deniz, biyokütle, jeotermal enerji gibi çevreye dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için yeni teknolojiler geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerjiyi verimli kullanmak amacıyla alternatif enerji kaynaklarını tercih etmek gerekmektedir. Üretim maliyetinin olmamasından dolayı akla gelen ilk yenilenebilir enerji kaynağı güneştir (Özdemir 2005).

Richard Rogars'a göre "*Dünya sadece dışarıdan güneş enerjisi alan kapalı bir sistemdir. Güneşin her doğuşuyla oluşan rüzgâr ve yağmur fosil yakıtların aksine yenilenebilir ve kirliliğe yol açmayan enerji kaynaklarıdır*" (Dedeoğlu 2002).

Türkiye, güneş enerjisi bakımından zengin bir alanda bulunmasına karşın bu enerjiden yeteri kadar yararlanamamaktadır. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına göre Türkiye'nin, yıl içerisinde günlük 7,5 saat olmak üzere toplamda güneşlenme süresi 2737 saat, yıllık toplam gelen güneş enerjisi ise 1527 kWh/m<sup>2</sup> yıl, yani günlük 4.2 kWh/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir (Çanka Kılıç 2015).

Yüksek miktarda güneş enerjisi potansiyeline sahip olan Türkiye'de bu enerjiden sıcak suda, bina iklimlendirmesinde ve seraların ısıtılmasında yararlanılmaktadır. Yapı sektörü payı, toplam enerji kullanımında büyük bir yüzdede olduğu için yapıları ısıtma ve doğal aydınlatma amacıyla bu tüketim düzeyinin ülke koşulları ve binanın özelliklerine bağlı olarak büyük bir bölümünün güneş enerjisinden sağlanması mümkündür (Çelebi 2002).

Güneş enerjisinden faydalanmanın iki yolu bulunmaktadır. İlki, güneş enerjisini toplamak, depolamak ve dağıtmak amacıyla geliştirilen elemanların oluşturduğu aktif ısıtma sistemleri kullanmaktır. İkincisi ise enerji kullanarak çalışma gösteren aktif sistemleri işe dâhil etmeyerek yapının yönlendirilişi, formu, kabuğu termofiziksel nitelikleri gibi tasarım parametreleri ile güneş enerjisinden optimum yarar sağlayacak biçimde yapı sistemini oluşturan pasif sistemlerdir.

Bu açıklamalar dâhilinde enerji etkin yapı; tasarım aşamasında özellikle pasif yöntemlerin tercih edilmesi, kullanım süresince sağlık ve konfor şartlarının sağlanmasında en az düzeyde enerji tüketiminin gerçekleştirilmesi, aktif yöntemlere gereksinimi azaltarak enerji ihtiyacını mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan yapılara denilmektedir (Elbi 2019).

Enerji etkin yapı tasarımı için, yapı ile uyumlu pasif ve aktif sistem olanaklarından yararlanılarak, mekânda kalite ve konfor şartlarından teviz vermeden, doğal aydınlatma, ısıtma, soğutma, havalandırma konularında yapının veriminin artırılması, kaynakların korunumunun sağlanması, atmosfer kirlenmesi, iklim değişimi, ekolojik problemlerin önlenmesi ve bu doğrultuda tasarım kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Dikmen 2011, Kılıç Demircan ve Gültekin 2015).

### **5.7.1 Pasif Sistemler**

Kış aylarında soğuk, yaz aylarında ise sıcak hava koşullarına göre insan fizyolojisine uygun iç mekân standartları oluşturmak amacıyla doğal sistemlerin kullanılması 2000 yıldır hedeflenmektedir (Tokuç 2005). Pasif sistemler, yapının tasarım aşamasında verilen kararlar ve kullanılan yapı malzemeleri ile mekanik sistemlere gereksinim duymayarak güneş enerjisinden yapıların ısıtılması, soğutulması, sıcak su eldesi, enerji üretimi, aydınlatılması amacıyla yararlanılan en eski sistemlerden biridir (Uslusoy 2012).

Pasif güneş sistemleri, güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla tercih edilen en basit yöntem olarak görülmektedir. Mimaride pasif sistemden kış aylarında güneşten ısı kazancı sağlama, yaz aylarında ise doğal aydınlatma, havalandırma ve soğutma amacıyla yararlanılmaktadır. Bu sistemler, ısı kayıplarına tolerans gösterebilen ılıman iklim bölgeleri için uygun görülmektedir (Uslusoy 2012).

Türkiye, matematiksel olarak coğrafi konumu 36-42° kuzey paralelleri arasında olan bir ülkedir ve güneş kuşağında bulunmaktadır. Güneş kuşağının bu bölümü, güneş ışınlarından iyi düzeyde yararlanmakla beraber, 4 mevsimin de etkili olduğu bir bölgedir. Güneşlenme süreleri açısından en zengin bölgeler; Güneydoğu Anadolu bölgesinden başlayarak Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Marmara

şeklinde sıralanmaktadır. En düşük güneşlenme süresi ise Karadeniz Bölgesinde görülmektedir.

Türkiye’de yaz güneşinin dik, kış güneşinin yatık gelmesi, içinde bulunduğu kuzey yarım kürede güney cephelerin kışın daha fazla güneş ışığı alması, yapılarda güney cephelerin daha değerli olmasını sağlamıştır (Özdoğan 2005).

Pasif güneş sistemlerinde yapının pencere, duvar ve çatı elemanlarına ulaşan güneş ışınlarının kullanılmasında üç temel yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler:

1. *Toplama:* Güney-doğu ve güney-batı aksında yapıda şeffaf cephe tasarımları, kış bahçeleri, seralar, galeri ve atriumlarla güneş enerjisinin toplanması ve ısıya dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır.
2. *Depolama:* Güneş enerjisi depolanmasından sonra ısının bir bölümünün anında kullanılması, kalan bölümünün ise daha sonra kullanılmak amacıyla ısı kütlesi olarak tanımlanan zemin ve duvarlara yayılmasıdır. Isıl kütleler tuğla, taş ya da su olabilmektedir.
3. *Dağıtım:* Isıl kütlelerde depolanan ısının, ışıyım ve iletim yöntemleri sayesinde, fan ve vantilatörler aracılığı ile mekâna dağıtılmasıdır. Bu yöntemlerden birinin veya birkaçının kullanılması ile yapılarda güneş ışınlarından faydalanılmaktadır (Uslusoy 2012).

Pasif güneş sistemleri doğrudan ve dolaylı pasif sistemler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Doğrudan sistemlerde güneş ışığı mekâna direkt alınmakta ve gündüz saatlerinde döşeme ve duvarlarda depolanan enerji gece mekâna dağıtılmaktadır. Bu sistem güneş enerjisinden faydalanılmada en basit ve en eski yöntem olarak bilinmektedir. Dolaylı sistemlerde ise güneş enerjisi yapı hacmine alındığı sırada depolanmaktadır (Uslusoy 2012).

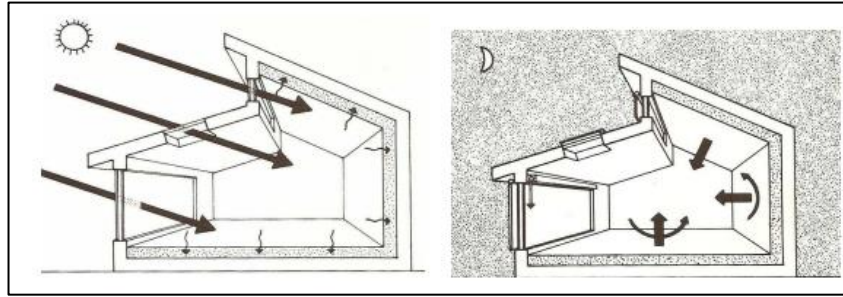
### **5.7.1.1 Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri**

Güneş ışınlarının şeffaf yüzeyler aracılığıyla direkt olarak mekâna alınması şeklinde çalışan sistemlerdir. Yapı, güneş ışınlarını alarak doğrudan ara bir sisteme

gerek duymadan iç ortama aktarabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu şekilde enerjinin yapı içerisinde tutulması ve depolanması sağlanmaktadır (Alparslan 2010).

Bu sistemlerde güney cephe ve yatay-düşey çatı açıklıkları, pencerelerden oluşmaktadır. Şeffaf malzemelerin kullanımı aynı zamanda doğal aydınlatma, hava sirkülasyonu, manzaraya açılma gibi işlevleri de yerine getirmektedir. Yapı tasarım aşamasında bu kararlar alındığı için ek bir maliyet yükü oluşturmamaktadır (Alparslan 2010).

Doğrudan pasif güneş sistemlerinde şekildeki gibi duvar yüzeyinde oluşturulan açıklıklar veya çatı açıklığından gelen ışınlarla iç mekân yüzeyinde depolanan enerjinin sera etkisi oluşturarak yapının enerji toplayıcı gibi çalışması hedeflenmektedir (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015) (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Doğrudan Pasif Sistemler (Alparslan 2010)

Bu sistemden verim alınabilmesinde yapı cephesinde tasarlanan açıklıkların yönleri ve boyutları önem kazanmaktadır. Doğu ve batı cephelerde oluşturulan açıklıklardan, kış aylarında güney cephesine oranla daha az miktarda güneş kazancı elde edilebilmektedir. Ancak yaz aylarında güneşinin sabah ve öğle saatlerinden sonra yatık şekilde gelmesinden dolayı, bu açıklıkları korumak güçtür. Aşırı ısınma problemleri ortaya çıkabilmektedir. Güney cephede oluşturulan pencerelerle ise kış aylarında yatık şekilde gelen güneş ışığından tüm gün yararlanılmaktadır. Yazın daha dik şekilde gelen güneş ışınlarından korunmaları daha basittir. Bu bağlamda yapı tasarımında açıklıkların güney cephede büyük, doğu, batı ve kuzey cephelerinde ise doğal aydınlatma ve havalandırmayı sağlamak amacıyla küçük tercih edilmelidir. Güneş enerjisinden pasif bir şekilde yararlanmada güney pencereleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak, pencereler duvar malzemesi ile karşılaştırıldığında, yalıtım bakımından zayıftır ve ısı kayıplarına daha çok açıktır. Bu nedenle mevsimsel ve gece

gündüz ısı kayıplarının önlenmesi için tedbirler alınması gerekmektedir. Mevsimsel önlemlerin alınmasında çift cam uygulaması önem arz etmektedir. Gece ısı kayıplarının önlenmesi ise kepenk, jaluzi ve perde kullanılması ile sağlanabilmektedir. Yaz aylarında gündüz saatlerinde güneş ışınlarından güneş kırıcı, saçak ve perde ile korunulmaktadır (Alparslan 2010).

Çatı açıklıkları yapıda çok iyi işleyen bir doğal havalandırma sistemidir. Isınan hava yükselir, bu açıklıklardan dışarı atılır ve atılan havanın yerini temiz ve serin hava alır. Bu durumun aksine çatı açıklıkları ısı kazanmak amacıyla tercih edilen bir yöntem olarak görülmemektedir. Isı kazanmak için kullanılması ancak yapının güney cephesinin; yapı, bitki örtüsü veya topografya nedeniyle kapandığı ya da arazi boyutlarının güney cephesinde geniş açıklıklara izin vermediği durumlarda tercih edilmektedir. Bu sistemde yüksekte konumlandırılan pecereler ısınan havanın yükselmesinden dolayı ısı kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle gece yalıtım uygulamalarının yapılması gerekmektedir (Alparslan 2010).

### **5.7.1.2 Dolaylı Pasif Güneş Sistemleri**

Bu güneş sistemlerinde yapı, şeffaf cam yüzey ve onun arkasına konumlandırılmış, ısı depolama görevi gören ısı kütlesi sayesinde ısının cam yüzeyden geçip duvara gelerek ısıtım veya taşınım yoluyla iç ortama iletilmesi ilkesi ile tasarlanılan sistemler olarak tanımlanmaktadır (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015). Dolaylı güneş kazanım sistemleri, şeffaf cam yüzey ve arkasında yerleştirilen genellikle üzeri siyah renk ile boyanmış taş, beton, kerpiç, tuğla ya da su gibi ısı kütlelerinden oluşmaktadır. Isının, ısı kütlesi aracılığı ile depolanması sonucu akşam saatlerinde de iç mekâna ısı iletimine devam etmesi ve yapının bu saatlerde duvar veya tavan gibi elemanlarının soğumayarak ılık kalmasıdır (Özdoğan 2005).

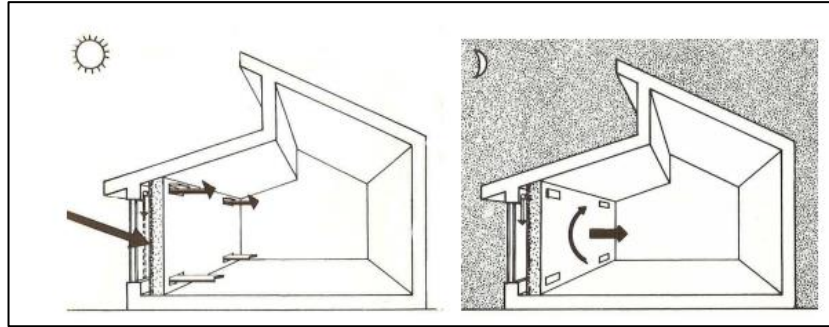
Dolaylı sistemlerin tercih edilmesindeki artılardan birisi, uygulama kolaylığı ve dinamik yalıtım haricinde farklı elemanlara gerek duyulmamasıdır. Sistemin olumsuz tarafı ise ısı depolayan kütlelerin sabah saatlerinde geç ısınması ve sonra iç ortama taşınan ısının denetlenememesidir (Özdoğan 2005). Yapıda geceleyin dışarıya ısı kayıplarını önlemek ve yaz aylarında aşırı ısınma durumlarına karşı perde, kepenk benzeri koruyucu elemanların kullanılması gerekmektedir.

Dolaylı sistemler tromb duvarlar, seralar, bidon duvarlar, çatı havuzları ve termosifon sistemlerinden oluşmaktadır.

#### 5.7.1.2.1 Tromb (Güneş) Duvarı

Cam yüzey ve 10-15 cm. arkasına yerleştirilmiş, havalandırma menfezleri olan masif ısıtıl kütleden oluşmaktadır. Bu ısıtıl küttelede taş, dolu tuğla, siyaha boyanmış duvar vb. elemanlar tercih edilmektedir. Bu sistemin çalışma prensibi, kışın masif ısıtıl küttelede depolanan ısının iç ortama aktarılması, yazları ise depolanan ısının iç mekâna aktarılmadan pencere, menfez veya baca gibi boşluklardan dış ortama aktarılması şeklinde gerçekleşmektedir (Özdoğan 2005).

Güneş duvar sistemlerinde cam ve duvar arasında bulunan boşlukta, ısınarak yükselen hava tavana yakın yerleştirilen bir boşluktan içeri girmekte, iç ortamda bulunan serin hava ise zemine yakın olan boşluktan cam ve duvar arasına girerek ısınmakta ve yükselmektedir. Isınarak yükselen bu havanın tekrar tavana yakın boşluktan girmesi ile devamlı olarak yapı içerisinde bir ısı dolaşımı oluşmaktadır (Özdoğan 2005) (Şekil 5.4).



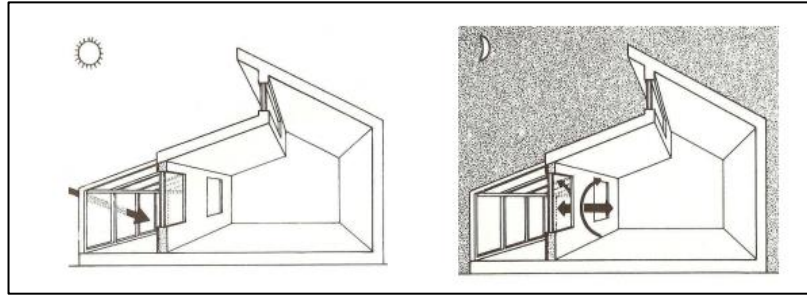
Şekil 5.4: Tromb Güneş Duvarı (Alparslan 2010)

Yazın cam yüzeyde bulunan kanatların veya iç mekândaki pencerelerin açılmasıyla doğal havalandırma sağlanmaktadır. Kış gece yalıtımı veya yaz gölgesi tedbirlerinin yanında, kışın akşam saatleri için alınması gereken farklı bir tedbir de hava sirkülasyonunun tersine çalışarak ısınan havanın cam yüzeyle duvar arasına geçmesi ve alttaki boşluklardan da iç ortamda soğumuş havanın çekilmesi sonucunda

iç mekânın soğumasının önlenmesi için duvardaki havalandırma boşluklarının kapatılmasıdır (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015).

### 5.7.1.2.2 Seralar

Seralar, içerisinde yaşanabilen, bahçe ve iç mekân arasında geçişi sağlayan, yapı içerisine ısı, temiz hava ve nem sağlayabilen mekân ve toplayıcılar şeklinde tanımlanmaktadır. Seralarda güneşe bakan şeffaf yüzeylerin artması ile kış aylarında ısı kazancı artmaktadır. Sistemin olumsuz tarafı ise güneşin olmadığı saatlerde ısı kaybı, yaz aylarında ise istenmeyen ısı kazancının olmasıdır. Bu nedenle, yaz gündüzleri için güneşten koruyucu elemanlar, kış akşamları için de gece yalıtımının sağlanması gerekmektedir (Alparslan 2010) (Şekil 5.5).



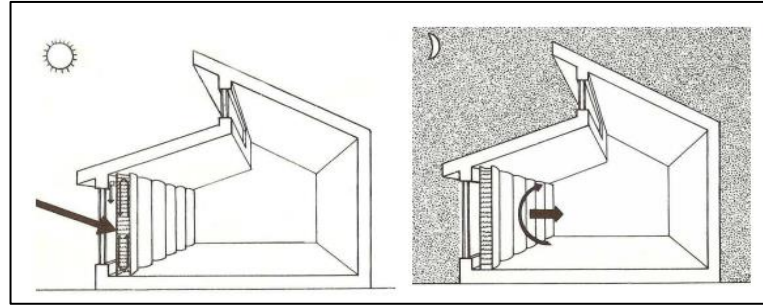
Şekil 5.5: Sera Uygulaması (Alparslan 2010)

### 5.7.1.2.3 Bidon (Su) Duvarı

Su duvarlarında, masif duvar elemanına kıyasla ısı tutuculuğu daha yüksek olan su kütleleri, termal kütlelerin duvar elemanı yerine uygulanmasına denilmektedir (Uslusoy 2012). Bu sistemlerde ısı depolama kütlesi su ya da benzer bir sıvı ile doldurulmaktadır. Bidonlar siyah renge boyanmaktadır. Böylece ışınları toplayan ve ısıyı depolayan bir yüzey oluşturmaktadır. Şeffaf cam yüzeyden geçen güneş ışınları bidonun siyah yüzeyi tarafından soğurulmakta ve ısıl enerji böylece bidonda bulunan sıvıyı ısıtmaktadır. Bu şekilde ısınan bidonlar enerjilerini, ışımaya ve iletim yoluyla yapının iç mekânına aktarmaktadır. Gün içerisinde kazanılan ısının geceleyin kaybedilmemesi için yalıtılmış kapaklar ile kapatılarak ısı kaybı önlenmektedir. Sistemde su kullanımından kaynaklanan problemler oluşmaktadır. Bu problemlerden



bazıları buharlaşma, korozyon ve sızma şeklinde görülmektedir (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015) (Şekil 5.6).

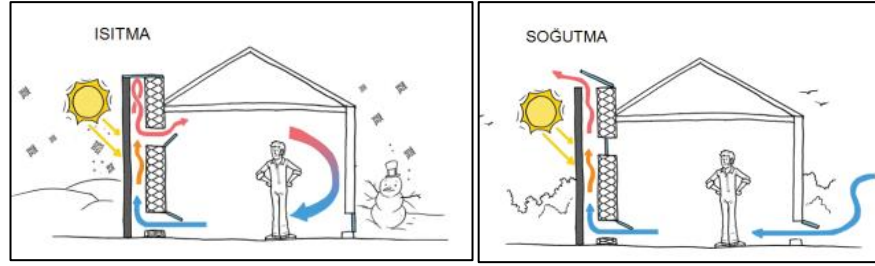


Şekil 5.6: (Bidon) Su Duvarı Çalışma Prensibi (Alparslan 2010)

#### 5.7.1.2.4 Isısal Baca Uygulamaları

Güneş enerjisinden ısısal baca uygulaması ile pasif şekilde yapı içerisinde ısıtma, soğutma ve havalandırma amacıyla yararlanılmaktadır. Bu sistem yapının güney cephesine konumlandırılan çatı yüksekliğindeki bacadan oluşmaktadır. Bacanın dış yüzey malzemesi cam, iç kısmı ise güneş ışınlarını toplama amacı taşıyan koyu renkli metal malzemedir.

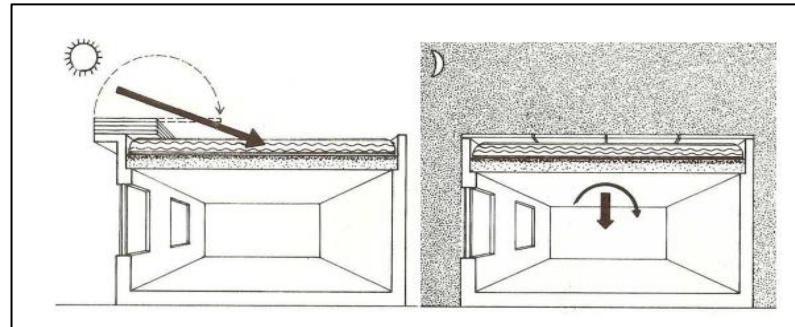
Sistemin yapıyı ısıtması, yapı içerisinde soğuyarak aşağı çöken havanın bacanın alt yüzeyinde bulunan boşluktan bacaya geçiş yapması ve güneş ışınlarının etkisiyle ısınarak yükselen havanın bacanın üst kısmında bulunan boşluktan yapının içerisine alınması şeklindedir. Böylelikle iç mekân ısıtılmaktadır. Yapının soğutma işlemi, baca içerisinde ısınarak yükselen havanın bacanın üstünde bulunan kapaktan dışarı atılması ile olmaktadır. Birbirine paralel şekilde konumlandırılmış duvar ve bacanın alt yüzeyinde açılan boşluklar sayesinde duvarın alt yüzeyinden giriş yapan soğuk hava yapı içerinden geçerek bacaya giriş yapmakta, hava bacada yükselerek dışarı atılmaktadır. Böylece hava sirkülasyonu oluşturularak doğal havalandırma sağlanmaktadır. Rüzgâr hızının az olduğu zamanlarda, bacanın üst kısmına konulan, dönen rüzgâr kepçesi sayesinde havanın dışarı atılması kolaylaşmaktadır (Uslusoy 2012) (Şekil 5.7).



