



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK BİNALARDA ENERJİ ETKİN MİMARİ TASARIM**  
**YAKLAŞIMLARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harun EROL**

**Anabilim Dalı: Mimarlık**

**MAYIS 2017**





**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK BİNALARDA ENERJİ ETKİN MİMARİ TASARIM**  
**YAKLAŞIMLARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harun EROL**

**(150201009)**

**Anabilim Dalı: Mimarlık**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Uğur ÖZCAN**

**Teslim Tarihi: 18 Mayıs 2017**

FSMVÜ, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 150201009 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Harun EROL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "YÜKSEK BİNALARDA ENERJİ ETKİN MİMARİ TASARIM YAKLAŞIMLARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** Yrd. Doç. Dr. Uğur ÖZCAN



**Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi**

**Jüri Üyesi :** Yrd. Doç. Dr. Jülide EDİRNE



**Haliç Üniversitesi**

**Jüri Üyesi :** Yrd. Doç. Dr. Murat POLAT



**Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi**

**Teslim Tarihi : 18 Mayıs 2017**

**Savunma Tarihi : 14 Haziran 2017**



## ÖNSÖZ

Bu çalışmada yüksek yapılarda enerji etkinliği üzerine durulmuş, yeni ve güncel sürdürülebilir tasarım yaklaşımları anlatılmıştır. Bu bağlamda farklı yüksek yapı örnekleri değerlendirilmiştir. Çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Uğur Özcan'a, bu süreçte beni motive eden arkadaşlarım Mehmet Emre Kılıç'a, Salih Kemal Köksal'a ve her zaman yanımda olan aileme teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2017

Harun EROL

Mimar



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	x
SEMBOL LİSTESİ .....	xii
ÖZET.....	xx
SUMMARY .....	xxii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	1
1.2 Literatür Araştırması .....	2
1.3 Hipotez .....	2
<b>2. ENERJİ ETKİN MİMARLIK VE YÜKSEK YAPI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Sürdürülebilirlik.....	4
2.1.1 Ekoloji boyutu .....	6
2.1.2 Sosyal boyutu .....	8
2.1.3 Ekonomi boyutu .....	9
2.2 Sürdürülebilir Kalkınma.....	10
2.3 Sürdürülebilir Mimarlık ve Yeşil Bina .....	13
2.3.1 Sürdürülebilir mimarlık .....	13
2.3.2 Yeşil bina .....	16
2.3.2.1 Yeşil bina sertifika sistemleri.....	17
2.4 Yüksek Yapı.....	25
2.4.1 Yüksek yapıların ortaya çıkış nedenleri .....	25
2.4.2 Yüksek yapı tanımları .....	27
2.5 Enerji Etkin Bina .....	29
2.5.1 İklim ve mahal (Yapı yeri) .....	30
2.5.2 Bina kabuğu.....	31
2.5.3 Binanın yönleniş durumu .....	32
2.5.4 Bina formu.....	33
2.5.5 Bina aralıkları.....	34



2.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	35
2.6.1 Rüzgâr enerjisi.....	35
2.6.1.1 Rüzgâr enerjisinin avantajları.....	36
2.6.1.2 Rüzgâr enerjisinin dezavantajları.....	37
2.6.2 Güneş enerjisi.....	37
2.6.2.1 Güneş enerjisinin avantajları.....	38
2.6.2.2 Güneş enerjisinin dezavantajları.....	39
2.6.3 Jeotermal enerji.....	39
2.6.3.1 Jeotermal enerjinin avantajları.....	40
2.6.3.2 Jeotermal enerjinin dezavantajları.....	40
2.6.4 Dalga enerjisi.....	40
2.6.5 Biyokütle enerjisi.....	41
2.6.5.1 Biyokütle enerjisinin avantajları.....	43
2.6.5.2 Biyokütle enerjisinin dezavantajları.....	44
2.7 Bölümün Değerlendirilmesi.....	44
<b>3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ YÜKSEK BİNALARDA KULLANIM SİSTEMLERİ VE MİMARİ İLE İLİŞKİSİ.....</b>	<b>47</b>
3.1 Pasif Sistemler.....	47
3.1.1 Çift cidarlı cepheler.....	47
3.1.2 Atriumlar.....	52
3.2 Aktif Sistemler.....	53
3.2.1 Fotovoltaik paneller.....	53
3.2.1.1 Fotovoltaik sistem uygulamaları.....	60
3.2.1.2 Fotovoltaik güç sistemlerinin projelendirilmesi.....	60
3.2.2 Rüzgâr türbinleri.....	61
3.2.2.1 Rüzgâr türbini çeşitleri.....	65
3.2.2.2 Bina-entegre rüzgar türbinleri.....	69
3.2.2.3 Bina- monte rüzgâr türbinleri.....	69
3.2.2.4 Rüzgâr enerjisinin yüksek binalarda kullanımı.....	71
3.2.3 Jeotermal ısı pompaları.....	72
3.2.3.1 Toprak kaynaklı ısı pompaları.....	73
3.2.3.2 Su kaynaklı ısı pompaları.....	75
3.2.3.3 Hava kaynaklı ısı pompaları.....	75
3.2.4 Biyoreaktör cephe.....	76

3.3 Bölümün Değerlendirilmesi .....	78
<b>4. UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ .....</b>	<b>81</b>
4.1 Commerzbank Genel Müdürlük Binası .....	82
4.2 Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi .....	87
4.3 Şanghay Kulesi.....	90
4.4 Al Bahar Kuleleri.....	93
4.5 Strata Kulesi .....	95
4.6 Unicredit Kulesi .....	97
4.7 İstanbul Sapphire Alışveriş ve Yaşam Merkezi .....	99
4.8. Örneklerin Karşılaştırılması .....	101
4.9 Bölümün Değerlendirilmesi .....	101
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>104</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>108</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>117</b>