Şekil 5.7: Isısal Baca Uygulamaları (Uslusoy 2012)

### 5.7.1.2.5 Çatı Havuzları

Çatı havuzları, içi su dolu havuz veya plastik torbalar aracılığı ile depolanan güneş enerjisinin yapının tavanından iç mekâna ısı olarak aktarılması yöntemidir. Bu ısı kütellerin üzeri kış aylarında ısı kayıplarını engellemek amacıyla kepenk vb. yalıtım elemanları ile geceleri kapatılmakta, gündüzleri açılarak güneş enerjisi ile yapının ısıtılması sağlanmaktadır. Yaz aylarında ise bu işlemin tersi uygulanmaktadır. Fazla ısıdan korunabilmek için gündüzleri sistemin üzeri kapatılmakta, geceleri ise mekânın soğutulabilmesi amacıyla yalıtım elemanları açılarak mekân serinletilmektedir (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015) (Şekil 5.8).

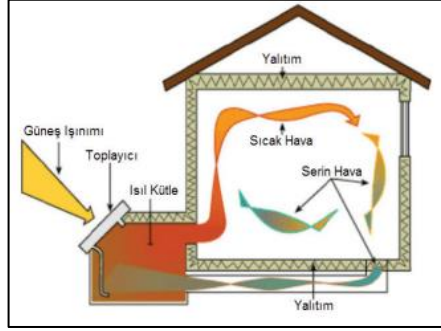


Şekil 5.8: Çatı Havuzu (Alparslan 2010)

### 5.7.1.2.6 Termosifon Sistemler

Termosifon sistemlerde; yapının cephesinden ayrı yerleştirilen, güneş enerjisini doğrudan alan ve toplanan ısıyı yaşama mekânına doğrudan aktaran ısı toplayıcı alan oluşturulmaktadır. Toplayıcı alanının en alt seviyesinde bulunan soğuk

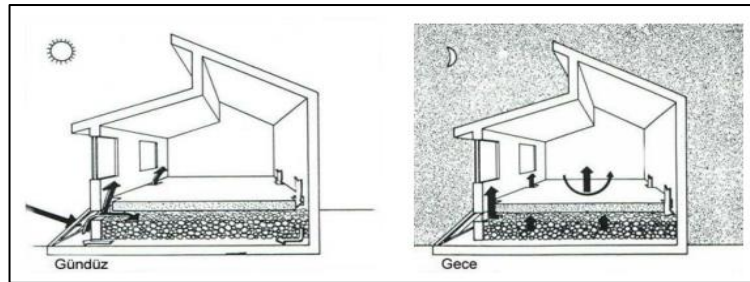
hava ya da akışkan, güneş ışınları ile ısınmakta ve depolayıcı kütleye doğru yükselerek hareket etmektedir. Yükselen sıcak hava veya akışkan, soğuk hava ya da akışkan ile yer değiştirerek sirkülasyonu sağlanmaktadır. Toplayıcı alan, ısı emme özelliği olan koyu renkli metal yüzeylerden ya da ahşap malzemelerden oluşmaktadır. Bu pasif sisteme aktif sistemler de entegre edilebilmektedir (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015) (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: Termosifon Uygulaması (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015)

#### 5.7.1.2.7 Ayrık Açıklıklar

Arazi eğiminden faydalanılarak yapının güney cephesine, yapı seviyesinden daha düşük kote yerleştirilen toplayıcıdan sağlanan ısı ve ısınan havanın yükselme prensibi ile çalışan yöntemden denilmektedir. Bu yöntemde şeffaf yüzeyin arkasına konulan siyah bir metal levhadan oluşan toplayıcıda ısınan hava döşeme altından mekâna aktararak kazanç sağlanmaktadır. Bu yöntemin temelini, ısınan havanın kanallar yardımıyla döşemenin altından geçirilerek döşemenin ısıtılmasından sonra içeriye alınması ve iç mekânda soğuyan havanın tekrar toplayıcıya verilmesi oluşturmaktadır (Alparslan 2010) (Şekil 5.10).



Şekil 5.10: Ayrık Açıklık Uygulaması (Alparslan 2010)

### 5.7.1.2.8 Kaya Zemin Kış Bahçesi

Kış bahçesi desteklenen bu sistemde, kış bahçesinde yakalanan ısınn istenilenden fazla olması durumunda fanlar ile döşeme altında bulunan kayaçlarda depolanmak amacıyla pompalanmasıdır. Geceleri şeffaf alanda ısı kayıplarının engellenmesi ve iç mekânı sıcak tutulabilmesi amacıyla alanının küçültülmesi için havalandırma kapaklarının kapatılması gerekmektedir (Uslusoy 2012).

### 5.7.2 Aktif Sistemler

Aktif güneş enerji sistemleri, güneşten sağlanan enerjinin yapılarda etkin bir biçimde kullanılmasına imkân tanıyan ve bu amaca yönelik üretilmiş sistemleriyle toplanan güneş ışınlarını elektrik ve ısı enerjisine dönüştüren mekanik ve elektronik sistemlerin bütünü şeklinde tanımlanmaktadır (Uslusoy 2012). Aktif güneş sistemleri güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla binaların mekanik donanımlar sayesinde ek ısı depolaması, ısı dağılımının yönetilmesi, yüksek verim sağlayan güneş pilleri ve toplayıcıların kullanılması gibi sistemlerden oluşmaktadır (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015).

Direkt olarak iç mekânın ısıtılması amacıyla kullanılmayan aktif sistemlerde, güneş ışınları toplayıcılar aracılığıyla toplanmakta, toplanan enerji yapının yanında ya da alt kotunda bulunan su depoları veya çakıllı alanlarda depolanmaktadır. Depolanan bu enerji, pompa ve borulara gönderilen sıcak su sayesinde iç mekânları ısıtmaktadır (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015).

Mimaride aktif güneş enerjisi sistemleri: Güneş Enerjisi Toplayıcısı (güneş enerjili ısıtma sistemleri) ve Fotovoltaik Sistemler (elektrik enerjisi üreten sistemler) başlıkları altında incelenmektedir.

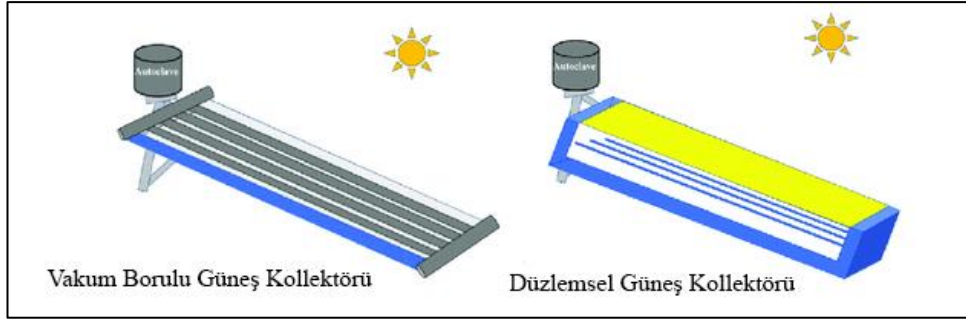
Aktif güneş sistemleri yapılarda cephelere ve çatılara entegre edilerek kullanılmaktadır. Cephede ve çatıda tasarlanan aktif güneş sistemleri ile yapının ihtiyacı olan enerji sağlanmaktadır. Sürdürülebilir yapı anlayışı ile ortaya çıkan enerji etkin yapı ilkeleri ile beraber bütüncül bir tasarım yaklaşımının kabul görmesi, yasal düzenlemeler ve yaptırımlar, bu sistemlerin üretimindeki teknolojik ilerlemeler ile birlikte yapı kabuğu bileşenleriyle bütünleşen uygulamalar giderek artmaktadır. Yapı kabuğu, direkt olarak güneş ışınlarına maruz kaldığı için panellerin yapıda

uygulanmasında en uygun yapı bileşenidir. Bu sistemler özensiz bir biçimde yapıya uygulandığında görsel açıdan hoş olmayan bir etki oluşturabilmektedir. Aktif sistemlerin yapı kabuğuna entegrasyonunda hem yeterli derecede verim alınabilmesi hem de yapı estetiğinde istenmeyen durumların oluşmaması amacıyla bu sistemlerin yapıda bir mimari öge olarak düşünülmesi ve tasarım aşamasında ele alınması gerekmektedir.

### 5.7.2.1 Güneş Kolektörleri

Güneş kolektörleri, güneşten yayılan ışınların toplanması, bir akışkana ısı şeklinde iletilerek yoğunlaştırılması prensibine dayanan, güneş enerjisinden sıcak su elde edilmesini sağlayan sisteme denilmektedir. Bu sistem genellikle konutlarda sıcak su elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Sistemin ulaştığı sıcaklık yaklaşık 70°C dir. Kolektörler, güneş ışınlarından en iyi şekilde yararlanabilmek amacıyla çatıya sabit açıyla yerleştirilmektedir (Uslusoy 2012).

Güneş kolektörleri “düzlemsel güneş kolektörleri”, “vakum borulu kolektörler” ve “yoğunlaştırıcı kolektörler” şeklinde sınıflandırılmaktadır. En yaygın kullanılan kolektör türü düzlemsel kolektörlerdir. Bu kolektörler, direkt gelen güneş ışınlarıyla beraber kırılma ve yansımalarla dağılmış şekilde gelen güneş ışınlarını da toplamaktadır. Yapının güneyine, güneş ışınlarının kollektör yüzeyine dik gelebileceği bir eğim verilerek konumlandırılan kolektörlerin mevsimlere göre ayarlanması gerekmektedir (Özdoğan 2005). Düzlemsel güneş kolektörleri, en üstten alta doğru sırasıyla cam malzemedan oluşan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterli bir boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri kapsayan kasadan oluşmaktadır (Bozdoğan 2003). Düz kolektörlerin cam örtüsünden iletim yoluyla kayıplar olabilmektedir. Vakum borulu kolektörlerin dıştaki şeffaf cam boru ile içindeki siyah boyalı boru arasında vakum oluşturularak bu kayıplar azaltılmıştır. Gelen güneş ışınlarına düzlemsel kollektörlere göre daha etkin bir yüzey alanı oluşturmaktadır. Bu şekilde düz yüzeyli kolektörlere göre daha çok verim sağlanabilmektedir. Vakum borulu kolektörler, sıcak su elde edilmesinde, endüstriyel işletmelerde, yapının ısıtması ve soğutmasında tercih edilmektedir (Özdoğan 2005) (Şekil 5.11).



Şekil 5.11: Düzlemsel ve Vakum Borulu Güneş Kolektörleri

İç bükey aynaya benzeyen yoğunlaştırıcı toplayıcılar ise doğrusal yoğunlaştırıcı parabolik kolektörler, noktasal yoğunlaştırıcı parabolik çanak sistemler ve merkezi alıcı güç kuleli sistemler (Heliostat) gibi farklı parabolik biçimlerde yapılmakta ve yalnızca direkt olarak alınan güneş ışınlarını değerlendirmektedir. Güneş enerjisinin yüksek olduğu bölgelerde düz kolektörler, endüstriyel amaçlarla parabolik kolektörlerin kullanımını giderek artmaktadır (25. URL) (Şekil 5.12).

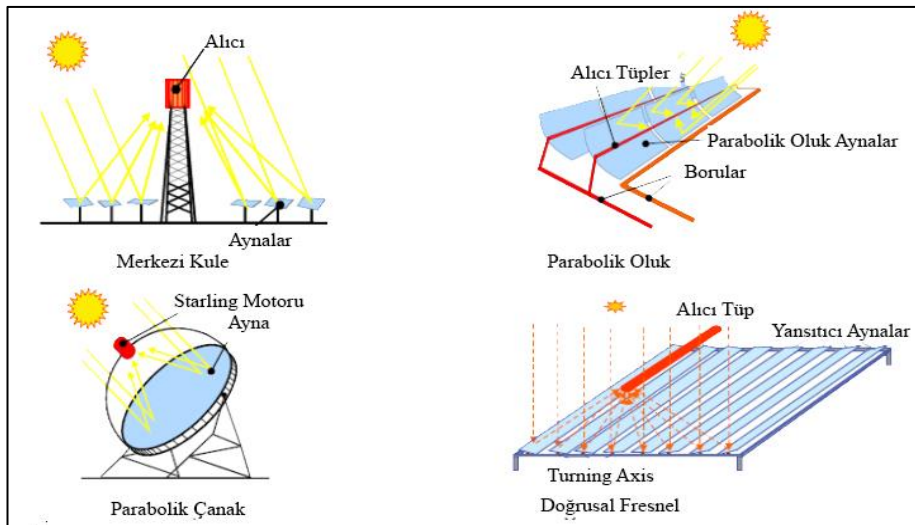
Doğrusal yoğunlaştırma yapan parabolik oluk tipi sistemler, gelen ışınları daha iyi odaklayabilmek amacıyla kesitleri parabolik şekilde tercih edilen doğrusal toplayıcılarıdır. Parabolik oluğun ortasında bulunan büyük yansıtıcı yüzeyleri sayesinde güneş ışınlarını parabolün merkezinde yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklayarak boru içerisinde bulunan akışkanı ısıtmaktadır. Bu şekilde 200-400°C gibi yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılarak elektrik elde edilmektedir. Odakta bulunan boru ile toplanan ısı, elektrik üretimi amacıyla enerji santraline gönderilmektedir. Bu sistemler genellikle güneş ışınlarını bir doğru üzerinde yoğunlaştırdığından dolayı tek boyutlu izleme sistemi yeterli olduğu için kolektörler kuzey-güney ekseninde yerleştirilmekte ve tek yönlü doğu-batı yörüngesini izlemektedir (25. URL, Çetiner 2016) (Şekil 5.12).

Noktasal yoğunlaştırıcı kolektör, güneş ışınlarının iki boyutta izlenmesi sonucu noktasal yoğunlaştırma yapılmasıyla yüksek sıcaklıklar elde edilen sistemlere denilmektedir. Parabolik çanak sistemler ve merkezi alıcı güç kuleli sistemler (heliostat) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Parabolik çanak sistemlerde büyük çukur bir aynanın odağındaki alıcı üstünde toplanan ısıyı hemen arkasında bulunan stirling motoru, mekanik enerji ve sonrasında elektriğe dönüştürmektedir. Bu sistem güneşi iki eksen boyunca takip ettiği için odaklanma oranı yüksektir. Odaktaki alıcı sıcaklığı 250–700°C seviyesine çıkmaktadır. Çanak-stirling motoru birleşimiyle güneş enerjisinden elektrik elde etmede %30 verim sağlanmakta ve noktasal odaklama yapan

bu sistemlerde ısısal kayıp gözlenmemektedir. Su gerektirmeyen ve kurulum maliyeti yüksek olan bu sistemler tek ya da çok sayıda tercih edilebilmektedir (25. URL).

Fresnel aynalı yoğunlaştırıcılar ise parabolik oluklu yoğunlaştırıcılara benzer bir şekilde doğrusal yoğunlaştırma yapmaktadır. Çok sayıda yan yana, güneşi takip eden dar ve düz aynanın orta üst kısmına yerleştirilmiş sabit alıcı boru üstünde doğrudan odaklanarak yansıtma işlemi yapması şeklinde çalışmaktadır. Parabolik oluk kolektör ile kıyaslandığında kurulumu daha ekonomik olan bu sistemde güneş ışınlarını geniş bir alanda toplayarak çalışma sıvısı kullanmadan suyu direkt olarak ısıtmak mümkün olmaktadır. Ancak sistemin verimi düşüktür ve parabolik oluklu kolektörler kadar çok tercih edilmemektedir (25. URL) (Şekil 5.12).

Güneş kulesi sistemi güneş ışınlarını izleyen ve ışınlamı yüksek olan kule ve alıcı üzerine yerleştirilmiş her biri 100 m<sup>2</sup> den büyük çok sayıda aynadan (heliostat) oluşmaktadır. Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek alıcının sürekli olarak güneş almasını sağlamaktadır. Heliostatlar güneş ışınlarını kule üzerinde bulunan alıcıya yansıtarak yoğunlaştırmaktadır. Alıcı içinde ergimiş sıcak gaz, tuz ya da su kullanılmakta ve 500–1000°C sıcaklığa ulaşılmaktadır. Alıcıdan sağlanan bu ısı kulenin hemen dibindeki güç merkezine taşınmakta ve enerji dönüşümü geleneksel yöntemlerle buhar veya gaz türbini tarafından sağlanmaktadır. Henüz yüksek maliyet sebebiyle yaygın olarak uygulanmayan bu sistemlerde, daha fazla verim elde edilmekte ve güneş ışınlamının zayıf olduğu ya da olmadığı zamanlarda elektrik üretmek amacıyla ısı enerji (ısı) depolamak daha kolay olmaktadır (25. URL) (Şekil 5.12).



Şekil 5.12: Yoğunlaştırıcı Kollektörler (Livatyalı 2011)

### 5.7.2.2 Fotovoltaik Sistemler

Photovoltaic terimi, Yunanca “ışık” anlamına gelen photos ile volt sözcüklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Elektronların hareketini anlatmakta kullanılan “volt” sözcüğü pili icat eden İtalyan fizikçi Alessandro Volta’ya dayandırılmaktadır. Bu bağlamda photovoltaic terimi ışıktan elektrik üretimi şeklinde tanımlanmaktadır (Güçlüer 2010).

Fotovoltaik (PV) hücreler güneşten aldığı ışınları direkt olarak elektriğe çevirebilen ömürleri uzun, bakımı kolay, az maliyetli ve hareketli mekanik parçaları olmayan, yarı iletken elektronik sistemlere denilmektedir (Öztürk 2017). PV hücreler, güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine uygun yapıda, elektriksel ve optiksel özellikleri olan yarı iletken malzemeden üretilmektedir. Güneş pillerinde yarı iletken madde üretilen gerilimin şiddetini, yüzeye ulaşan ışık şiddeti ise akım şiddetini etkilemektedir (Öztürk 2017).

Güneş pillerinin çalışma prensibi fotovoltaik etkiye dayanmaktadır. Fotovoltaik etkinin tarihçesine bakıldığında günümüzden 200 yıl öncesinde 1839 senesinde ünlü fizikçi Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Becquerel, elektrolit içerisine daldırılan elektrotlar arasında oluşan gerilimin elektrolit üzerine düşen ışınlarla bağlı olduğunu gözlemlemiştir. 1876 yılında benzer durumu katılarda gözlemleyenler G. W. Adams ve R.E.Day’ dir (Öztürk 2008).

Güneş pillerinde fotovoltaik özelliklere sahip kristal silisyum, amorf silisyum, bakır indiyum, optik yoğunlaştırıcı hücreler, galyumarsenik (GaAs) ve kadmiyum tellur (CdTe) gibi yarı iletken maddeler kullanılmaktadır. Güneş pilleri üretiminde en çok tercih edilen yarı iletken malzeme tek ve çok kristalli silisyumdur (Öztürk 2008). Modern anlamda Amerika’da 1954 yılında Darly Chaplin, Gerald Pearson ve Calvin Fuller silikon PV tasarımlarıyla güneş ışınlarının elektrik enerjisine dönüştürülmesinde bir devrim yaratmışlardır. Amerika Bell Telefon Laboratuvarının faaliyetleri sonucunda ilk başlarda %4, daha sonraki çalışmalarda ise %11 verim ile çalışabilen güneş ışınlarını yeterli düzeyde elektrik enerjisine çevirebilen silikon PV’ler geliştirmişlerdir (Güçlüer 2010).

Bu tarihi gelişmeleri takip eden araştırmalar ve ilk tasarımlar uzay araçlarında uygulanmak amacıyla yapılmıştır. Silisyumlu fotovoltaik hücrelerin elektrik üretiminde teknik olarak ilk kullanımı 1958’da Amerikan Vanguard uydusunda olmuştur. Uydunun kanatlarına bağlanan güneş paneller vasıtasıyla üretilen elektrik



enerjisi ile uydunun kontrol, haberleşme, yönetim sistemlerinin enerjisi sağlanmıştır (Atlım 2019).

Günümüzde küresel anlamda artan enerji ihtiyacı neticesinde fotovoltaik teknolojiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Bu sayede bilim insanları bu teknolojiyi daha ileri aşamalara taşıyabilmek amacıyla çalışmalar yapmaktadır.

### **5.7.2.2.1 Fotovoltaik Hücrelerin Çalışma Prensibi**

Fotovoltaik olay, fotovoltaik bir hücre tarafından güneş ışığının ulaştığı cisimden elektron kopararak elektriğe dönüştürülmesi sırasındaki temel fiziksel işlem olarak tanımlanmaktadır. Fotoelektrik olayını teorem haline getiren ilk kişi ünlü bilim insanı Albert Einstein'dır. Einstein, bu çalışması ile ışığın yalnızca dalga yapısında olmadığını tanecik veya parçacık şeklinde de hareket ettiğini öne sürerek 1921 yılında Nobel ödülünü almıştır. Işık hareketini oluşturan bu parçacık ya da taneciklere foton adı verilmektedir. Güneş ışınları da enerji taşıyan fotonların birleşmesinden meydana gelmektedir (Atlım 2019, Öztürk 2017).

Fotovoltaik sistemlerin çalışma prensibi de fotoelektrik olay ile bağlantılıdır. Güneş enerjisini fotovoltaik hücreler veya güneş pilleri, yüzeylerine ulaşan fotonların yarı geçirgen malzeme olan silikon tarafından emilmesi ile silikonda bulunan elektronların iletkenliğini tetiklemekte ve eşit sayıda pozitif-negatif yükler oluşturarak elektrik enerjisine dönüştürmektedir.

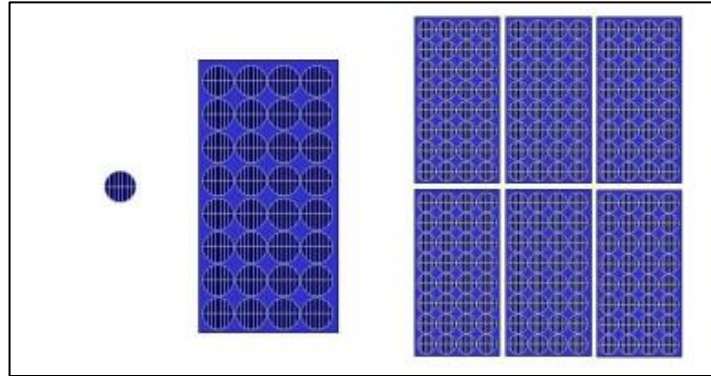
Fotovoltaik hücre yüzeyine gelen fotonların bir bölümü hücre tarafından soğurulurken bir bölümü de yansımaktadır. Kalan fotonlar ise hücre içinden geçmektedir. Fotovoltaik hücrenin soğurduğu fotonlardan elektrik üretilmektedir (Öztürk 2017).

Fotovoltaik sistemler genel anlamda, fotovoltaik hücreler ve bunlardan üretilen doğru akımı (direct current, DC) alternatif akıma (alternative current, AC) eviren elemanlar (invertör) olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Kullanımlarına göre, üretilen elektriğin miktarını ölçen sayaç, PV'den gelen akımı düzenleyerek aküye ileterek akünün tam dolması veya tam boşalmasını engelleyen şarj denetim birimleri, üretilen

elektriği depolayan akü, elektrik panosu, şarj regülatörü, gibi elemanlar da sisteme dâhil edilmektedir (Çelik ve Ünver 2015).

#### 5.7.2.2 Fotovoltaik Hücre Özellikleri Panel ve Dizi

Fotovoltaik hücre güneş ışınımını elektriğe dönüştürebilen en temel fotovoltaik elemana denilmektedir. PV hücrelerin yüzey alanı 60-160 cm<sup>2</sup>, kalınlığı 0,2-0,4 mm aralığında, şekilleri ise dikdörtgen, kare ve daire biçiminde üretilmektedir. Güç çıkışını yükseltmek amacıyla çok sayıda PV hücrenin seri veya paralel bağlanmasıyla fotovoltaik modülleri, modüller panelleri, paneller ise birleşerek solar PV dizilerini oluşurmaktadır (Uslusoy 2012) (şekil 5.13).



şekil 5.13: PV Modül, Panel, Dizi (Atlım 2019)

Fotovoltaik hücre çeşitleri kristal yapılı silisyum ve ince film olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kristal yapıda olan hücreler monokristal ve polikristal hücrelerdir; ince film hücreler ise bakır indiyum, amorf silisyum ve kadmiyum tellür hücrelerdir (Atlım 2019).

PV hücrenin yapısı, güneşlenme zamanı, güneş ışınlarının yoğunluğu, ışınların geliş açısı, hava sıcaklığı gibi çeşitli değişkenlere bağlı olarak sistem %5-%20 verim aralığında çalışmaktadır.

PV hücreleri üretim teknolojilerine göre birinci nesil, ikinci nesil ve üçüncü nesil fotovoltaik olmak üzere üç kategoride incelemek mümkündür. Birinci nesil fotovoltaik olarak adlandırılan kristal silisyumdan oluşan metal tabanlı güneş hücreleridir. Güneş ışınlarını soğurma oranı düşük olmasına rağmen verimleri %12-16 aralığında olması nedeniyle üreticiler tarafından çok tercih edilmektedir. Mono-

kristal, poli-kristal PV paneller olmak üzere ikiye ayrılmakta ve bu türler mimaride yaygın olarak kullanılmaktadır. Mono-kristal panellerden %15-20 aralığında verim elde edilmektedir. Poli-kristal maliyeti ve verim değeri monokristal PV'ye göre daha düşüktür. Yaklaşık %12-15 aralığında verim elde edilmektedir. İkinci nesil PV teknolojileri ise ince film hücreleridir. Bu nesil 1-2 mikrometre kalınlığındaki tabakaların üzerine amorphous, cadmium tellureide, bakır indium, galyum, diselenyum gibi yarı iletken malzeme uygulanarak yapılan fotovoltaik üretim teknolojisi olarak tanımlanabilir. İkinci nesil teknolojilerde PV üretimindeki maliyeti düşürmek için daha az malzeme kullanımı ve seri üretim süreci hedeflenmiştir. Ayrıca ince film hücreleri kıvrımlı ve eğimli yüzeyler oluşturabilmek için esnek tasarım yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu panellerin verimlilik oranları birinci nesile göre daha düşüktür. Verimlilikleri yaklaşık %7-14 arasındadır. Üçüncü nesil PV teknolojisi araştırmalara devam edilen, geliştirme aşamasında olan teknolojilerdir. Yüksek verim almak amaçlanmakta ve üretime geçilmesi halinde enerji konusunda büyük atılım yaratması beklenmektedir. En çok geliştirilen sistemler concentrated PV cells (yoğunlaştırılmış PV) ve dye sensitized solar cells (boya duyarlı hücreler)'dir. Bunların dışında NanoPV, organik cells (organik güneş pili) ve copper zinc tin sulfide (bakır çinko kalay sülfid ) bulunmaktadır (Uslusoy 2012, 26. URL).

Birinci nesil ve ikinci nesil hücrelerin birlikte kullanılması ile hibrit (HIT) hücreler elde edilmektedir. HIT güneş hücreleri konvansiyonel birinci nesil kristal ve ikinci nesil ince film PV teknolojilerinin kombinasyonundan oluşmaktadır. HIT terimi bu melez hücrelerin yapısını tanımlamaktadır. Kristal hücreler ile kıyaslandığında HIT hücrelerinin maliyeti daha düşük ve yüksek sıcaklık derecelerinde verimi daha yüksek olmaktadır (27. URL).

Güneş pilleri ile binalarda iklimlendirme ve aydınlatma başta olmak üzere birçok sistemin enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Bununla beraber haberleşme, şebekeden uzak çiftlikler, kırsal alanlar, tarımda sulama, su pompalama, hesap makineleri ve genel aydınlatma amaçlı olmak üzere kullanım alanı geniş sistemlerdir. Teknolojik gelişmeler neticesinde 1981 yılından itibaren mimaride cephe ve çatılarda uygulanmaya başlanmıştır (Uslusoy 2012).

### 5.7.2.2.3 PV Modül Verimliliğini Etkileyen Faktörler

Modüllerden yüksek verim alınabilmesi amacıyla yönlendirme önem arz etmektedir. En yüksek verimin alınacağı cephe ise güney cephelerdir. Paneller, dinamik bir strüktür üzerinde tasarlandığında güneş ışığını takip ederek günün her saatinde yüksek verim sağlayabilmektedir. Panellerin aşırı ısınması sonucunda performansları her 10°C sıcaklık artışında %1 düşmektedir. Panelin arka yüzeyinden havalandırılması ile bu problem çözülmektedir. Panellerin yüzeyinin kirlenmesi nedeniyle yapılan incelemeler sonucunda verim yaklaşık %3.5 oranında düşmektedir. Bu sorunun çözümü için kullanılan yüzeyin temizlenebilir olması gerekmektedir. PV panellerin verimini etkileyen bir diğer durum ise panellerin çevresel etkenlerden dolayı (yüksek binalar, ağaç dalları, çatıda bulunan bacalar vb.) gölgede kalmasıdır. PV modülün bulunduğu güney cephesinde gölge oluşturacak bir engel bulunmamalıdır. PV hücrelere güneş ışınlarının tamamı soğurulmakta, ışınların bir kısmı soğurulurken kalan kısmı ise ortama yansiyarak kayıplar oluşturmaktadır. Fotovoltaik hücrelerde en düşük yansıma kaybı oluşturan malzemeler tercih edilmelidir. Bu problemi azaltmak amacıyla hücre yüzeyleri anti-yansıtıcı maddelerle kaplanmakta ve bu şekilde hücre dış etkilerden de korunmaktadır (Sayın ve Koç 2011).

### 5.7.2.2.4 Fotovoltaik Sistemlerin Mimariye Entegre Edilmesi

Günümüzde, enerjinin büyük bir bölümünün yapılar tarafından kullanılması ve sürdürülebilir mimarlığın giderek önem arz etmesiyle, konfor düzeyi korunarak yapıların enerjilerini kendileri üretmeleri ve sıfır atık prensibiyle doğaya zarar vermeden kaynakların gelecek nesillere aktarılması hedeflenmektedir. Günümüzde enerji verimli yapı tasarımında temel koşullardan birisi disiplinlerarası çalışmalardır. Fotovoltaik sistemler ve mimari arasındaki bağlam yapıların tasarım sürecini etkilemektedir. Yapı mimarisi ile bütünleşebilecek şekilde tasarlanan cephe ve çatılara yerleştirilen güneş enerjisi sistemleri sayesinde yenilenebilir enerji elde edilerek, bu enerji yapıda kullanılmaktadır.

Fotovoltaik modüllerin yapı ile bütünleşik tasarlanmasının diğer aktif uygulamalardan farkı yapı ile entegrasyonunun tasarım aşaması ile birlikte oluşmasıdır. PV modüller çatı, giriş saçağı, bina dış kabuğu, güneş kırıcı vb. şekillerde

yapıya dâhil olmaktadır. Bu şekilde yapı kendi enerjisini üretmekle birlikte hem tasarımda bütünlük sağlanmakta hem de istenmeyen görüntüler engellenmektedir. PV sistemlerin kullanım şekilleri:

- Açık alanlarda kurulan sistemler,
- Yapıya monte edilen sistemler,
- Yapıya entegre edilen PV'ler olmak üzere 3 bölümde incelenmektedir (Çelik 2002).

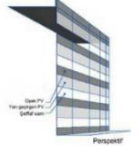

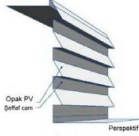
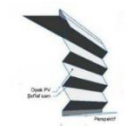
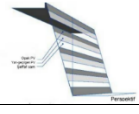
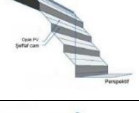
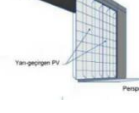
Açık alanlarda kurulan PV panellerle istenilen yönlendirme ile verim elde edilebilmektedir. Olumsuz tarafı kurulum, bakım ve arsa maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Yapıya monte edilebilen sistemler basit strüktürlerle yapının çatısına ya da cephesine monte edilen mevcut bir yapıya sonradan eklenen sistemlerdir. Bu sistemin olumsuzlukları yapının yönlendirilişine bağlı kalması, yalıtım ihtiyaçları ve mekanik sistemlere bağlanmasının getirdiği sorunlar olabilmektedir. Yapıya entegre edilen sistemler, tasarım aşamasında yapı ile bütünleştirilen sisteme denilmektedir. Bu sistemin avantajları PV'lerin yapı elemanı olarak kullanılması ile malzemeden tasarruf edilmesi, strüktür ve montaj maliyetlerinin az olmasıdır (Çelik ve Ünver 2015).

#### **5.7.2.2.5 Fotovoltaik Panellerin Yapı Kabuğuna Entegrasyonu**

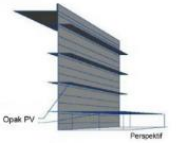
Bir yapı elemanı olan kabuk, mimarların fikirlerini yansıttığı yapı yüzeyinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Dış ile iç mekân arasında arayüz oluşturarak ayırıcı görev üstlenmektedir. Yapıda konfor şartlarını oluşturan iç mekânları oluşturması gibi birçok işlevi bulunmaktadır. Bu işlevlerine ek olarak günümüzde geleneksel kabuk elemanları yerine PV modüller tercih edilerek hem bir kabuğun görevi yerine getirilmekte hem de yapı kabuğu güneş ışınlarından enerji üretebilmektedir.

PV panellerin cephede kullanımlarında çatı bileşeni olarak kullanımına göre daha karmaşık detaylar gerekmektedir. Cepheye entegrasayonda; estetik özellikler gözetilerek modül boyutları, ısı ve su yalıtımı, elektrik sistemlerine getirecek yüklerin hesaplanması, maliyet, gölge faktörü, PV yüzeylerinin temizlenebilir olması ve sistemin verimi korumaya yönelik kararlar tasarım aşamasında verilmektedir (Tablo 5.12, 5.13) (Sayın ve Koç 2011).

**Tablo 5.12:** Cephede PV Panel Kullanımı (Çelebi 2002, Sayın ve Koç 2011, Uslusoy 2012)

<b>Düzlemsel Perde Duvar</b>	Cam giydirme cephelerle benzer strüktüre sahiptir. Bu nedenle strüktür için ek maliyet gerektirmemektedir. PV modüller metal ızgaraya bağlanarak modül yükleri yapının taşıyıcı sistemine aktarılmaktadır.	
<b>Düşeyde Kırıklı Perde Duvar</b>	Kırıklı cephe tasarımından dolayı ek bir taşıyıcı strüktürün maliyeti düzlemsel cephelere göre daha fazla olmaktadır. Doğru yönlendirme ile PV modüllerden yüksek performans elde edilebilmektedir.	
<b>Yatayda Kırıklı Perde Duvar</b>	PV yüzeyi güneş ışınlarını dik ya da açılı şekilde alabildiği için daha yüksek performanslar elde edilmektedir. Ayrıca pasif şekilde gölgeleme ve güneş kontrolü sağlaması olumlu yönleri arasındadır. Bu cephe tasarımı ek taşıyıcı strüktür masrafi gerektirmektedir. Ayrıca temizlenme işlemi zordur.	
<b>Akordeon Perde Duvar</b>	Cephe tasarımı karmaşık bir taşıyıcı sistem çözümü gerektirmektedir. Bu nedenle maliyeti fazladır. Panellerin eğim açısı güneş ışınının geldiği yöne göre ayarlanabildiği için yüksek performans elde edilmektedir. Temizliği dışarıdan çözümlenmektedir. Sistemin performansı düşey düzlemsel duvarlardan daha yüksektir.	
<b>Eğimli Düzlemsel Perde Duvar</b>	Eğik düzlemde tasarlanan perde duvar sisteminde 40-60° açılarda en yüksek PV performansı sağlanmaktadır. PV paneller ile geçirgen ya da seçici cam yüzeyler ile birlikte etkin bir sistem oluşturulmaktadır.	
<b>Eğimli Kırıklı Perde Duvar</b>	Kırıklı yapısı sebebiyle taşıyıcı sistemde ek maliyet doğurmaktadır. Eğimli yüzeylerde PV panel, dik yüzeylerde ise ışık geçirgen cam kullanılarak ışın yönetimi sağlanmaktadır. Yaz aylarında daha etkindir. Eğimli düzlemsel duvar ile benzer performans değerlerine sahiptir.	
<b>Taşıyıcı Cam Cepheler</b>	Cephe taşıyıcı özelliğindedir. Strüktür aralıklarına cam yüzeyler ile birlikte PV modüller yerleştirilmektedir.	

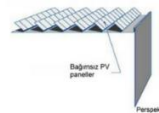
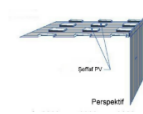
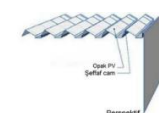
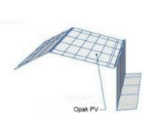
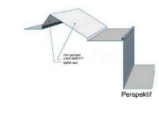
**Tablo 5.13:** Mevcut Cepheye Entegre PV Paneller (Çelebi 2002)

<b>Güneş Kırıcı Olarak Kullanımı</b>	Güneş kırıcılar iç mekana giren gün ışığı kontrolünü sağladığı ve enerjiyi toplamak amacıyla geniş şeffaf, havalanabilir, eğimli alanlar oluşturduğu için verimli bir uygulama olarak görülmektedir. Güneş kırıcı sistemleri cephe güneşe yönelmiş ise yatay, batıya yönelmiş ise düşey biçimde tasarlanmaktadır. Yapıya sonradan eklenecek güneş kırıcı paneller için ek konstrüksiyon maliyeti gerekmektedir.	
<b>Yağmur Perdesi Olarak Kullanımı</b>	Taşıyıcı ızgaraya fotovoltaik panellerin eklenmesiyle oluşmaktadır. Yağmur perdesi enerji üretmesinin yanında yapı kabuğunu atmosferik etkilerden korumaktadır. Özel olarak su yalıtımına gerek yoktur. Ayrıca kabuk ile arada oluşturulan boşlukta havalandırma sayesinde PV modüllerin açığa çıkardığı ısı düşürülerek performansları artmaktadır.	

### 5.7.2.2.6 Çatı Bileşeni Olarak Kullanımı

PV paneller çatılarda; mevcutta olan çatının üzerine monte edilerek uygulanabileceği gibi, direkt çatıyı oluşturan yapı elemanı olarak da kullanılabilir. PV panellerin çatıda uygulama yöntemleri Tablo 5.14'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.14:** PV Panellerin Çatıda uygulama Yöntemleri (Sayın ve Koç 2011)

<b>Düz Çatılarda Bağımsız Pv Modül Kullanımı</b>	Bu uygulamada PV modüller yapı kabuğundan bağımsızdır, bu sistem uygulama açısından en kolay sistemdir ve istenildiği zaman sökülüp yeniden takılabilir. Doğru eğim yakalandığında maksimum verim sağlamaktadır. Ancak çatıda bulunan diğer elemanların gölge oluşturmamasına dikkat edilmelidir.	
<b>Düz Çatı Işıklığı Şeklinde Kullanımı</b>	PV modüller, çatı elemanı olarak yapıya entegre edilmektedir ve iç mekanda doğal aydınlatma olanağı da sağlamaktadır. Verimi yükseltmek amacıyla yatayda eğimli olarak da tasarlanmaktadır. Bu sistem için su yalıtımının ve kış ayları için uygun kar yükü hesaplarının yapılması gerekmektedir.	
<b>Yatayda Kırıklı Çatı Işıklığı</b>	Bu uygulamalar genelde büyük çatı alanlarına sahip yapılarda uygulanmaktadır. Bu sistemin eğim oranı tasarım aşamasında maksimum verim sağlayacak şekilde belirlenmektedir. Bu sistem çatıya entegre edilerek yapı içerisine doğal aydınlatma sağlamaktadır.	
<b>Eğimli Çatı Şeklinde Kullanımı</b>	Eğimli çatı şeklinde kullanımı çatının strüktürüne entegre edildiği için çatı kaplaması uygulamasından farklıdır. Bu sistemde PV modüllerin altına su yalıtımı ve kış aylarında uygun kar yükü hesaplarının yapılmasına dikkat edilmelidir.	
<b>Atriumlu Mekanlar</b>	AVM ve otellerde sıkça tercih edilen atrium alanlarının üstünün cam yerine PV panellerle kaplanması uygulamasıdır. Bu sistem hem doğal aydınlatma hem de yapı için enerji üretilmesini sağlamaktadır. Yalıtım ve uygun kar yükü hesaplarının yapılması gerekmektedir.	

## **6. ALAN ÇALIŞMASI: ENERJİ VE ATMOSFER BAŞLIĞI ALTINDA LEED SERTİFİKALI YEŞİL BİNA ÖRNEĞİNİ ENERJİ PERFORMANSI BAĞLAMINDA İNCELEME**

Tezin alan çalışmasında örnek yapı olarak; 2020 yılında Tekfen İnşaat'ın Adana ili Ceyhan ilçesinde bulunan Güney Anadolu Ana Tamir Bakım Tesisi (GAT) bünyesinde hizmete giren FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısı seçilmiştir. Merkez adını Tekfen Holding'in üç kurucu ortağı Feyyaz Berker, Nihat Gökyiğit ve Necati Akçağlılar'ın isimlerinin baş harfleri ile 1956 yılında Ankara'da kurdukları "FNN Mühendislik Müşavirlik" şirketinden almıştır.

### **6.1 Alan Araştırma Çalışmasının Amacı ve Kapsamı**

#### **6.1.1 Amaç**

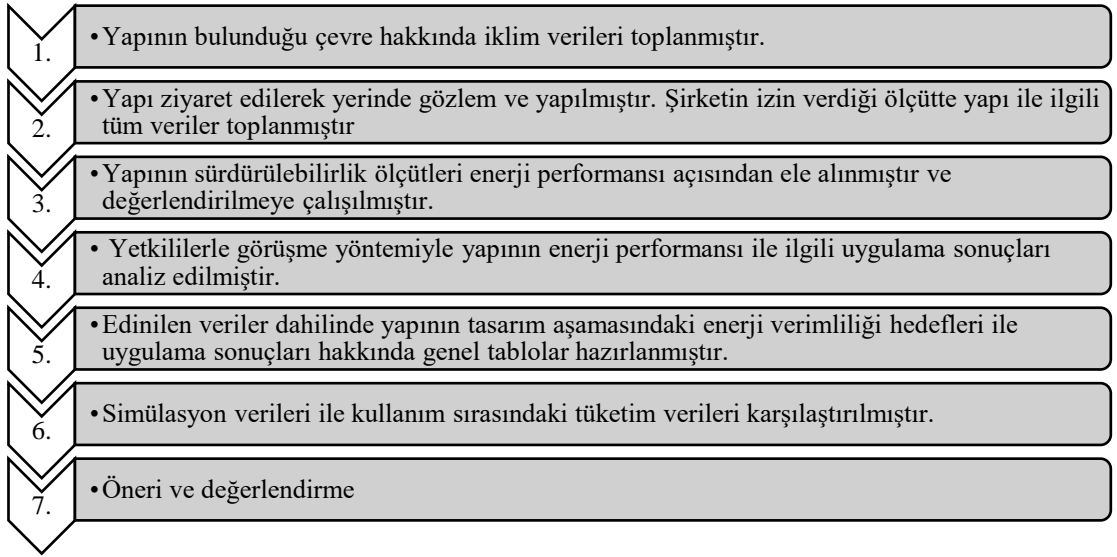
Bu çalışmanın amacı LEED sertifikalandırma sistemi ile tasarlanmış, bünyesinde arşiv, ofis, toplantı salonu, konferans salonu ve şirketin tarihini açıklayan sergi ve müze alanı gibi birçok farklı fonksiyonu aynı çatı altında buluşturan mevcuttaki bir yapının sertifikalandırılmasını ve "LEED Enerji Atmosfer" başlığı bağlamında enerji verimliliğini nasıl sağladığı hakkında yerinde yetkililerle görüşme ve gözlemlene yollarıyla analiz etmektir. Bir diğer amaç ise tasarım aşamasındaki enerji verimliliği hedefleri ve kullanım aşamasındaki performans verilerini değerlendirmek ve çeşitli öneriler getirmeye çalışmaktır.

#### **6.1.2 Kapsam ve Yöntem**

Tezin alan çalışması aşamaları Şekil 6.1'de gösterildiği gibi ele alınmaktadır. Araştırmanın ilk aşamasında yapının konumu, çevre ve iklimi hakkında veriler toplanmıştır. İkinci aşamaya geçildiğinde yapı ziyaret edilerek yerinde gözlemlenmiş ve yetkili kişilerle görüşülerek şirketin izin verdiği ölçüde yapı ile ilgili tüm veriler toplanmaya çalışılmıştır. Bu aşamada yapı tanıtılmış, LEED sertifikası bağlamında



değerlendirilmiştir. Enerji performansı ile ilgili sistemler, kullanılan malzemeler, simülasyon verileri ve yıllık enerji tüketimi miktarları ile ilgili veriler toplanmıştır. Üçüncü aşamada yapının sürdürülebilirlik özellikleri hakkında analizler yapılmıştır. Dördüncü aşamada yapı hakkında toplanan veriler üzerinden yetkililerle görüşülmüş ve uygulama sonuçları analiz edilmiştir. Beşinci aşamada toplanan veriler ve analizler ışığında yapının enerji sistemleri ve uygulama sonuçları hakkında tablolar hazırlanmıştır. Altıncı aşamada enerji modellemesinde bulunan simülasyon verileri ile kullanım aşamasında elde edilen tüketim verileri karşılaştırılacaktır. Son aşamada ise yapıda enerji performansı ile ilgili uygulanan sistemlere yönelik değerlendirme ve önerilerde bulunulacaktır.



Şekil 6.1: Kapsam ve Yöntem Aşamalar

## 6.2 Verilerin Toplanması

Tezin bu bölümünde FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin alan çalışması ile ilgili verileri toplanmaya çalışılmıştır. İlk olarak yapı ziyaret edilmiştir. Ziyaret aşamasında Tekfen İnşaat Tesis Müdürü Abdullah AY'ın izinleri ile SEÇ ve Kalite Şefi Serenay KARLIDAĞ tarafından gezilerek şirket ve yapı hakkında ön bilgiler gözlem ve fotoğraflama yöntemleri ile elde edilmiştir. Daha sonra yapıya ait proje künyesi, mimari proje, mekanik-elektrik proje, kullanılan ekipman ve malzeme verilerine yapının arşiv bölümünde çalışan Sakine TEMUÇİN'den ulaşılmıştır. Yapının LEED hedefleri, enerji modellemesi simülasyon verilerine, yapının

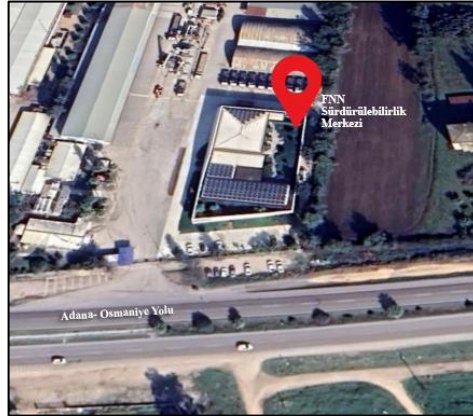
sertifikalandırma işleminin yürütüldüğü Altensis firmasından ulaşılmıştır. Yapı ile ilgili diğer veriler ise kaynak olarak belirtilen internet, dergi ve makalelerden elde edilmiştir. Yapının bulunduğu konum yerleşim verileri Google Earth uygulamasından; iklim verileri Devlet Meteoroloji İşleri resmi sitesinden alınmıştır.

### 6.3 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Tanıtılması



Şekil 6.2: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Google Earth Görünümü

#### 6.3.1 Yerleşim ve İklim Verileri



Şekil 6.3: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Google Earth Konumu

FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısı, Adana ilinin Ceyhan ilçesi Adana-Osmaniye yolu yanında bulunan Tekfen İnşaat Güney Anadolu Tamir Atölyesi (GAT) içerisinde konumlanmıştır (Şekil 6.2, 6.3). Yapı, haftanın 5 iş günü günlük 9 saat olmak üzere haftada 45 saat, ayda 180 saat kullanılmaktadır.

Adana ili, Akdeniz iklim özelliklerini göstermektedir. Akdeniz ikliminde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. En soğuk ay ortalaması 9.5°C ocak, en sıcak ay ise ortalama 34°C ağustostur. Ortalama sıcaklık ise 19.2°C'dir. Bölgede yıl içerisinde ortalama 75 gün yağışlı geçmektedir. Meydana gelen yağışlar, genellikle yamaç yağışları ve cephesel yağış şeklinde olmaktadır. En fazla yağış %51 oranında kış aylarında geçmektedir. Ortalama yağış miktarı 668.7 mm dir. Bulunduğu enlem ve iklim nedeniyle ısınan hava, birikerek ağırlaşmaktadır. Ağırlaşan hava yükselememekte ve doyum noktasına ulaşamamaktadır. Bu nedenle bölgede yazın nem yüklü sıcak bir hava görülmektedir. Ortalama nisbi nem % 66 'dır, yazın % 90'ın üzerine çıkmaktadır. Adana ilinde yılın 195.6 günü yaz mevsimi yaşanmaktadır ve bu günlerin 134.4'ü de tropik gün şeklinde geçmektedir. Ortalama en yüksek güneşlenme miktarı haziran, temmuz ve ağustos aylarında yaşanmaktadır(28. URL) (Tablo 6.1, 6.2).

**Tablo 6.1:** Meteoroloji Müdürlüğü Adana İli 1929-2021 Yılları Arasındaki İklim Verileri

<i>ADANA</i>	<i>Ortalama Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ortalama En Yüksek Sıcaklık</i>	<i>Ortalama En Düşük Sıcaklık</i>	<i>Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)</i>	<i>Ortalama Yağışlı Gün Sayısı</i>	<i>Aylık Toplam Yağış Miktarı Sayısı (mm)</i>
<i>Ocak</i>	9.5	14.8	5.2	4.5	11.0	111.8
<i>Şubat</i>	10.6	16.2	6	5.3	8.92	89.0
<i>Mart</i>	13.5	19.5	8.3	6.0	9.46	65.1
<i>Nisan</i>	17.5	23.7	11.9	7.1	7.08	51.5
<i>Mayıs</i>	21.8	28.3	15.8	9.1	6.69	48.6
<i>Haziran</i>	25.6	31.7	19.8	10.5	2.92	22.0
<i>Temmuz</i>	28.2	33.9	23.0	10.7	1.92	10.3
<i>Ağustos</i>	28.7	34.7	23.4	10.2	1.77	9.5
<i>Eylül</i>	26.1	33.1	20.2	9.0	3.08	19.5
<i>Ekim</i>	21.7	29.1	15.8	7.3	5.38	43.2
<i>Kasım</i>	15.9	22.6	10.8	5.8	6.46	70.9
<i>Aralık</i>	11.2	16.8	6.9	4.3	11.15	127.3
<i>Yıllık</i>	19.2	25.4	13.9	7.5	75.8	668.7

**Tablo 6.2:** Meteoroloji Müdürlüğü Adana İli 1929-2021 Yılları Arasındaki En Yüksek ve Düşük Sıcaklık Değerleri

<i>Aylar</i>	<i>En Yüksek Sıcaklık</i>	<i>En Düşük Sıcaklık</i>
<i>Ocak</i>	26.5	-8.1
<i>Şubat</i>	28.5	-6.6
<i>Mart</i>	32.0	-4.9
<i>Nisan</i>	37.5	-1.3
<i>Mayıs</i>	41.3	5.6
<i>Haziran</i>	42.8	9.2
<i>Temmuz</i>	44.4	13.2
<i>Ağustos</i>	45.6	14.8
<i>Eylül</i>	45.1	9.3
<i>Ekim</i>	41.5	3.5
<i>Kasım</i>	34.3	-4.3
<i>Aralık</i>	30.8	-4.4
<i>Yıllık</i>	45.6	-8.1

### 6.3.2 Projenin Künyesi

**Tablo 6.3:** Projenin Künyesi

<i>Yapının Adı</i>	FNN Sürdürülebilirlik Merkezi
<i>Konumlandığı Bölge</i>	Adana-Ceyhan
<i>Proje Tipi</i>	Ofis, Müze
<i>Proje Tipi Grubu</i>	Ticari
<i>İşveren</i>	Tekfen İnşaat
<i>Ana Yüklenici</i>	Yoo Mimarlık
<i>Proje Başlangıç Yılı</i>	2017
<i>Proje Bitiş Yılı</i>	2019
<i>İnşaat Başlangıç Yılı</i>	2019
<i>İnşaat Bitiş Yılı</i>	2020
<i>Mimari Mesleki Kontrollük</i>	Acararch
<i>Statik Projesi</i>	İntaç Mühendislik
<i>Mekanik Projesi</i>	Metasarım Proje Mühendislik
<i>Elektrik Projesi</i>	Zenith Proje Mühendislik
<i>Çelik Projesi:</i>	İntaç Mühendislik
<i>Yangın Tahliye Projesi</i>	YAN-MA-DAN
<i>Arsa Alanı</i>	58.882 m <sup>2</sup>
<i>Toplam İnşaat Alanı</i>	1948 m <sup>2</sup>
<i>Kapalı Alanı</i>	2.775 m <sup>2</sup>
<i>Sertifika Düzeyi</i>	LEED Platinum
<i>Sertifika Tarihi</i>	28 Kasım 2020

### 6.3.3 Mimari Proje

GAT, oldukça işlek olan Adana-Osmaniye yolunun hemen kenarında bulunmaktadır. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi ise tesisin hemen girişinde, otoyola komşu olarak konumlandırılmıştır. Yapının strüktüründe çelik ve betonarme elemanlar birlikte kullanılmıştır. GAT içerisinde Tekfen İnşaat'ın en büyük çelik imalat atölyesi bulunmaktadır. Bu nedenle yapının taşıyıcı sistemini oluşturan çelik, yapının tasarımında ön planda tutulmuştur. Yapının çelik imalatı tesis içerisindeki çelik imalat atölyesinde gerçekleştirilmiştir. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi, Adana Osmaniye yolu ve tesis içerisinde bulunan işlek atölyeler arasında bir yandan kapalı bir strüktür oluştururken diğer yandan yoldan geçenler için merak duygusu uyandırmakta ve kendisine davet etmektedir. Yapı yönetmeliklere uygun şekilde zemin + 1 kat şeklinde tasarlanmıştır.

Yapının içerisindeki mahallere baktığımızda zemin kat planında, 100 kişilik konferans salonu, şirketin tarihinin gözlemlenebileceği sergi ve müze alanı ile ofisler yer almaktadır. Karşılama, ofis ve müze alanı açık plan şeklinde tasarlanmış, etkileşim halinde olan mekânların birbiri arasında aktığı, dışa dönük çelik strüktür olarak inşa edilmiştir. Bu bölümde yapı, içerisini gösteren cam cephelerle desteklenen mekânlar şeklinde kurgulanmıştır. Arşiv bölümü ise kendi içine kapalı bir duruş sergileyen betonarme bir yapı olarak inşa edilmiştir. Tamamen dışa dönük şekilde tasarlanan müzenin ve yer yer kendi içine kapalı, yer yer açık bir hacimler şeklinde tasarlanan ofislerin ve tamamen kendi içine kapalı olan arşiv bölümünün tek bir yapı içerisinde nasıl bir bütün oluşturduğu tasarımın ana çıkış noktasını oluşturmaktadır. Fuaye alanı açık ve kapalı fonksiyonlar için ortak geçiş alanı olmuştur. İç mekânın merkezinde doğal ışık ve aydınlatma ayrıca konforlu bir çalışma ortamı sağlayabilmek amacıyla iç bahçe ve bina çeperine yan bahçe bulunmaktadır. İç ve yan bahçelerde havuzlar yer almaktadır. Bu sayede ofis çalışanları için dinlenme ve nefes alma mekânları oluşturulmuştur (Şekil 6.4).

Birinci kat planında ofisler, toplantı salonu, mutfak ve hem üst kattaki ofislerin dinlenme alanı olarak hem de gerektiğinde kutlama ve davetler için toplantı salonu şeklinde kurgulanmış çok amaçlı çatı bahçesi bulunmaktadır. Yine çatıda yapının enerjisininin büyük bir bölümünü karşılayan fotovoltaiik paneller bulunmaktadır. Farklı fonksiyonları barındıran yapı dışarıdan tamamen beyaz, yarı geçirgen ve

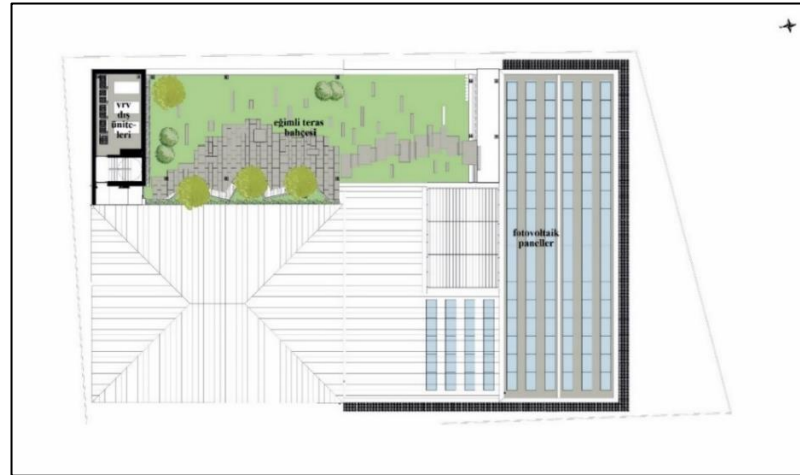
dinamik tasarımlı kabuktan oluşmaktadır. Kabuk dinamik yapısı ile yapıya uzaklaşıp yaklaşması, yükselip, alçalması ile cephe-kabuk ara kesitinde bahçe ve ortak alanlar oluşturmaktadır (Şekil 6.5, 6.6).



Şekil 6.4: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Zemin Kat Planı



Şekil 6.5: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi 1. Kat Planı



Şekil 6.6: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatı Katı Planı

### 6.3.4 Yapının LEED Performans Kategorilerine Göre Hedef ve Puanları

Bu alt başlıkta, 28 Kasım 2020 tarihinde LEED v4 BD+C sertifika türünde Platin düzeyinde sertifikalandırılan FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısının, LEED değerlendirme sisteminde bulunan değerlendirme ölçütleri kapsamında yapıdaki uygulamalar üzerinde durulmuştur. Sistemde bulunan her bir kategoriden kaç puan olarak LEED Platinum Sertifikası düzeyine ulaştığı analiz edilmiştir.

#### 6.3.4.1 Sürdürülebilir Arazi Kategorisi

**Tablo 6.4:** Sürdürülebilir Arazi Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

<i>Ön Şart 1:</i>	<i>İnşaat Faaliyet Kirliliklerinin Önlenmesi</i>	0 / 0
<i>Kredi 1:</i>	<i>Alan Değerlendirmesi</i>	1 / 1
<i>Kredi 2:</i>	<i>Arazi gelişimi – Doğal Yaşam Alanı Koruması ve Düzenlenmesi</i>	2 / 2
<i>Kredi 3:</i>	<i>Açık Alanlar</i>	1 / 1
<i>Kredi 4:</i>	<i>Yağmur Suyu yönetimi</i>	3 / 3
<i>Kredi 5:</i>	<i>Isı Adası Etkisinin Azaltılması</i>	2 / 2
<i>Kredi 6:</i>	<i>Işık Kirliliğinin Azaltılması</i>	1 / 1

Yapı Sürdürülebilir arazi kategorisinde 10 tam puan almıştır (Tablo 6.4). Bu kategori bağlamında yapıda kullanılan inşaat malzemelerinde sürdürülebilir ve çevre dostu nitelikte olan malzemeler tercih edilmiştir. Yapının taşıyıcı sisteminin ve kabuğunun büyük bir bölümünü çelik oluşturmaktadır. Strüktürde kullanılan bu çelik malzeme tesiste bulunan imalat atölyesinde üretilmiştir. Bu nedenle nakliye sırasında oluşan karbon emisyonu azaltılmıştır. Yapının inşaatı sürecinde ortaya çıkan inşaat atıkları ve evsel atıkların düzenli takibi ve yönetimi sağlanmıştır. Oluşan atıkların büyük bir bölümü geri dönüşüm ya da geri kullanıma gönderilerek atık sahasına giden atık miktarı büyük ölçüde azaltılmıştır.

LEED, yapıların şehir merkezine ve toplu taşıma araçlarının duraklarına yakın olma durumunu bireysel araç kullanımını azaltan bir avantaj olarak görmektedir. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi ise bu dezavantajlı konumunu gerek tasarım gerekse uygulamadaki stratejik yaklaşımlarla kapatılmaya çalışılmıştır.

Doğa dostu araç kullanımını desteklemek amacıyla otopark alanına 1 adet elektrikli araç şarj istasyonu yerleştirilmiştir. Düşük emisyonlu araçlar için öncelikli

park yerleri bulunmaktadır. Projede sağlanan bisiklet parkları ile araç kullanımından kaynaklı karbon emisyonunun azaltılması hedeflenmektedir.

Isı adası etkisini azaltmak amacıyla çatı ve sert zeminlerde açık renkli kaplama malzemeleri tercih edilmiştir. Yapıda %25 oranında yeşil alan bulunmaktadır. İç- yan bahçe ve yeşil çatı uygulaması sayesinde bitkilendirilmiş alan yüzeyi arttırılmıştır. Çevre ve cephe aydınlatma armatürleri gökyüzü ve arazi dışına ışık kaçıışı olmayacak şekilde seçilmiş ve konumlandırılmıştır.

### 6.3.4.2 Su Verimliliği

**Tablo 6.5:** Su Verimliliği Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

<b>Ön Şart 1:</b>	<b><i>Dış Mekânda Su Kullanımının Azaltılması</i></b>	0 / 0
<b>Ön Şart 2:</b>	<b><i>İç Mekanda Su Kullanımının Azaltılması</i></b>	0 / 0
<b>Ön Şart 3:</b>	<b><i>Bina Seviyesinde Su Kullanımı</i></b>	0 / 0
<b>Kredi 1:</b>	<b><i>Soğutma Kulesi Su Kullanımı</i></b>	0 / 2
<b>Kredi 2:</b>	<b><i>Su Ölçümü</i></b>	1 / 1
<b>Kredi 3:</b>	<b><i>Dış Mekânda Su Kullanımının Azaltılması</i></b>	2 / 2
<b>Kredi 4:</b>	<b><i>İç Mekanda Su Kullanımının Azaltılması</i></b>	6 / 6

Yapı su verimliliği kategorisinde 11 puan üzerinden 9 puan almıştır (Tablo 6.5). Projenin tasarım aşamasında su ve enerji kaynaklarının tüketimi konusunda ön verimlilik analizleri yapılmıştır. Yapılaşmanın altyapıya ve özellikle yağmur suyu şebekesine getireceği yükün en az seviyeye düşürülebilmesi amacıyla sert zeminlerin oranı düşük tutulmuş, mümkün olduğunca geçirgen yüzeyler kullanılmıştır.

Yağmur suyu planı yapılarak şebekeye transfer edilen atık su miktarı azaltılmıştır. Çatı ve yan bahçe düzenlemelerinde kazayağı gibi az su tüketen bitkiler tercih edilmiştir. Su tasarrufu sağlamak adına ıslak hacimlerde verimli su armatürlerinin seçilmesi, yoğuşma suyu ve yağmur suyunun toplanarak klozet ve pisuvar da değerlendirilmesi ve bahçe sulamada geri dönüştürülmüş su kullanılması ile yüzde 50'nin üzerinde bir verimlilik sağlanmıştır.



### 6.3.4.3 Enerji ve Atmosfer

**Tablo 6.6:** Enerji ve Atmosfer Kategorisinde Kazanılan Puanlar (19. URL)

<i>Ön şart 1:</i>	<i>Temel Devreye Alma ve Doğrulama</i>	0 / 0
<i>Ön şart 2:</i>	<i>Minimum Enerji Performansı</i>	0 / 0
<i>Ön Şart 3:</i>	<i>Bina Düzeyinde Enerji Ölçümü</i>	0 / 0
<i>Ön Şart 4:</i>	<i>Temel Soğutucu Akışkan Yönetimi</i>	0 / 0
<i>Kredi 1:</i>	<i>Gelişmiş Devreye Alma</i>	3 / 6
<i>Kredi 2:</i>	<i>Gelişmiş Enerji Ölçümü</i>	1 / 1
<i>Kredi 3:</i>	<i>Talep Yanıtı</i>	0 / 2
<i>Kredi 4:</i>	<i>Yenilenebilir Enerji Üretimi</i>	3 / 3
<i>Kredi 5:</i>	<i>Gelişmiş Soğutucu Akışkan Yönetimi</i>	0 / 1
<i>Kredi 6:</i>	<i>Yeşil Güç ve Karbon Ofsetleri</i>	0 / 2
<i>Kredi 7:</i>	<i>Enerji Performansını Optimize Edin</i>	18 / 18

Yapı Enerji ve Atmosfer Kategorisinde 33 tam puan üzerinden 25 puan almıştır (Tablo 6.6). Bu kategorideki LEED hedefleri ve yapının enerji etkinliği 6.3.5. bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

### 6.3.4.4 Malzeme ve Kaynaklar

Yapı Malzeme Kaynak kategorisinden 13 puan üzerinden 8 puan almıştır (Tablo 6.7). Yapıda kullanılan inşaat malzemelerinde sürdürülebilir ve çevre dostu özellikte olan malzemelere öncelik verilmiştir. Yapı strüktürünün büyük bir bölümüne hâkim olan çelik malzeme yapının bulunduğu tesiste üretilmiştir. Bu sayede nakliye sırasında daha az enerji maliyeti sağlanmış ve hava kirliliğine etkiler azaltılmıştır.

**Tablo 6.7:** Malzeme ve Kaynaklar Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

<i>Ön Şart 1:</i>	<i>Geri Dönüştürülebilen Atıkların Toplanması</i>	0 / 0
<i>Ön Şart 2:</i>	<i>İnşaat ve Yıkım-Atık Yönetim Planı</i>	0 / 0
<i>Kredi 1:</i>	<i>Bina Yaşam Döngüsü Analizi</i>	3 / 5
<i>Kredi 2:</i>	<i>Çevresel Ürün Beyanları</i>	1 / 2
<i>Kredi 3:</i>	<i>Malzeme İçeriği</i>	2 / 2
<i>Kredi 4:</i>	<i>Kaynak Kullanımı</i>	0 / 2
<i>Kredi 5:</i>	<i>İnşaat Yıkım ve Atık Yönetimi</i>	2 / 2

Uzun süreçte insan sağlığını etkilememek adına, boya ve yüzey kaplamalarında temiz içerikli, VOC (uçucu organik zararlı birleşen) içermeyen nitelikte malzemeler seçilmiştir. Yapının inşaat aşamasında iç mekânda uygulanan yapı kimyasallarının içeriğindeki VOC oranlarının uluslararası standartlara uygunluğu kontrol edilmiştir. İnşaat sırasında açığa çıkan atıkların büyük bir bölümü geri dönüşüme ya da geri kullanıma gönderilmiştir. Bu kapsamda inşaat sürecinde çıkan tüm geri

dönüştürülebilir atıkların yönetimi sağlanmış, düzenli olarak takip edilmiştir. Yapının sıfır atık belgesi bulunmaktadır. Her kata kâğıt, plastik ve cam atıkların toplanması amacıyla geri dönüşüm kutuları konulmuştur (Şekil 6.7)



Şekil 6.7: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Katlarda Bulunan Geri Dönüşüm Kutuları

### 6.3.4.5 İç Mekân Hava Kalitesi

Tablo 6.8: İç Mekân Hava Kalitesi Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

Ön şart 1:	<i>Minimum İç Hava Kalitesi Performansı</i>	0 / 0
Ön şart 2:	<i>Çevresel Tütün Dumani Kontrolü</i>	0 / 0
Kredi 1:	<i>Gelişmiş İç Ortam Hava Kalitesi</i>	2 / 2
Kredi 2:	<i>Düşük Salınlı İç Mekân Hava Kalitesi</i>	2 / 3
Kredi 3:	<i>İnşaatta İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı</i>	1 / 1
Kredi 4:	<i>İç Ortam Hava Kalitesi Değerlendirme</i>	1 / 2
Kredi 5:	<i>Termal (Isıl) Konfor</i>	1 / 1
Kredi 6:	<i>İç Mekân Aydınlatması</i>	1 / 2
Kredi 7:	<i>Gün Işığı</i>	2 / 3
Kredi 8:	<i>Nitelikli Manzara</i>	1 / 1
Kredi 9:	<i>Akustik Performans</i>	0 / 1

Yapı İç Mekân Hava Kalitesi kategorisinde 16 puan üzerinden 11 puan almıştır (Tablo 6.8). Yapı girişi, fuaye, sergileme alanı ve ofisler direkt iç bahçe ve yan bahçeye açılmaktadır. Ofis alanları dış manzaraya açık olarak tasarlanmıştır. Bu sayede yapıda doğal aydınlatmadan ve havalandırmadan optimum düzeyde yararlanılmıştır. Yapı iç mekanında konfor şartlarının sağlanması amacıyla; iç mekan sıcaklık, nem, akustik, hava hızı, hava kalitesi vb. iklimlendirme, mekanik otomasyon tasarım ve seçimlerinde ASHRAE 62.1-2010 standardına uygun gerekli tasarım kriterleri projeye entegre edilmiştir. Isı geri kazanım cihazlarında minimum %50 verim hedeflenmiştir. Binadaki mahallere VRF iç üniteleri ile sadece ısıtma-soğutma tesisatı uygulanmış ve

bu bölümlerde ısı geri kazanım cihazı ile de havalandırma yapılmıştır. Arşiv bölümünün havalandırması ısı geri kazanım cihazı ile nem kontrolü de sanayi tipi kanallı nem alma cihazı ile sağlanmıştır.

#### 6.3.4.6 Tasarımda Yenilik

**Tablo 6.9:** Tasarımda Yenilik Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

<i>Kredi 1:</i>	<i>Tasarımda yenilik</i>	5/5
<i>Kredi 2:</i>	<i>Akradite LEED Personeli</i>	1/1

#### 6.3.4.7 Bölgesel Öncelik

**Tablo 6.10:** Bölgesel Öncelik Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

<i>Kredi 1:</i>	<i>Termal konfor</i>	1 / 1
<i>Kredi 2:</i>	<i>Çevre yoğunluğu ve çeşitli kullanımlar</i>	0 / 1
<i>Kredi 3:</i>	<i>Bisiklet tesisleri</i>	0 / 1
<i>Kredi 4:</i>	<i>Azaltılmış park alanları</i>	1 / 1
<i>Kredi 5:</i>	<i>Yağmur suyu yönetimi</i>	1 / 1
<i>Kredi 6:</i>	<i>Isı adası azaltma</i>	1 / 1

#### 6.3.4.8 Konum ve Ulaşım

Yapı, Adana Osmaniye yolunun yanında bulunmaktadır. Şehir dışında olması ulaşım açısından dezavantaj oluşturmaktadır. 1120 m<sup>2</sup> otopark alanına sahiptir. Çevre dostu araç kullanımını desteklemek amacıyla otopark alanında 1 adet elektrikli araç şarj istasyonu bulunmaktadır. Düşük emisyonlu araçlar için öncelikli park yerleri ayrılmıştır. Projede 9 adet bisiklet park alanı ile araç kullanımından kaynaklı karbon emisyonu azaltılmaya çalışılmıştır (Tablo 6.11).

**Tablo 6.11:** Konum ve Ulaşımdan Kazanılan Puanlar (19. URL)

<i>Kredi 1:</i>	<i>Mahalle gelişim yeri için LEED</i>	0 / 16
<i>Kredi 2:</i>	<i>Hassas arazilerin korunması</i>	1 / 1
<i>Kredi 3:</i>	<i>Yüksek öncelikli alan seçimi</i>	0 / 2
<i>Kredi 4:</i>	<i>Çevresel yoğunluk ve temel servisler</i>	3 / 5
<i>Kredi 5:</i>	<i>Toplu taşıma erişimi</i>	3 / 5
<i>Kredi 6:</i>	<i>Bisiklet imkânları</i>	1 / 1
<i>Kredi 7:</i>	<i>Otopark alanların azaltılması</i>	1 / 1
<i>Kredi 8:</i>	<i>Yeşil araçlar</i>	1 / 1

### 6.3.4.9 Entegratif Süreç

**Tablo 6.12:** Entegratif Süreç Kategorisinden Kazanılan Puanlar (19. URL)

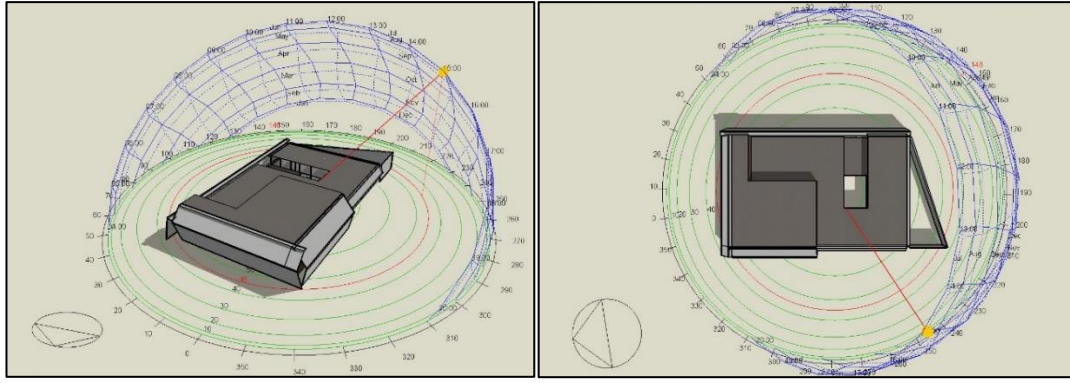
<i>Kredi 1:</i>	<i>Entegratif süreç</i>	1/1
-----------------	-------------------------	-----

Tüm bu değerlendirmeler kapsamında FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'ne USGBC tarafından, toplamda 84 puan aldığı için "LEED Platin" seviyesindeki sertifika verilmiştir.

### 6.3.5 Yapıda Enerji Etkin Tasarımda Uygulanan Sistemler ve LEED Hedefleri

Bu başlık altında alan araştırmasında, enerji etkin yapı tasarım kriterleri dâhilinde yapının pasif tasarımı, tercih edilen aktif sistemleri, mekanik ve aydınlatma sistemleri incelenmiştir. Ayrıca LEED sertifikalandırma sistemi, enerji performansı ile ilgili ele alınan sistemlerin kullanım amaçları ve LEED kapsamında öngördüğü hedefler analiz edilmiştir. Bu analizler neticesinde ise LEED sürecinde hedeflenen veriler ve uygulama sonuçları sorgulanmıştır.

LEED değerlendirme sisteminde incelenen yapının enerji performansı, Enerji ve Atmosfer performans kategorisinde bulunan "EAc1-Enerji Performansının Optimize Edilmesi" alt başlığında bulunan değerlendirme kriterleri üzerinden hesaplanmaktadır. Değerlendirmeye alınan yapıya referans bir yapı baz alınarak ulaşılan sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda iyileştirme oranına göre 1-18 aralığında bir puan verilmektedir. LEED değerlendirme sistemindeki bulunan bu ölçüt, sürdürülebilirliğin "Enerji Korunumu" ilkesinde bulunan parametrelerin sonuçlarının saptanabildiği en etkin değerlendirme ölçütüdür (Solmaz 2013). Bu ölçütün amacı, yapının enerji etkinlik seviyesini en üst düzeye çıkararak minimum enerji tüketimiyle maksimum verimi sağlamaktır. Bu nedenle yapının enerji performansını rasyonel bir biçimde belirleyen bu ölçüttür. Bu değerlendirme ölçütü bağlamında FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısının enerji modelleme simülasyonu yapılmıştır (Şekil 6.8).

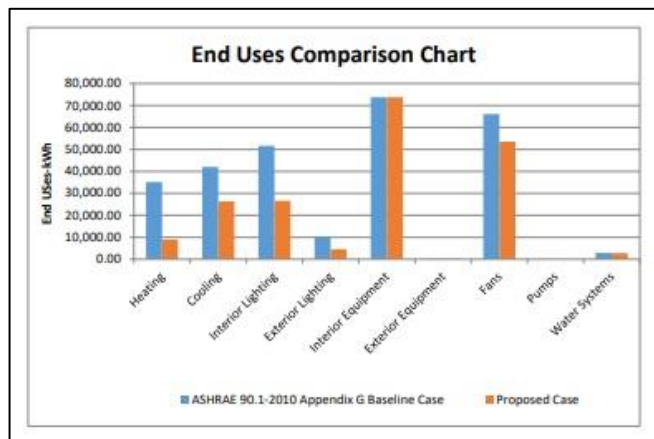


Şekil 6.8: Bina Enerji Modellemesi Perspektif Görüntüleri

Bina enerji modellemesi programlarında tasarlanan yapının referans yapı ile karşılaştırılabilmesi için referans olarak modellenen baz yapıya ASHRAE standartları tanımlanmaktadır. ASHRAE 90.1-2010 standardının önerdiği bütün sistem ve verilerin kullanıldığı model “ASHRAE 90.1-2010 Appendix G Baseline Case” modeli olarak adlandırılmıştır. Similasyon modelinde olduğu gibi baz modelinin de yıllık enerji tüketim miktarları bulunmuştur ve analiz raporları hazırlanmıştır (Şekil 6.9).

End Uses	ASHRAE 90.1-2010 Appendix G Baseline Case		Proposed Case		Saving - kWh
	Electricity	Natural Gas	Electricity	Natural Gas	
	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Heating	35,139.71	-	8,880.06	-	75%
Cooling	41,990.11	-	26,265.54	-	37%
Interior Lighting	51,595.42	-	26,597.69	-	48%
Exterior Lighting	10,098.94	-	4,501.52	-	55%
Interior Equipment	73,774.18	-	73,774.18	-	0%
Exterior Equipment	238.16	-	238.16	-	0%
Fans	66,131.88	-	53,474.65	-	19%
Pumps	0.40	-	0.40	-	0%
Water Systems	2,877.22	-	2,697.21	-	6%
Renewables	-	-	-	77,606.00	-
<b>Total End Uses</b>	<b>281,846.01</b>	<b>-</b>	<b>118,823.41</b>	<b>-</b>	<b>57.8%</b>

Şekil 6.9: Tasarlanan Binanın Referans Yapıya Göre Enerji Tüketimi Karşılaştırma Tablosu



Şekil 6.10: Tasarlanan Binanın Referans Yapıya Göre Enerji Tüketimi Karşılaştırma Tablosu

Enerji modellemesi simülasyonunda tasarlanan yapının mekanik ve yenilenebilir sistemlerin kWh değerlendirme analizlerine göre referans alınan bina ile karşılaştırıldıklarında enerji tüketiminde % 57.8'lik enerji tasarrufu sağlandığı sonucuna varılmıştır (Şekil 6.9, 6.10).

### **6.3.5.1 Pasif Tasarım**

#### **6.3.5.1.1 Yapı Bulunduğu Konum**

Akdeniz ikliminde bulunmaktadır. Akdeniz bölgesi Türkiye'nin ortalama güneş süresi en yüksek ikinci bölgesidir. Akdeniz ikliminde yaz ve kış sıcaklıkları arasında belirgin bir fark görülmemektedir. Bahar aylarında ısı değişimleri çok az olduğu için ortalama sıcaklıkların insan konforuna yakın seviyelerde olması itibari ile ekstra bir ısı ihtiyacı oluşmamaktadır. Bu bölgenin dezavantajı yaz aylarında güneşlenme ve sıcaklık yükselmelerine bağlı olarak soğutma ihtiyacının artmasıdır.

#### **6.3.5.1.2 Yapının Çevredeki Yapılar İle Arasındaki Mesafesi**

Yükseklik farkı, rüzgâr ve güneş ışınımı verilerini etkileyebilmektedir. Tekfen GAT içerisinde konumlandırılan yapının çevresinde bulunan diğer yapılar az katlı, düşük yoğunluklu yapılardır. Yakın çevrede bulunan bu yapılar FNN Sürdürülebilirlik binasını doğal aydınlatma, rüzgâr, havalandırma ve manzara açısından engellememektedir.

#### **6.3.5.1.3 Yapının Yönlendirilişi**

Arazinin yapısı belirlemiştir. Kuzeydoğu-güneybatı şeklindedir. Adana'da güney, güney batı yönlü rüzgârlar yaz aylarında serinletici etki göstermektedir. Yapının cephelerine açılan açıklıklar ile yapı içerisinde sirkülasyon sağlanmaktadır. Kış aylarında ise kuzey-kuzey doğudan esen soğuk rüzgârlara karşı yapı kabuğu sayesinde daha kompakt bir duruş sergilemektedir.

#### 6.3.5.1.4 Yapının Kabuk Tasarımı

Proje sahipleri, mimari tasarımda özellikle çeliğin vurgulanmasının istenmiştir. Yapının mimarı Emre Acar bu isteğin en iyi cam duvarlar ile çözüme kavuşturmuştur. Bu nedenle yapıda dış şeffaf cephe malzemesi olarak ısı ve güneş kontrolünde bulunan gümüş renkli güneş geçirgeliği %46, U(Isı Geçirgenliği Katsayısı) 1.1 W/m<sup>2</sup>K olan Isıcam (6 mm TRC Tentesol / TRC Tentesol T + 6 mm TRC Ecotherm Low-E kaplamalı cam) tercih edilmiştir. Seçilen bu şeffaf dış cephe malzemesi yapıdaki ısı kayıplarını düşürerek kışın ısınma giderlerinden, güneş ısısı geçişini azaltmasıyla yazın da soğutma masraflarında tasarruf sağlamaktadır. Pencere önlerinin yazın sıcak olmasını, kış aylarında ise soğumasını önlemektedir. Ayrıca bu cam türü giydirme cepheli yapıda rekleftif özelliği sayesinde kolon, kiriş, asma tavan, parapet duvarı, tesisat boşlukları gibi yapı unsurlarını saklayarak görüntüde bütünlük oluşturmuştur (Şekil 6.11).



Şekil 6.11: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Şeffaf Cephe Tasarımı (32. URL)

Şeffaf dış cephe malzemesiyle Adana'nın bulunduğu iklimde yeterli konfor koşullarını sağlamakta zorlanacaklarını düşünen mimar yapıya farklı fonksiyonları bünyesinde taşıyan bir kabuk eklemiştir. Kabuk öncelikle dış cephede bulunan camların ısınmasını engellemektedir. Bu sayede güneş ışını daha kontrollü bir şekilde iç ortama iletildiği için, cephe ile beraber iç mekân da daha az ısınmaktadır. Bu da yapının soğutma yükünün azalmasını sağlamıştır. Yapıya ulaşan günışığında daha

fazla kontrol sağlayabilmek için sensörlü güneş kırıcı paneller ve katların cephesinde dolaşım sağlayan kedi yolları tasarlanmıştır (Resim 6.12).



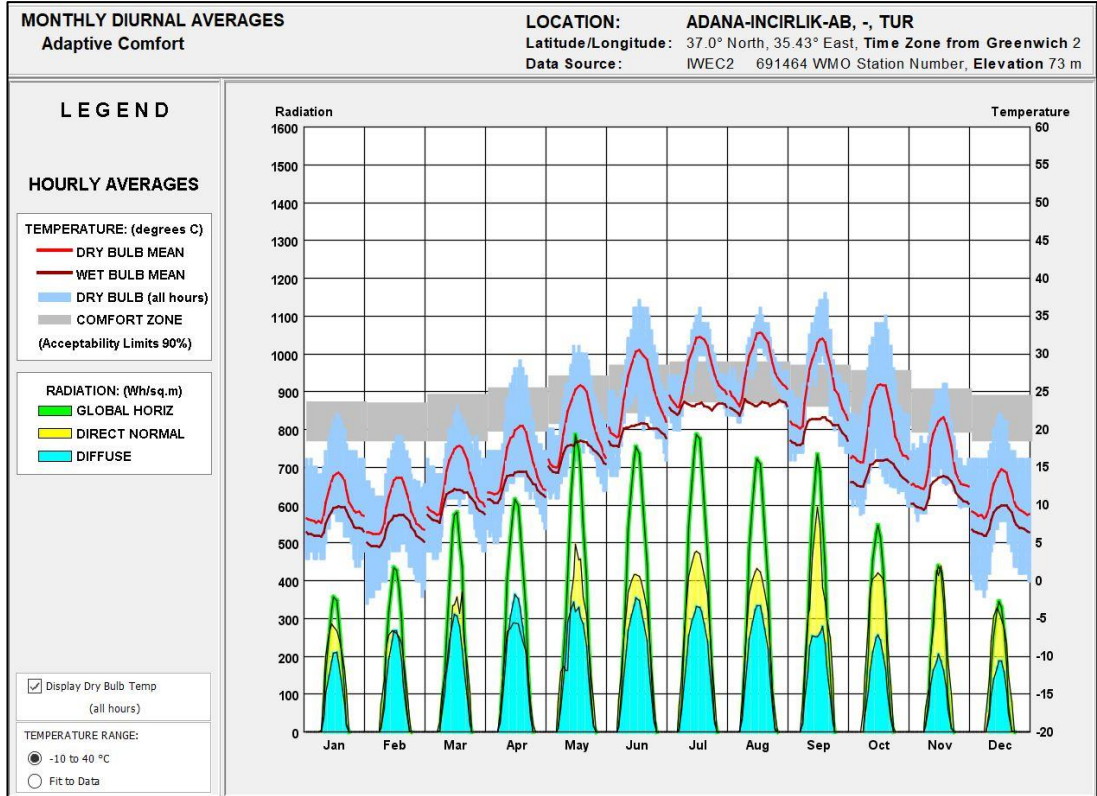
Şekil 6.12: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Kabuk Tasarımı (32. URL, Ayşen Özge Yağlıca Arşiv)

Kabuk tasarımı için Güneş ışığının geliş açısı yıl içerisinde her gün ve her saat için kontrol edilerek gün ışığının iç mekâna ne kadar girdiği hesaplanmıştır. Kabuğun yapıya göre pozisyonu ve cephelere göre mesafesi hesaplanan bu değerler sonucunda belirlenmiştir (Şekil 6.13, 6.14, 6.15, 6.16).

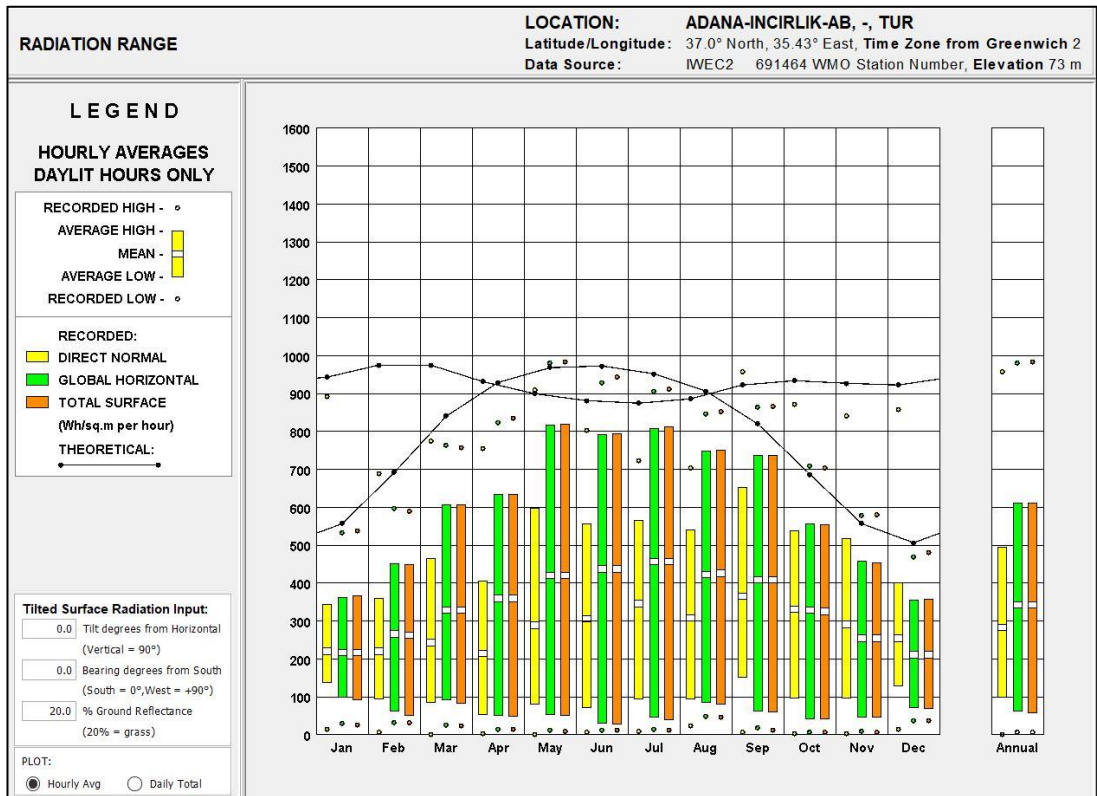
WEATHER DATA SUMMARY													LOCATION: ADANA-INCIRLIK-AB, -, TUR	
													Latitude/Longitude: 37.0° North, 35.43° East, Time Zone from Greenwich 2	
													Data Source: IVEC2 691464 WMO Station Number, Elevation 73 m	
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	217	265	329	360	420	436	456	423	408	327	253	210	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	221	221	243	214	288	306	344	309	364	331	290	254	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	133	167	189	221	218	220	214	215	187	161	129	120	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	531	598	762	824	981	929	906	847	863	708	576	468	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	892	688	775	753	909	804	722	703	956	871	841	858	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Max Hourly)	255	330	397	438	456	461	456	446	399	346	280	229	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	2127	2806	3894	4682	5895	6323	6500	5655	4986	3611	2548	1997	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	2159	2322	2881	2787	4049	4436	4915	4121	4438	3648	2919	2419	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1303	1769	2242	2870	3060	3202	3056	2880	2294	1774	1298	1141	Wh/sq.m	
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	24524	30145	37770	41530	48984	50811	52993	48909	47208	37618	28906	23702	lux	
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	13050	14192	16943	15147	18967	19796	21194	19262	22259	20837	17360	13899	lux	
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	10	9	12	15	20	24	27	27	25	20	15	10	degrees C	
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	4	3	7	10	14	17	21	21	17	10	7	4	degrees C	
Relative Humidity (Avg Monthly)	72	70	73	74	73	65	71	69	63	58	64	68	percent	
Wind Direction (Monthly Mode)	50	60	40	50	20	230	200	220	50	50	40	40	degrees	
Wind Speed (Avg Monthly)	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	m/s	
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	15	12	11	12	14	17	20	23	24	23	21	18	degrees C	

Şekil 6.13: FNN Sürdürülebilirlik Merkezinin Bulunduğu Konuma Ait İklim Verileri

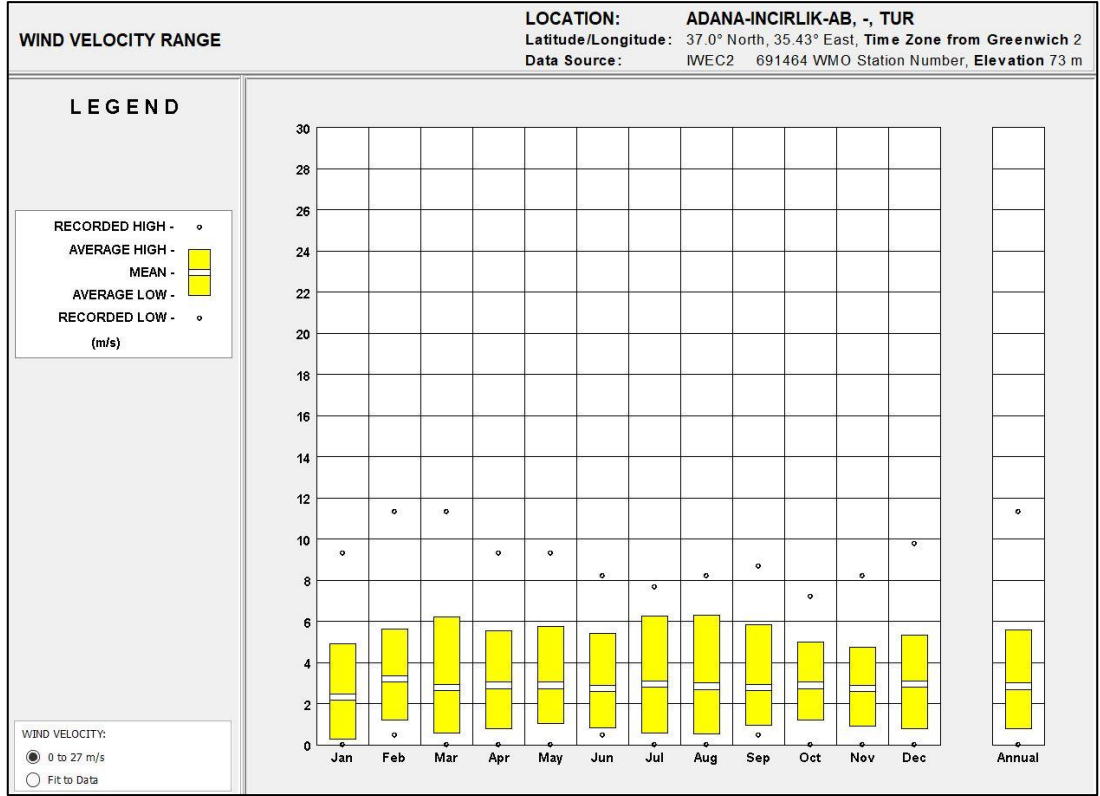




**Şekil 6.14:** FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Bulunduğu Konuma Ait Alık ve Günlük Ortalama Sıcaklık ve Radyasyon Verileri



**Şekil 6.15:** FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Bulunduğu Konuma Ait Radyasyon Aralığı Grafiği



Şekil 6.16: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin Bulunduğu Konuma Ait Rüzgar Hızı Grafiği

### 6.3.5.1.5 Yapıda Doğal Havalandırma

İç mekânda ferah ve konforlu bir çalışma ortamı yaratabilmek amacıyla yapının merkezinde iç bahçe, çeperinde yan bahçe ve birinci katında çatı bahçesi tasarlanmıştır (Şekil 6.17, 6.18).



Şekil 6.17: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatı Bahçesi (32. URL)



**Şekil 6.18:** FNN Sürdürülebilirlik Merkezi İç Bahçe ve Yan Bahçe (32. URL)

Yan bahçe, yapı çeperi ve kabuk arasında konumlandırılmıştır. Bu yöntemler sayesinde çalışma ortamlarının havalandırılması ve yeşil ile buluşması sağlanmıştır. İç bahçe ve yan bahçeye havuzlar eklenerek ofis çalışanları için dinlenme, nefes alma, doğal serinleme alanları oluşturulmuştur (Şekil 6.18).

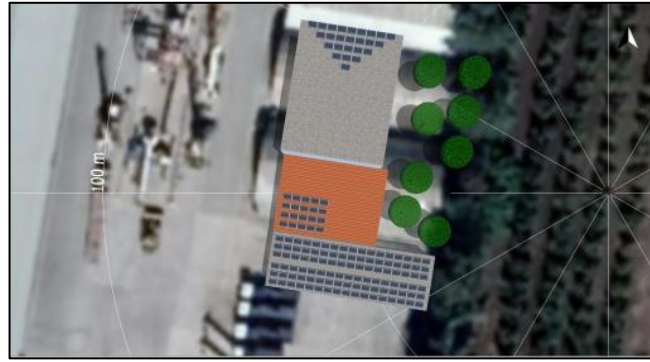
### 6.3.5.2 Aktif Sistemler

Yapı, bulunduğu konum itibariyle bölgesel olarak güneş enerjisi üretimine çok uygundur. Bu bağlamda yapının işletimi için güneş enerjisinden yararlanılarak elektrik enerjisi üreten, bu enerjiyi yapının gereksinimleri için kullanan yenilenebilir enerji aktif sistemlerden fotovoltaik paneller tercih edilmiştir. Bu nedenle yapının çatısına 50 kWh kapasitede ciddi bir güneş paneli sistemi kurulmuştur.

Adana'da en yüksek güneşlenme saati ortalama olarak haziran ayında, günlük yaklaşık 11 saat, haziran ayı boyunca ise 339.45 olarak ölçülmektedir. En düşük güneşlenme ise ocak ayında günlük ortalama 7 saat ve aylık toplamda 219.2 saat ölçülmektedir. Yıl boyunca da yaklaşık 3367.77 saat olarak ölçülmüştür. Bu oran aya bölünürse ayda ortalama 110.64 saate denk gelmektedir. (30. URL). Bu veriler dâhilinde Adana'da güneşten fotovoltaik sistemler ile yararlanmanın uygun olacağı kanısına varılmıştır.

Fotovoltaik panel kullanımında LEED hedefi, kendi kendine yetebilen yenilenebilir enerji miktarını arttırmak ve fosil yakıt enerjisiyle ilgili çevresel, ekonomik zararları önlemektir. Bu bakımından FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Enerji Atmosfer Başlığı altında bulunan “Yenilenebilir Enerji Kullanımı Kredisi”nden 3/3 tam puan almıştır.

FNN Sürdürülebilirlik Merkezi’nin çatısında 147 adet güneş paneli 2 adet evirici bulunmaktadır. Bu panellerin günlük ortalama 10-14 saat güneşlilik süresi vardır(aylara göre bu oran değişebilmektedir). Panel jeneratör yüzey alanı 239.2 m<sup>2</sup>dir. Panel gücü 320 Wp’dir. PV jeneratör çıkış gücü 47.04 Kwp’dir (Şekil 6.19, 6.20).

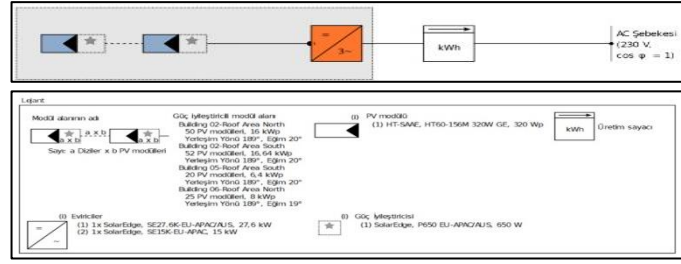


Şekil 6.19 : Genel PV Panel Görünüşü



Şekil 6.20: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatıya Entegre Edilmiş PV Paneller (32. URL)

PV jeneratör enerjisi AC şebeke beslemesi 77.606 kWh, yıllık özgül kazancı 1.649,79 kWh/kWp’ dir. Sistem kullanım oranı %81, gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı ise %3’dür (Şekil 6.21). FNN Sürdürülebilirlik Merkezinde PV panel kullanımından sayesinde önlenen emisyonu yılda 46.564 kg’dır.



Şekil 6.21: PV Şematik Diagram

### 6.3.5.3 HVAC Sistemleri

HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme), taze hava, ısıtma, soğutma ihtiyacı ve nem kontrolünün hepsini veya birini sağlamak amacıyla yapılarda kullanılan ekipmanları, dağıtım ağlarını ve terminalleri ifade etmektedir. HVAC sistemlerinin başlıca amacı istenilen iç mekân konforunu sağlayabilmektir. HVAC sistemleri önemli derecede enerji tüketmektedir. Bu nedenle verimli bir HVAC sistemi, birçok disiplinin (mühendislik, ekonomi, mimari) birlikte yürütmesi gerektiği tasarım problemidir (Öztürk ve diğ. 2005).

Yapının ısıtma tesisatında ısıtma ve soğutma hesapları Carrier HAP 4.5 programı kullanılarak yapılmıştır. Isı yalıtım hesapları İZODER programı kullanılarak yapılmıştır. Yapının ısıtılması ve soğutulmasında DAIKIN marka VRV, Variable Refrigerant Volume (Değişken Debili Soğutucu Akışkan), DAIKIN marka split klima, FRAL marka nem alma cihazı ve VENCO marka ısı geri kazanım cihazı kullanılmıştır.

Yapının ısıtma işlemi, sezonluk verimlilik değerlerine sahip 5 adet dış mekân ünitesi tarafından sağlamaktadır. Sulu sistem VRV dış üniteleri için gerekli olan sıcak su, sıvı yakıtlı çelik sıcak su kazanından alınmaktadır. Dış ünitenin ısıtma yükü 232.500 Watt'tır ve %10 emniyet değeriyle beraber bu yük 255.750 Watt olarak hesaplanmıştır. 285.000 Watt'lık kazandan elde edilen sıcak su, plakalı eşanjör kullanılarak VRV dış ünite için gerekli sıcak suyu elde etmektedir. HVAC uygulamalarının, hedefledikleri yüksek verimlilik, ekonomiklik ve kompakt tasarıma plakalı ısı eşanjörler tarafından ulaşılmaktadır. Plakalı ısı eşanjöründe ısısını, sıcak su tankından gelen suya aktararak tekrar sıcaklığı azalmış olarak sıcak su üretici kazanına geri dönmektedir. Sıcak su tankından çıkan su yine bir başka pompa yardımıyla ısı

eşanjörüne gönderilmektedir. Isı eşanjöründe sıcak su üretici kazanından gelen suyun ısısını alarak sıcaklığı artan su, tekrar sıcak su tankına geri dönmektedir (Şencen ve diğ. 2010). Plakalı ısı eşanjöründe sıcak akışkandan soğuk akışkana doğru ısının aktarıldığı devreye, primer devre denilmektedir. Primer devre sıcaklığı projede 80/60 °C olarak hesaplanmıştır. Soğuk akışkanın sıcak akışkandan ısının alındığı devreye ise sekonder devre denilmektedir ve projede bu devrenin sıcaklığı 30/25 °C olarak belirlenmiştir. Plakalı eşanjörden temin edilen 30/25°C sıcak su ısıtma sisteminde kullanılmıştır. Yapının ısıtma tesisatında bahsedilen bu sistemlerin özellikleri Tablo 6.13'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.13:** Yapının Isıtma Tesisatında Kullanılan Sistemler

<b><i>Isıtma Tesisatı</i></b>	
<b><i>VRV</i></b>	VRF Dış Ünite Isıtma Yüğü : 232.500 Watt %10 Emniyetle : 255.750 Watt Seçilen Kazan : 285.000 Watt
<b><i>Plakalı eşanjörden temin</i></b>	Seçilen Plakalı Eşanjör : 285.000 Watt Primer Devre : 80/60 °C Secunder Devre : 30/25 °C
<b><i>Genleşme sistemi</i></b>	Isıtma sistemi için gerekli enerji 285.000 Watt'tir. Sistemdeki toplam su hacmi emniyetle = 5.000 lt kabul edilmiştir. Kapasite = 750 lt, 10 atü, emniyetle Adet = 1 Özellikler = Membranlı tip, kapalı genleşme deposesi
<b><i>Plakalı eşanjör ısıtma sirkülasyon pompaları 2 adet(1 asıl-1 yedek)</i></b>	Isıtma yüğü: 245.100 Kcal/h Sıcaklık farkı: 20 C Yoğunluk: 1.000 kg/m <sup>3</sup> Debi: 13 m <sup>3</sup> /h Basınç: 10 mSS

Yapının soğutma sistemi Sulu sistem VRV klima cihazı ile sağlanmaktadır. VRV cihazlarının yaz ve kış aylarında ayarlandığı sıcaklık dereceleri Makine Mühendisleri Odası resmi sitesinden alınmıştır. Adana iline ait edinilen yaz ve kış sıcaklık değerleri Tablo 6.14'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.14:** Yapıda Kullanılan VRF Cihazlarının Yaz ve Kış Aylarında Ayarlandığı Sıcaklık Dereceleri

<b><i>Yaz</i></b>	Dış hava: 38 °C İç hava: 24 °C
<b><i>Kış</i></b>	Dış hava: 0 °C İç hava: 22 °C

Isıtmada sıcak su kullanılan VRV sistemi soğutma işlemi için soğutucu akışkan kullanılmaktadır. Kullanılan sulu VRV cihazlarının özellikleri Tablo 6.15'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.15:** Yapıda Kullanılan Sulu VRV Cihazlarının Özellikleri

<i>Cihaz Notasyonu</i>	<i>Seçilen Cihaz Isıtma Kapasitesi</i>	<i>Seçilen Cihaz Soğutma Kapasitesi</i>	<i>Soğutma Akışkan Tipi</i>	<i>Elektrik</i>	<i>V/Ph/Hz</i>	<i>Boyutlar (y*g*d) "mm"</i>	<i>Adet</i>
<i>VRV-1</i>	107	120	R410-A	18,00 kW	380/3/50	980*767*560*3	1
<i>VRV-2</i>	33,5	37,5	R410-A	24,00 kW	380/3/50	980*767*560	1
<i>VRV-3</i>	67	75	R410-A	24,00 kW	380/3/50	980*767*560*2	1

Sulu sistem VRV dış üniteler için gerekli olan soğuk su kapalı soğutma kulesinden sağlanmıştır. Su soğutma kulesi, içerisinden geçen suyun bir kısmının buharlaşmasını sağlayarak sistemdeki istenmeyen ısıyı atmosfere göndermektedir. Sistemde kalan su ise ihtiyaç duyulan yeterli derecede soğumaktadır ve tesiste kullanılmak üzere sistemin altında bulunan tankta birikmektedir. Su soğutma kulesi ısı uzaklaştırma ünitesidir ve bu sistemin yaş termometre sıcaklığına yaklaşımı ve soğutma performansı iyi olduğu için işletmelerin verimini yükseltmekte, ürün kaybını önlemekte, enerji tasarrufunu sağlamaktadır (33. URL) (Tablo 6.16)

**Tablo 6.16:** Projede Kullanılan Su Soğutma Kulesi Özellikleri

<i>Kapasite</i>	<i>Debi</i>	<i>Giriş Suyu Sıcaklığı</i>	<i>Çıkış Suyu Sıcaklığı</i>	<i>Yaş Termometre Sıcaklığı</i>	<i>Rakım</i>	<i>Kule Verimi</i>
285.000 Watt	50 m <sup>3</sup> /h	29 °C	34 °C	26 °C	21 m	1.18 L/s.KW

Yapının klima ve havalandırma tesisatında tüm kanal bağlantıları flanşlı tip projelendirilmiştir ve hava sızdırmasının minimum düzeyde olması sağlanmıştır. Binanın temiz hava gereksinimi 4 adet ısı geri kazanım ünitesi tarafından sağlanmaktadır. Havalandırma ve klima sistemi yapı içerisindeki tüm mekânlarda istenen konfor şartlarını (sıcaklık, nem, akustik, hava hızı, hava kalitesi vs) sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Taze hava ve egzost debisi kapasiteleri ASHRAE 62.1-2010 standartlarına uygun alınmıştır. Taze hava ve ısı geri kazanım cihazları içerisinde kullanılan havayı ısı geri kazanım plakalı eşanjörleri sayesinde ortamdan çeken ve

havadaki enerjiyi ortama taze havaya ekleme şeklinde çalışan sistemlerdir. Kullanılan bu sistem yapıda yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

#### **6.3.5.4 Sıcak Su Temini**

Yapıda sıcak su ihtiyacı projede bulunan 2 adet elektrikli su ısıtıcısı ile sağlanmaktadır. Bu su ısıtıcıları talep üzerine kısa bir süreliğine çalışır. Toplam su ısıtıcısı kapasitesi yaklaşık 8 kW – 0.15 m<sup>3</sup>tür.

#### **6.3.5.5 Aydınlatma**

Yapının şeffaf cephe tasarımı ve iç bahçesi sayesinde doğal aydınlatma büyük ölçüde sağlanmaktadır. Kabuk tasarımı sayesinde güneş ışınları kontrollü bir şekilde yapının içerisine alınmaktadır.

Yapıda kullanılan tüm aydınlatma armatürlerinde (LED) enerji tasarruflu ampüller tercih edilmiştir. Ortak koridorlarda hareket sensörleri bulunmaktadır ve hareket algılanır algılanmaz aydınlatma cihazlarının kontrolü sağlanarak otomatik olarak açılıp kapanmaktadır. Dış aydınlatma armatürleri zaman kontrollüdür.

Yapıda enerji izleme, ölçme ve modelleme cihazları otomasyon sistemine bağlanarak alınan veriler sayesinde metrekare başına enerji tüketimi, kullanılan cihazların ve sistemlerin verimliliği, su tüketimi gibi değerler izlenmektedir.

#### **6.3.6 Yapının Yıllık Enerji Tüketiminin Enerji Modellemesi Simülasyonu ve Uygulamadaki Yıllık Enerji Tüketim ve Üretim Sonuçları**

Bu başlık atında alan çalışmasında enerji tüketiminde simülasyondaki hedeflenen veriler ile kullanım sonucundaki verileri arasında karşılaştırma yapmak amacıyla, FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin simülasyon ve fatura verileri üzerinden analizler yapılacaktır.



### 6.3.6.1 Yapının Enerji Modellemesi Simülasyondaki Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketim Sonuçları

Bina enerji modelleme simülasyonlarında, tasarlanan yapının referans yapıya oranla ısı performans değerleri yükseltilerek enerji verimli bir yapı kabuğu oluşturulmaktadır. Bu amaçla yapının biçimi, HVAC, aydınlatma ve elektrik sistemleri üzerinde çeşitli iyileştirmeler yapılmaktadır. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısının simülasyonunda mekanik ve yenilenebilir sistemlerin kWh değerlendirme analizi ve yıllık enerji tüketimi hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 6.17).

**Tablo 6.17:** Yapıda Kullanılan Sistemlerin Simülasyonda Hesaplanan Yıllık Enerji Tüketim Miktarı ve Tasarruf Yüzdesi

<i>Enerji Kullanımı</i>	<i>Enerji Tipi</i>	<i>Enerji Tüketimi</i>	<i>Tasarruf</i>
		kWh	kWh
<i>Isıtma</i>	Elektrik	8,880.06	%75
<i>Soğutma</i>	Elektrik	26,265.54	%37
<i>İç Mekan Aydınlatması</i>	Elektrik	26,597.69	%48
<i>Dış Mekan Aydınlatması</i>	Elektrik	4,501.52	%55
<i>İç Mekan Ekipmanları</i>	Elektrik	73,774.18	%0
<i>Dış Mekan Ekipmanları</i>	Elektrik	238.16	%0
<i>Fanlar</i>	Elektrik	53,474.65	%19
<i>Pompalar</i>	Elektrik	0.40	%0
<i>Su Sistemleri</i>	Elektrik	2,697.21	%6
<i>Yenilenebilir Enerji</i>	Elektrik	77,606.00	
<i>Toplam Kullanımlar</i>	Elektrik	<b>118,823.41</b>	<b>%57.8</b>

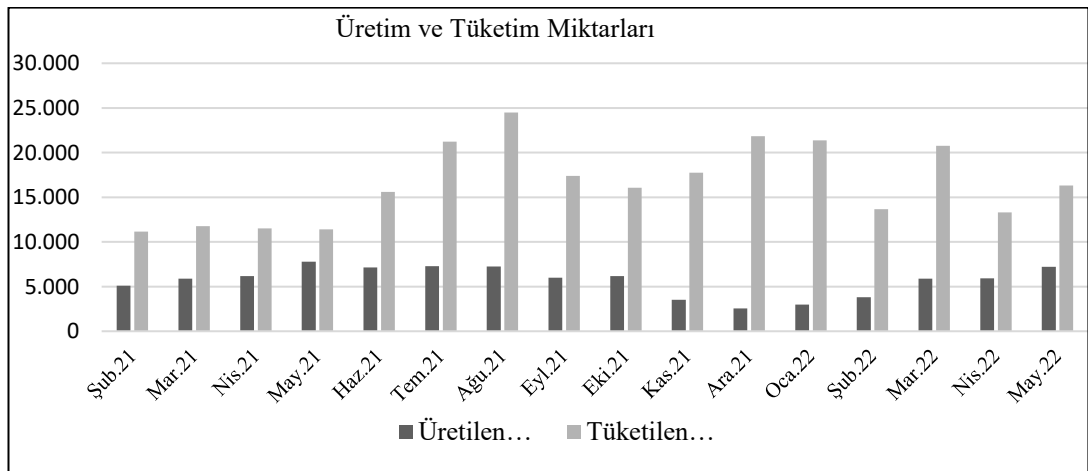
### 6.3.6.2 Yapının Kullanım Aşamasında Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketiminin Üretimini Karşılama Sonuçları

FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısının elektrik tüketimlerinin 2021 Şubat ayından başlayarak 2022 Ocak ayına kadarki süreçteki aylık tüketilen enerji miktarı fotovoltaik panellerden elde edilen enerji miktarı Tablo 6.18 ve Şekil 6.22 incelenmiş ve toplamdaki yıllık enerji tüketimi ve bu tüketimi karşılama oranları verilmiştir. Yapı 12 ay içerisinde fotovoltaik paneller sayesinde yaklaşık 67.920 kWh elektrik enerjisi üretmiştir. Bu süreç içerisinde tüketilen enerji miktarı ise toplamda 201.600 kWh'tır. Üretilen enerji miktarının tüketilen enerji miktarını karşılama oranı 12 ay içerisinde ortalama %37.17 dir. En düşük oran 2021 Aralıkta %11.65'tir. En fazla elektrik

enerjisi üretilen dönem mayıs, haziran, temmuz, ağustos aylarıdır. En çok verimin sağlandığı ay ise üretimin tüketimi karşıladığı en yüksek orana sahip 2021 Mayıs ayıdır (Tablo 6.18, Grafik 6.22).

**Tablo 6.18:** Yapının Yıllık Enerji Üretim, Tüketim Miktarları ve Üretilen Elektrik Enerjisinin Tüketilen Elektrik Enerjisini Karşılama Oranları

<i>Ölçüm Yapılan Aylar</i>	<i>Üretilen Enerji(Kwh)</i>	<i>Tüketilen Enerji (Kwh)</i>	<i>Üretilen Enerjinin, Tüketilen Enerjiyi Karşılama Oranı</i>	
<i>Şub.21</i>	5.104	11.160	45,73%	
<i>Mar.21</i>	5.904	11.760	50,20%	
<i>Nis.21</i>	6.176	11.520	53,61%	
<i>May.21</i>	7.792	11.400	68,35%	
<i>Haz.21</i>	7.152	15.600	45,85%	
<i>Tem.21</i>	7.280	21.240	34,27%	
<i>Ağu.21</i>	7.264	24.480	29,67%	
<i>Eyl.21</i>	6.000	17.400	34,48%	
<i>Eki.21</i>	6.176	16.080	38,41%	
<i>Kas.21</i>	3.536	17.760	19,91%	
<i>Ara.21</i>	2.544	21.840	11,65%	
<i>Oca.22</i>	2.992	21.360	14,01%	
<b><i>Toplam</i></b>	<b><i>67.920</i></b>	<b><i>201.600</i></b>	<b><i>Ortalama</i></b>	<b><i>37,17%</i></b>



**Şekil 6.22:** Yapının Yıllık Enerji Üretim, Tüketim Miktarları ve Üretilen Elektrik Enerjisinin Tüketilen Elektrik Enerjisini Karşılama Oranları

### 6.3.7 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Yapısının Simülasyonda Öngörülen Yıllık Enerji Tüketim Değerleriyle Uygulamadaki Fatura Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi

**Tablo 6.19:** FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Yapısının Simülasyonda Öngörülen Yıllık Enerji Tüketim Miktarı ve Uygulama Sırasındaki Fatura Sonuçları

<i>Enerji Tipi</i>	<i>Similasyon Toplam</i>	<i>Uygulama Toplam</i>
	(kW/yıl)	(kW/yıl) Tüketilen-Üretilen
Elektrik	<b>118,823.41</b>	<b>201.600-67.920= 133.680</b>

Bu veriler ışığında similasyonda alınan değerler karşısında uygulama sonucu karşılaştırıldığında uygulama sonucunda (+) yönde bir sapma olmuştur. Uygulama sonucundaki değer similasyonun öngördüğü değerden yaklaşık 14.857 kW/yıl kadar fazladır (Tablo 6.19). Bu sonucun nedenleri hakkında tahmin yürütecek olursak:

- Yapının simülasyon modellemesine kullanılan tüm sistemlerin verileri girilememiş olabilir.
- Simülasyonda öngörülen yıllık hava verilerinin sapmalar yaşayarak yapı kullanım sürecinde beklendiği gibi olmamış olabilir.
- Bazı sistemlerin uygulama sırasında gerçekleşen işletim ve otomasyon problemleri nedeniyle enerji verimlilikleri düşmüş ya da hiç çalıştırılmamışlardır. Enerji modellemelerinde ise yapının tam kapasite çalışması beklenmektedir öngörülen değerler o doğrultuda hesaplanmaktadır.

### 6.3.8 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Yapısı Hakkında Enerji Verimliliği Bağlamında Değerlendirme ve Öneriler

FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısının enerji verimliliği bağlamında bulunduğu bölge ikliminden kaynaklanan dezavantajları bulunmaktadır. Adana sıcak-nemli bir iklim bölgesi olduğu için yaz aylarında soğutma giderleri çok olmaktadır. Bu tasarım problemine ek olarak yapıda strüktürü belirgin kılmak amacıyla cephede yoğun şeffaf malzeme kullanılmak istenmesi enerjinin korunumunu, daha da zorlaştırmıştır. Bu nedenle yapıda pasif ve aktif enerji sağlayan bazı önlemler alınmıştır.

Yapının bulunduğu bölgenin hâkim rüzgârları kış aylarında kuzey ve kuzeydoğu, mart ve eylülde güney yönlü, haziran, temmuz ve ağustos aylarında ise güneybatı yönündedir. Yapının yönlenmesi hâkim rüzgâr yönü doğrultusunda yani kuzey-güney doğrultusunda olup iç mekânda sağlanan hava koridorları doğal hava sirkülasyonunu sağlamaktadır.

Yapının çevresindeki yapılara göre mesafesi güneş ışığı ve rüzgârı engellememektedir. Yapının kabuk tasarımı rüzgâr ve güneşin geliş açalarına göre belirlenmiş olup bu sayede yapı cephesinin ısınması önlenmiştir. Cephe için güneş ışınlarını kontrollü bir şekilde yapı içerisine alan cam malzeme seçilmiştir. Yapının kuzey cephesinde arşiv, konferans salonu ve çatı bahçesinin bulunması yapının diğer mekânları arasındaki ısı transferinde tampon bölge oluşturmuştur. Yapının batı yönünde geniş şeffaf bir cephe tasarımı bulunmaktadır. Özellikle çalışma ortamlarında, direkt olarak gün ışığı alan mekânları pencerenin hemen yanında konumlanmak çok sağlıklı bir çalışma ortamı sunmamaktadır. Bu doğrultuda yapının batısında bulunan şeffaf cephenin yanında bulunan mekanlar danışma, bekleme, sirkülasyon, dinlenme ve sergi-müze alanı şeklinde kullanılması doğru bir yaklaşım olmuştur.

İç bahçe ve yan bahçelerde bulunan bitki ve su unsurları ile yapının içinde ve dışında gölge ve serinlik sağlayan mekânlar oluşturulmuştur. Yapı pasif tasarım açısından araştırılan ve edinilen bilgilere göre olumlu izlenimler bırakmıştır.

Yapıda kullanılan aktif enerji kaynağı güneş enerjisidir. Yapının çatısına yaklaşık 47 kWh kapasitesinde 147 adet güneş panelleri kurulmuştur ve bu panellerden yaklaşık %50 verim hedeflenmiştir. Yapının bir yıllık enerji üretim miktarının tüketimini karşılama oranı grafiği incelendiğinde 2021 Mart-Nisan-Mayıs aylarında bu hedefin üzerine çıkmıştır ama bu aylar haricinde ortalama %32 üretimin tüketimi karşılama oranı elde edilmiştir. Çatıya monte edilen PV panellere ek olarak cepheye entegre PV panel tasarımı ile enerji etkinliği daha da arttırılabilirdi. Ayrıca yapıda kullanılan PV panellerin yıl içerisinde önlediği CO<sub>2</sub> emisyonu 46.564 kg olarak hesaplanmıştır. Bu yönü ile yapının atmosfere verdiği zararın da azaltılması hedeflenmiştir. Ancak yapı bulunduğu konum itibari ile şehir merkezine uzaktır ve yapıya ulaşım için toplu taşıma ya da kişisel araçların kullanılması gerekmektedir. Bu

durum da paneller sayesinde düşürülen karbon emisyonu, yapıya ulaşım nedeniyle artmaktadır.

Yapının bulunduğu bölgenin, diğer bölgelere göre yıl içerisinde en fazla güneşli alan bölge olması, yapı cephesinin büyük bir bölümünün şeffaf malzeme olması ile gün ışığını yoğun; kabuk tasarımından dolayı ise güneş ışığını kontrollü bir şekilde alması yapının doğal aydınlatması açısından avantaj sağlamaktadır. Bu durum aydınlatma giderlerini düşürmektedir. Yapıda doğal aydınlatma için şeffaf yüzeylerin artırılması haricinde tasarım aşamasında yapının güneş almaya kapalı küçük m<sup>2</sup>'li iç mekânlarına güneş tüpü ile desteklenmesi aydınlatma giderlerini daha da düşürebilirdi.

Yapıda HVAC sistemlerinde, ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan VRV klima sistemleri günümüzde en çok talep edilen sistemlerin başında gelmektedir. Bu durumun nedeni teknolojinin ilerlemesi ile birlikte inovasyonun sürekli olarak VRV sistemlerinin üzerinde uygulanmasıdır. Gelişen teknolojiye ayak uyduran ve devamlı olarak yenilenen bu sistem diğer sistemlere nazaran daha verimli, teknolojik ve ekonomiktir. VRV klima sistemlerinde atıl enerji bulunmamaktadır. Otomasyon sistemleri ve 3 borulu teknolojisi ile yapı içerisinde bir hacim ısıtılırken, diğer hacim ise aynı anda soğutulmaktadır. Ayrıca soğutulan hacimden çekilen ısı ısıtılan hacime aktarılmaktadır. Bu sayede ısı kazanımlarıyla yapıda maksimum tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca yapıda kullanılan bu sistem az yer kaplamaktadır. Yapılan literatür araştırmaları dahilinde enerji verimli bu iklimlendirme sisteminin işletme maliyetlerini düşürme ve daha çok verimli hale gelebilmesi için bir sunulan öneri ise soğutma sisteminin kondenserine uygulanacak ön soğutma işlemiyle; kondenserin bulunduğu ortamdaki havanın sıcaklığı, basıncı, hızı ve debisine bağlı olarak kompresörde harcanan enerjinin azaltılmasıdır. Adana ilinin yaz aylarında dış hava ortam sıcaklığı 38 °C ' dir. Deney düzeneği istenilen iklim koşullarını homojen bir şekilde oluşturulduğu test odasında yapılan bir deney çalışmasında dış hava sıcaklığı 37,5 °C ve %20 bağıl nemdeki soğutma sisteminin ön soğutma olmadığı duruma göre, 7090 evaporatif soğutucu ped ve 5090 evaporatif soğutucu ped kullanıldığındaki gözlemlenen değerler:

- 7090 tipi soğutucu ped → %14,5 güç tasarrufu ve %14,28 COP (Coefficient of Performance- Performans Katsayısı) artışı

- 5090 tipi soğutucu ped→ %29,5 güç tasarrufu ve %29,41 COP artışıdır (Baybaş ve diğ. 2013).

Yapılan bu deneydeki çalışmada olduğu gibi Sürdürülebilirlik Merkezi yapısında kullanılan VRV klima sisteminin kondenserine entegre edilecek evaporatif pedler sayesinde yapılan ön soğutma işlemiyle sistemin enerji verimliliği dahada yükseltilebilir.

Bir önceki başlık altında bahsedilen yapının enerji modellemesinde simülasyonun öngördüğü değerler ile yapının kullanım aşamasındaki fatura sonuçlarının karşılaştırmadaki saptamalar neticesinde LEED sisteminin “Enerji ve Atmosfer” kategorisinin EAc3 no’lu “Gelişmiş Heyet” adındaki değerlendirme ölçütünde yapının 1 yıllık gerçek tüketim değerleri oluştuğunda simülasyonun kalibre edilmesi istenebilir. Sistemler tam olarak çalıştırılıp gerekli verilerde revizeler yapılarak simülasyon tekrardan başlatılmalı ve yeniden sonuçlar alınmalıdır.

Enerji performansı yüksek bir yapı tasarımı amaçlandığında, verimlilik esasına dayalı ölçütlerin içeriği zayıf olduğundan LEED sistemi yetersiz olabilmektedir. Sistem sürdürülebilir yapı tasarlamak için yapıcı önerilerini sunmaktadır ama uygulama sırasında sistem içeriği sıradanlaşmaya başlamaktadır ve daha az enerji tasarrufu sağlanmaktadır. LEED değerlendirme sisteminde yapının iyi çalışır hale gelmesinin dışında uygun sistemleri yerleştirerek puan toplamak yeterli görülmektedir. Bu nedenle sistemler kağıt üzerinde vaat edilerek puan kazanılan verimi uygulamada tam olarak gerçekleştirememektedir. USGBC kendisine yöneltilen bu tarz eleştiriler üzerine yaptığı araştırmada, uygulaması bitmiş yapıların kullanım aşamasında enerji performansı açısından alınan LEED sertifika derecesine uymadıkları, varsayılandan çok daha düşük bir performans sergiledikleri ve bu performansların yıllar içerisinde daha da düştüğü kanısına varılmıştır (Solmaz 2013). Ayrıca bazı durumlarda simülasyon sonuçları uygulama aşamasında görülmemektedir ve sistemlerin bakım, işletim ve onarımının yapılmaması ya da sorunlarla karşılaşması da yapının enerji verimini düşürmektedir.

Bu nedenle LEED sertifika sürecini yöneten şirketlerin, yapı tasarımından uygulamasının bitiş sürecine kadar süreci yönetmesi ve sertifika için puan kazanmak amacıyla verimli sistemleri tercih etmeye çalışmasının yanında yapının kullanım

sürecinde de bu sistemlerin verimi üzeririnde gerekli geri dönüşlerin bakım onarım ve revizeleri yapması gerekmektedir. Fakat tezin alan araştırmasının yürütüldüğü süreç içerisinde yapı kullanıcıları ve LEED sertifika sürecini yöneten şirketin yapı uygulama aşamasından sonra birbiri ile iletişim içerisinde olmadıkları kanısına varılmıştır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezin ilk bölümünde ele alındığı gibi endüstri devrimi, artan nüfus sayısı, kentleşme, teknolojik gelişmeler, savaşlar ve enerji krizleri doğadaki bu denge ortamını bozmuştur. 1973 yılında yaşanan enerji krizinin sonucunda toplum, enerji tüketimi ve kaynakların sınırsız olmadığı konusunda farkındalık kazanmıştır. Enerji kullanımındaki yüksek payı ve çevrede oluşturduğu büyük boyuttaki zararlarından dolayı yapı sektöründe çevre koruması, enerji verimliliği ve alternatif enerji kaynakları hakkındaki faaliyetler artmış ve konuyla ilgili çalışmalar yapan gönüllü sivil toplum örgütleri kurulmuştur. Bu örgütlerin belirlediği sürdürülebilir yapı bina değerlendirme ölçütleri dâhilinde oluşturdukları sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinde, yapıların çevrede yarattığı etkiler değerlendirilerek ne düzeyde sürdürülebilir “yeşil” oldukları belirlenmektedir. Yeşil bina sertifika sistemlerinde dünya üzerinde ve ülkemizde en çok tercih edilen iki sistem bulunmaktadır. Bu sistemler LEED ve BREEAM’dır. Türkiye’de iki sistem arasında ise LEED’e başvuru yapan bina oranı daha yüksektir. Bu doğrultuda ülkemizde sıklıkla tercih edilen LEED sertifika sisteminin kategorileri detaylı olarak incelenmeli ve eksik kalan noktalara ise çözüm önerileri getirilmelidir.

Bu tez çalışmasında, enerji verimliliği bağlamında sürdürülebilir yapı tasarım kriterleri, bu kriterlerin değerlendirildiği LEED sertifika sistemi ile uygunluğu incelenmiş. Sistemin hedeflediği enerji performansı değerleri ile kullanım sürecindeki tüketim verilerinin ne düzeyde örtüştüğünü karşılaştırmak amaçlanmıştır. Literatür taramalarında sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık, yeşil bina değerlendirme sistemleri, enerji kavramları ayrı ayrı incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Bu kavramların ayrı ayrı en genel tanımları ile başlayıp en özele indirgeyen daha sonra bu kavramları bir bütün olarak değerlendiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu doğrultuda disiplinlerarası yapılan bu tez çalışmasında, ele alınan tüm kavramlar ayrı ayrı detaylı olarak incelenmiş daha sonra bu kavramlar birbiri ile ilişkilendirilmiştir. Daha sonra arşiv-müze-ofis kullanımını içeren LEED Platinum sertifikası almış bir yapı üzerinde, sertifika sisteminin enerji performansı hakkında tasarım sürecindeki hedefleri ve uygulama sonrasındaki kullanımları; kullanıcı görüşmesi, gözlem ve veri toplama işlemleri analiz edilmiştir.



Bu bağlamda tezin alan araştırmasında FNN Sürdürülebilirlik Merkezi yapısı elde edilebilen tüm verileriyle ele alınmıştır. Tezin konusuna uygun kavram anlatımları ve araştırmalar yapıldıktan sonra; FNN Sürdürülebilirlik Merkezi'nin tasarım sürecindeki olumlu yaklaşımları ve uygulama sonrasındaki kullanım aşamasındaki durumları değerlendirilmiştir. Enerji verimliliği ve LEED hedefleri bağlamında değerlendirme yapılmış ve yapılan araştırma ve öğrenilen bilgiler neticesinde 6.3.8 başlığı altında bazı önerilerde bulunulmuştur.

Sonuç olarak yaşadığımız Dünya'daki kaynaklarımız sınırlıdır ve bu sınırlı kaynakları gelecek nesillere ulaştırmamız gerekmektedir. Yapı sektörünün diğer sektörlerle göre çevreye verdiği zararlar daha yüksektir ve bunun çözümü için de yapı sektörüne emek veren tüm disiplinlerin bu konuda duyarlı olması gerekmektedir. %100 enerji verimli bir yapı tasarlamak ya da LEED gibi yeşil bina sertifika sistemlerinden tam puan almak mümkün değil ama en azından tasarlayacağımız, inşa edeceğimiz, içerisinde bir ömür geçireceğimiz yapıların enerji verimliliğini ve kaynak korunumunu çıkabileceği en yüksek seviyelere getirmek gerekli özveri ve çalışmalarla mümkün olacaktır.

## 8. KAYNAKÇA

Açıkel, D., “BREEAM ve LEED’de İç Hava Niteliğine Yönelik Ölçütlerin Endüstri Yapıları Bağlamında İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2020).

Adıgüzel Özbek, D., “Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimarlığın Çelişkisi”, *GreenAge Symposium Mimar Sinan Fine Arts University*, 1-10, (2010).

Akca, S., “LEED Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2011).

Akçakaya, O., *Kent Tartışmaları ve Yeni Yaklaşımlar*, Ankara: Orion Kitabevi, (2019).

Akın, N., “Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Seçilen Bir Modelin Tuğla Örneği Üzerinden Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2018).

Aksüzek, Y., “Kompleks Binalarda Enerji Verimliliği, Tasarrufu ve Enerji Yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, (2003).

Alparslan, B., “Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütleri Kapsamında Ankara’da Örnek Bir Yapı Tasarımı ve Değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, (2010).

Altın, M., “Bir Sürdürülebilir Mimarlık Örneği: Otonom Binalar-Dymaxion Evi”, *Ege Mimarlık*, 83, 24-29, (2013).

Altınöz, M. ve Mihlayanlar E., “Aktif Güneş Sistemlerinin Bina Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 4 (2), 323-335, (2019).

Arslan, N. C., “Yeşil Bina Projelerinde Tasarım Süreci İçin Bir Yaklaşım: LEED V4 Sertifikalandırma Süreci Modeli”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2015).

Ateş Can, S. ve Kurtoğlu, D., “Sürdürülebilir Mimari Kapsamında Geliştirilen Teknoloji ve Ürünler”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, 2 (2), 22-31, (2017).

Atıl, A., Gülgün, B. ve Yörük, İ., “Sürdürülebilir Kentler ve Peyzaj Mimarlığı”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (2), 215-226, (2005).

Atlım, F., “Balıkesir İlindeki PV Sistemlerin Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, (2019).

Aydın, S., “İletişim Yaklaşımıyla Sürdürülebilirlik Kavramı, Yeşil Kavramı ve Yerel-Küresel Yansımaları İle İlgili Bir İnceleme Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Ana Bilim Dalı, İstanbul, (2017).

Ayık, C., “Sürdürülebilir Kentleşme Endeks Modeli Önerisi: İstanbul Örneği”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şehir ve Bölge Planlaması Anabilim Dalı, İstanbul, (2019).

Aytıs, S. ve Polatkan, I., “Sürdürülebilir Tasarım Kavramında Temel İlkelerin Yapı ve Toplum Ölçeğinde Değerlendirilmesi”, *Yapı Fiziği Sürdürülebilir Tasarım Kongresi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, (2010).

Ayverdi, İ. ve Topaloğlu, A., *Türkçe Sözlük*, ISBN: 975-6444-27-4, İstanbul: Kubbealtı, (2007).

Baybaş E., Kara, F., Gezer, İ. ve Özhan, Ö., “Yüksek Enerji Verimliliğine Yönelik Evaporatif Destek Tasarımı”, Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Makine Mühendisliği Bölümü, Denizli, (2013).

Bingöl, B., “LEED Sertifikasyon Sisteminin Değerlendirilmesi ve Türkiye Verilerinin Analizi”, (ed. Sibel Demirarslan), *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Teori ve Araştırmalar II*, Ankara: Gece Kitaplığı, 187-206, (2020).

Boyacıoğlu, C., Ayıran, N. ve Pulat Gökmen, G., “Antroposen Çağı’nda Çevreci Mimarlığı Tartışmak: Post-Sürdürülebilirlik”, *Mimarlık Dergisi*, 57 (412), 31-35, (2020).

Bozdoğan, B., “Mimari Tasarım ve Ekoloji”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2003).

Bozlağan, R., “Sürdürülebilirlik Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı”, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 50, 1011-1028, (2010).

Bucuka, B., “Yapı Elemanları Açısından Enerji Etkin Bina Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, (2021).

Bulut, B., “Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, (2014).

Ciravoğlu, A., “Sürdürülebilirlik Düşüncesi-Mimarlık Etkileşimine Alternatif Bir Bakış: “Yer”in Çevre Bilincine Etkisi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).

Çağlar, H., “Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Eğitim Yapılarının Enerji Etkin Aydınlatma Açısından İncelenmesi ve Uygulama Örneklerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2021).

Çanka Kılıç, F., “Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56 (671), 28-40, (2015).

Çelebi, G. Ü., *Yapı-Çevre İlişkileri*, Ankara: TMMOB Mimarlar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi Yayınları, SMGM Eğitim Notları, (2008).

Çelebi, G., “Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 17-33, (2002).

Çelik, B. G., “Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulanma Olanakları - Eskişehir İçin Bir Örnek Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, Eskişehir, (2002).

Çelik, K. ve Ünver, R., “Yapı Elemanı Olarak FV Kullanımı ve Aydınlatma: İlköğretim Yapısı Örneği”, *VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 109-116, (2015).

Çelik, K., “Leed Sertifika Sistemleri ve Türkiye’deki Uygulamalarının Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2016).

Çetiner, C., “Parabolik Bir Güneş Kolektörünün Statik Analizi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 4 (2), 21-29, (2016).

Çınar, T., “Bahçekent Modelinin Düşünsel Kökenleri ve Kentbilime Katkıları”, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 55 (1), 27-51, (2000).

Çiğın, A. ve Yamaçlı, R., “Doğal Enerji, Sürdürülebilir Kalkınma ve Mimarlık Politikaları”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 554-571, (2020).

Çiloğlu, Y., “Sürdürülebilir Mimarlık Çevresinde Bir Tasarım Yöntemi: Demontaja Uygun Tasarım-Dut”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2011).

Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H., “Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20, 257-278, (2008).

Dedeoğlu, N., “Ekolojik Mimarlık Kapsamında Konut Tasarımlarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2002).

Deligöz, D., Kabak, S. ve Aktan, A. İ., “Türkiye’de Konut Yapılarında Kullanılmakta Olan Sertifika Sistemlerinin Kaynakların Korunumu Bağlamında İncelenmesi”, *GRID Mimarlık, Planlama ve Tasarım Dergisi*, 3 (2), 222-245, (2020).

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

Durmuş Arsan, Z., “Türkiye’de Sürdürülebilir Mimari”, *Mimarlık Dergisi*, 340, 21-30, (2008).

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Türkiye Enerji Raporu 2009”, ISSN: 1301-6318, Ankara, (2009).

ECOBUILD, “Yeşil Şehir Sertifikası”, *ECOUBUILD Yeşil Binalar İnşaat Mühendislik Enerji Danışmanlık Limited Şirketi*, Ankara.

Elbi, D., “Yapı Bilgi Modelleme Aracılığı İle Enerji Etkin Yapı Tasarımı ve Geliştirilmesi: Bir Konut Projesi Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2019).

Erdede, S. B., Erdede, B. ve Bektaş S., “Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi”, *5. Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu*, (2014).

Geçim, G., “Yapı Yaşam Döngüsünde Sürdürülebilir Yapı Değerlendirme Sistemlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2018).

Gökşen, F., “Sürdürülebilir Konut Tasarımında Enerji Etkin Yapı Kriterlerinin Belirlenmesi ve Doğu Akdeniz Bölgesi İçin Bir Tasarım Modeli Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, Adana, (2017).

Güçlüer, D., “Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2010).

Günaydın, G., “Sürdürülebilirlik Kapsamında Çevresel Ürün Bildirgelerinin Yapı Sektöründen Uygulanması: Türkiye İçin Öneri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2011).

Hasol, D., *Mimarlık ve Yapı Sözlüğü*, İstanbul: Yem Yayın, (2016).

Hoşkara, E., “Ülkesel Koşullara Uygun Sürdürülebilir Yapım İçin Stratejik Yapım Modeli”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2007).

İleri, H., “Verimlilik, Verimlilikle İlgili Kavramlar ve İşletmeler Açısından Verimliliğin Önemi”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 1 (2), 9-24, (1999).

İnan, Ö., “Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülebilirliği: Belediye Stratejik Planları Üzerinden Bir Değerlendirme”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, Ankara, (2019).

Kaplan, R., *Küresel Çevre Sorunları ve Politikaları*, Ankara: Mülkiyeliler Birliği Vakfı Yayınları, (1999).

Karadağ Ağkurt, G., “Çevre ve Ekoloji Algısının Yaygın Dinler Perspektifinden Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı, (2015).

Karakurt Tosun, E., “Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkileri”, *PARADOKS Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, (e-dergi), 5 (2), ISSN: 1305-7979, (2009).

Karakurt Tosun, E., “Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Sürecinde Kompakt Kent Modelinin Analizi”, *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 20 (1), 31-46, (2013).

Kaya, H. E. ve Taylan Susan, A., “Sürdürülebilir Bir Kentleşme Yaklaşımı Olarak, Ekolojik Planlama ve Eko-Kentler”, *İdeal Kent Dergisi*, 11 (30), 909-937, (2020).

Kayıhan, K. S., “Sürdürülebilir Mimarlığın Yarı Nemli Marmara İkliminde Tasarlanacak Temel Eğitim Binalarında İrdelenmesi ve Bir Yöntem Önerisi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul, (2006).

Keleş, R., *Kentbilim Terimleri Sözlüğü*, Ankara: İmge Kitabevi Yayınları, (2021).

Keleş, R., *Kentleşme Politikası*, Ankara: İmge Kitabevi Yayınları, (2015).

Ketizmen, G., “Mimari Tasarım Stüdyosunun Biçimlenmesinde Yöntemsel ve Mekansal Etkilerin İncelenmesi: Anadolu Üniversitesi Mimarlık Bölümü Mimari Tasarım Stüdyosu Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, Eskişehir, (2002).

Kılıç Demircan, R. ve Gültekin, A. B., “Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi”, *II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu*, 839-847, (2015).

Kıyılmaz, M. B., “Sanayide Enerji Yönetimi Esasları ve Enerji Verimliliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Muğla, (2019).

Kobaş, B., “Oluşturulmakta Olan Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sisteminin Malzeme Kategorisi İçin Breeam ve Leed Örneklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2011).

Koç, E. ve Kaya, K., “Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56 (668), 36-47, (2015).

Konuk, G., *Kentsel Tasarım Rehberleri / Cilt I: Araştırma ve Tanımlama*, İstanbul: T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayını, (2016).

Kuşçu, A. C., “Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Geleneksel Konya Evi Üzerine Bir İnceleme”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).

Müftügil Cesur, S., “İste(me)diğimiz Gelecek”, *EKOIQ Yeşil İş / Yeşil Yaşam*, 20, 34-41, (2012).

Newton, L. J. and Freyfole, E. T., “Sustainability: a Dissent”, *Conservation Biology*, 19 (1), 23-32, (2005).

Odaman Kaya, H., “Ölçütlere Dayalı Değerlendirme ve Sertifika Metodlarından Leed ve Breeam’in Türkiye Uygulamalarına Yönelik İrdeleme ve Öneriler”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir, (2012).

Oral, M., “Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve PV Uygulamalarının Yerel Ölçekte Değerlendirilmesi: Karabük İli Örneği”, *International Journal of Geography and Geography Education*, 42, 482-503, (2020).

Orhan, İ. H. ve Kaya, L. G., “LEED Belgeli Yeşil Binalar ve İç Mekan Kalitesinin İncelenmesi”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı*, 1, 18-28, (2016).

Osmançelebioğlu, D., “Sürdürülebilir Mimari ve Sertifikalı Yeşil Binalar”, Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2015).

Özcan, Ö. ve Temizbaş, A., “Yeşil Bina”, *1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, 1243-1251, (2010).

Özdamar, A., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Gelgit Enerjisi”, *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni*, 177, 24-25, (2005).

Özdemir, B. B., “Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2005).

Özdeniz, M. B., Bekleyen, A., Gönül, İ. A., Gönül, H., Sarıgül, H., Dalkılıç, N., Yıldırım, M. ve İlter, T., “Geçmişten Geleceğe Harran Yöresel Mimarisi”, *Yapı-Aylık Kültür, Sanat ve Mimarlık Dergisi*, 198, 94-101, (1998).

Özdoğan, H. P., “Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2005).

Özmehmet, E., “Avrupa ve Türkiye’deki Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış”, *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, 2 (7), 809-826, (2007).

Özsoy, C. E. ve Dinç, A., “Sürdürülebilir Kalkınma ve Ekolojik Ayak İzi”, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 53 (619), 35-55, (2016).

Öztürk, H. H., *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*, Ankara: Teknik Yayınevi, (2008).

Öztürk, H. H., “Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler”, *Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri*, (2017).



Roth, L. M., *Mimarlığın Öyküsü*, (çev. Ergün Akça), İstanbul: Kabalcı Yayıncılık, (2014).

Saygılı, T., “Babil Hukuku ve Hamurabi Kanunları”, *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 1-22, (2015).

Sayın, M., “Yeşil Bina Üretiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemi Kapsamında Çevresel Ürün Beyanlarının Yapılarda Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, Kocaeli, (2020).

Sayın, S. ve Koç, İ., “Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri”, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 89-106, (2011).

Selici, T., Utlı, Z. ve İlten, N., “Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirileri*, 1-5, (2005).

Sev, A. ve Canbay, N., “Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri”, *Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki: Ekolojik Mimarlıkta Somut Adımlar*, Nisan, 42-47, (2009).

Sırkıntı, H., “Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Yapım Uygulamaları ve LEED Sertifika Sistemine Öneriler”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2012).

Solmaz, G. S., “Leed Sertifikalandırma Sisteminin Enerji Performansı İle İlgili Uygulama Sorunlarının Bir Ofis Binası Üzerinden Sorgulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, (2013).

Şen Coşgun, E. D., “Yeşil Binaların Sürdürülebilirlik Açısından Önemi ve Türkiye Müteahhitler Birliği Yapısı Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Işık Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İç Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2019).

Şen, H., Kaya, A. ve Alparıslan, B., “Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif”, *Ekonomik Yaklaşım*, 29 (107), 1-47, (2018).

Şencen A., Selbaş, R. ve Kılıç, B., “Isıtma ve Soğutma Uygulamalarında Kullanılan Plakalı Isı Eşanjörlerinin Deneysel Analizi”, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 3 (1), 35-44, (2010).

Şenel, A., “Sürdürülebilir Bina Yapım İlkelerinin Ve Yeni Yaklaşımların İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir, (2010).

Tekeli, İ. “Habitat II Konferansı Yazıları”, *T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı*, İstanbul, (1996).

Tekeli, İ., *Gündelik Yaşam, Yaşam Kalitesi ve Yerellik Yazıları*, İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları, (2009).

Tokuç, A., “İzmir’de Enerji Etkin Konut Yapıları İçin Tasarım Kriterleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir, (2005).

Tufan, M. Z. ve Özel, C., “Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yapı Malzemeleri İçin Sürdürülebilirlik Kriterleri”, *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 1 (2), 9-13, (2018).

Tuna Taygun, G., “Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2005).

Uğur, L. O. ve Leblebici, N., “Yeşil Bina Sertifikalandırma Sistemlerinin İnşaat Maliyetleri ve Taşınmaz Değeri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, 544-576, (2015).

Ulukavak Harputlugil, G., *Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri*, Ankara: Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Yardım Projesi, (2016).

Uslusoy, S., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir, (2012).

Utkutuğ, G. S., “Yeni Yüzyıla Girerken Bina Tasarımı Ekoloji/Enerji Etkin/Akıllı Bina”, *IV. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu*, (2000).

Utkutuğ, G., “Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru Mimarlık ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri”, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 1517-1538, (2011).

Ürük, Z. F. ve Külünkoğlu İslamoğlu, A. K., “Breeam, Leed ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 143-154, (2019).

Varol, Ç. ve Gürel Üçer, A., “Sürdürülebilir Kentsel Gelişme İçin Planlama: Kastamonu Örneği”, *Gazi Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 5 (1), 83-98, (2005). Vitruvius., *Mimarlık Üzerine On Kitap*, (çev. Suna Güven), Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, (2013).

Yavuz, V. A., “Sürdürülebilirlik Kavramı ve İşletmeler Açısından Sürdürülebilir Üretim Stratejileri”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7 (14), 63-86, (2010).

Yazar, K. H., “Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Orta Ölçekli Kentlere Dönük Kent Planlama Yöntem Önerisi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi Anabilim Dalı, Ankara, (2006).

Yeang, K., *EKOTASARIM Ekoloji Tasarım Rehberi*, (çev. Semih Eryıldız ve Demet Eryıldız), İstanbul: Yem Yayın, (2012).

Yılmaz, M., “Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi”, *Akdeniz Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 33-54, (2012).

Yüksel, T., “Mevcut Bir Binanın Yenilenmesinde Pasif ve Aktif Seçeneklerin Enerji Verimliliği ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, (2019).

1. URL: “Sustainable [online], (23 Eylül 2021),

<https://www.merriam-webster.com/dictionary/sustainability>

2. URL: “Yaşayan Gezegen Raporu 2010 [online]”, (15 Ekim 2021),

<https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/yasayangezegenraporu2010.pdf>, (2010).

3. URL: “WWF-Türkiye Faaliyet Raporu 2016 [online]”, (15 Ekim 2021),

[https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/20170613\\_faaliyet\\_raporu\\_2016\\_high.pdf?6900/faaliyetraporu2016](https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/20170613_faaliyet_raporu_2016_high.pdf?6900/faaliyetraporu2016), (2016).

4. URL: “WWF-Yaşayan Gezegen Raporu 2018 [online]”, (15 Ekim 2021),

[https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/ygo\\_ozet\\_2018.pdf?8160/Yasayan-gezegen-raporu-2018](https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/ygo_ozet_2018.pdf?8160/Yasayan-gezegen-raporu-2018), (2018).

5. URL: “Dış İçeri Bakanlığı Resmî Sitesi [online]”, (15 Ekim 2021),  
<https://www.mfa.gov.tr/default.tr.mfa>
6. URL: “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Resmî Sitesi [online]”, (16 Ekim 2021),  
<https://csb.gov.tr/>
7. URL: Marans, R., “Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi [online]”, (10 Aralık 2021),  
<http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=53&RecID=1326>.
8. URL: “Yarının Şehirleri: Bahçe Şehirleri [online]”, (14 Aralık 2021),  
<https://www.gzt.com/arkitekt/yarinin-sehirleri-bahce-sehirler-3596980>, (2021).
9. URL: “Earthbag Building Blog [online]”, (16 Aralık 2021),  
<https://earthbagbuilding.wordpress.com/tag/passive-solar/>
10. URL: “Harran Evleri [online]”, (16 Aralık 2021),  
<https://avciarchitects.com/tr/tag/surdurulebilirlik/feed/>
11. URL: “Bir Değerleme Yaklaşımı: Yeşil Bina Sistemlerinin Gayrimenkul Değerine Etkisi [online]”, (5 Ocak 2022),  
[https://www.gyoder.org.tr/uploads/Yay%C4%B1nlar/sektorel\\_yayinlar/GYODER\\_PDF\\_\\_\\_20140605153004\\_2996yesil-degerleme.pdf](https://www.gyoder.org.tr/uploads/Yay%C4%B1nlar/sektorel_yayinlar/GYODER_PDF___20140605153004_2996yesil-degerleme.pdf) , (2014).
12. URL: “Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği Resmî Sitesi [online]”, (7 Ocak 2022).  
[www.cedbik.org](http://www.cedbik.org)
13. URL: <https://bregroup.com/products/breeam/>, [online], (10 Ocak 2022).
14. URL: “İİSBE [online]”, (14 Ocak 2022),  
<https://www.iisbe.org/>

15. URL: <https://www.abc.net.au/news/2020-02-05/australia-attitudes-climate-change-action-morrison-government/11878510> (<https://new.gbca.org.au/green-star/exploring-green-sta> [online], (15 Ocak 2022).
16. URL: “Green Building Council Australia [online]”, (17 Ocak 2022),  
<https://new.gbca.org.au/>
17. URL: <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/basicconceptE.htm> [online], (20 Ocak 2022).
18. URL: “DGNB [online]”, (25 Ocak 2022),  
<https://www.dgnb.de/en/index.php>
19. URL: “LEED [online]”, (2 Şubat 2022),  
<https://www.usgbc.org/leed>
20. URL: “Türk Dil Kurumu Resmî Sitesi [online]”, (10 Şubat 2022),  
<https://sozluk.gov.tr/>
21. URL: “Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamalar, [online]”, (20 Şubat 2022).  
<http://web.iyte.edu.tr/egetek/pages/links/energy/solarIzmir.html>
22. URL: <https://www.yesilaski.com/> [online], (23 Şubat 2022).
23. URL: “TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Sitesi [online]”, (25 Şubat 2022),  
<https://www.emo.org.tr/>
24. URL: “Arkitera [online]”, (10 Mart 2022),  
<https://www.arkitera.com/>
25. URL: “Atatürk Üniversitesi ATA-AOF Makina ve Teçhizat 10. Ünite [online]”, (15 Mart 2022),  
<https://docplayer.biz.tr/2761882-Unite-unite-e-makina-ve-techizat-icindekiler-doc-dr-bayram-sahin-hedefler-yenilenebilir-enerji-donusum-sistemleri.html>

26. URL: “<https://www.muhendisbeyinler.net/> [online]”, (5 Nisan 2022).
27. URL: “<https://www.greensolarnetwork.org/> [online]”, (10 Nisan 2022).
28. URL: “<https://adana.csb.gov.tr/ilimizi-taniyalim-i-1222> [online]”, (10 Mayıs 2022).
29. URL: “<https://tr.weatherspark.com/> [online]”, (18 Haziran 2022).
30. URL: “<https://tr.climate-data.org/> [online]”, (5 Temmuz 2022).
31. URL: TEKFEN İnşaat - FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Tbulten Online, “<https://tbulten.tekfen.com.tr/52/tekfen-naat-fnn-srdrelebilirlik-merkezi/> [online]”, (20 Temmuz 2022).
32. URL:” <https://www.arkiv.com.tr/proje/fnn-sustainability-center/11646> [online]”, (25 Temmuz 2022).
33. URL: “<https://reterm.com/tr/induksiyon-sistemleri> [online]”, (10 Ağustos 2022).