## **KISALTMALAR**

CFCs	: Chlorofluorocarbons (Kloroflorakarbon)
HCFCs	: Hydrochlorofluorocarbons (Hidrokloroflorakarbon)
PV	: Fotovoltaik
BREEAM Method	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
IISBEE	: International Initiative for Sustainable Built Environment
CASBEE	: Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency
DGNB	: Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen
BRE	: Building Research Establishment (İngiliz Yapı Araştırma Kurumu)
MIT Enstitüsü)	: Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Araştırma Enstitüsü)
USGBC Konseyi)	: The United States. Green Building Council (Amerikan Yeşil Bina Konseyi)
GBCA Konseyi)	: Green Building Council of Australia (Avustralya Yeşil Bina Konseyi)
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
JSBC	: Japonya Sürdürülebilir Binalar Konsorsiyumunu
MLIT	: Arazi, Altyapı, Ulaşım ve Turizm Bakanlığı



## SEMBOL LİSTESİ

°C : Santigrat derece

U : Isı geçirme katsayısı

CO<sup>2</sup> : Karbondioksit

K : Kelvin

M : Metre

Cm : Santimetre

MW : Megawatt

KW : Kilowatt

Mwh : Megawatt saat



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Sürdürülebilirliğin boyutları.....	6
Şekil 2.2 : Fotovoltaik (PV) güneş enerji sisteminden elektrik üretme maliyeti eğrisi (cents/kwh).....	8
Şekil 2.3 : Mimaride sürdürülebilir tasarım ilkeleri( Kim ve Rigdon, 1998).....	15
Şekil 2.4 : Yapı yüksekliği- çevre ilişkisi.....	28
Şekil 2.5 : Farklı geometrik şekillerin yüzey alanı oranları.....	34
Şekil 2.6 : Biyokütle dönüşüm yöntemleri (Kılıç,2011).....	42
Şekil 3.1 : Çift cidarlı cephe sistemi.....	47
Şekil 3.2 : Çift cidarlı cephe yapısı.....	48
Şekil 3.3 : Çift cidarlı cephelerde hava akış modları.....	49
Şekil 3.4 : Çift cidarlı cephe türleri .....	51
Şekil 3.5 : Şaft tipi çift kabuk cephenin havalandırma durumu (Yeşilli, 2016).....	51
Şekil 3.6 : Güneş pili yapısı (Aygün,2012) .....	55
Şekil 3.7 : Hücre, modül, panel, dizi oluşumu.....	57
Şekil 3.8 : Rüzgar türbini yapısı (Url-11).....	63
Şekil 3.9 : Rüzgar enerjisi dönüşüm aşamaları (Url-11).....	64
Şekil 3.10 : Rüzgar türbini çeşitleri (Url-11).....	65
Şekil 3.11 : Rüzgâr açısına göre yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbinleri (Url-11)..	66
Şekil 3.12 : Bina-mesnetli rüzgâr türbinleri uygulama sistemleri.....	69
Şekil 3.13 : Isı pompası yapısı (Demir,2011).....	72
Şekil 3.14 : Yatay tip ısı pompası (Seyrek,2010).....	73
Şekil 3.15 : Dikey tip ısı pompası (Develioğlu,2012).....	74
Şekil 3.16 : Enerji sirkülasyonu (Url-15) .....	78
Şekil 4.1 : Commerzbank Genel Merkezi plan şeması (Url-16).....	84
Şekil 4.2 : Kesit ve hava akış şeması (Url-16) .....	85
Şekil 4.3 : Aktif ve pasif havalandırma seçenekleri (Url-16) .....	86
Şekil 4.4 : Üç rüzgar türbininin rüzgar hızı- rüzgar alma miktarı oranları (Semizoğlu,2009).....	88
Şekil 4.5 : Şanghai Kulesi vaziyet planı (Url-23).....	91
Şekil 4.6 : Strata Kulesi plan şeması (Url-25).....	95
Şekil 4.7 : Unicredit kulesi yerleşim planı (Url-26) .....	98
Şekil 4.8 : Sapphire Kulesi cephe detayı (Url-29).....	100





## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1 :</b> Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının önem derecesi.....	<b>12</b>
<b>Tablo 2.2 :</b> BREEAM değerlendirme ölçütleri (Url-3).....	<b>19</b>
<b>Tablo 2.3 :</b> LEED değerlendirme ölçütleri (Url-4). ....	<b>20</b>
<b>Tablo 2.4 :</b> Green Star değerlendirme ölçütleri (Url-5). ....	<b>21</b>
<b>Tablo 2.5 :</b> DGNB değerlendirme ölçütleri (Url-6) .....	<b>22</b>
<b>Tablo 2.6 :</b> Sb Tool değerlendirme ölçütleri (Url-7).....	<b>23</b>
<b>Tablo 2.7 :</b> İklim bölgelerine göre enerji tasarrufu önlemleri (Yeşilli, 2016).....	<b>30</b>
<b>Tablo 2.8 :</b> Cephe elemanlarının özelliklerinin ve çevresel koşullarının termal,görsel ve akustik konforu etkilemesi (Yeşilli, 2016). ....	<b>32</b>
<b>Tablo 3.1 :</b> Çift cidarlı cephe sisteminin avantajları (İnan, Başaran, 2014).....	<b>49</b>
<b>Tablo 3.2 :</b> Fotovoltaik hücre teknolojilerinin sınıflandırılması (Demir,2011) ...	<b>56</b>
<b>Tablo 3.3 :</b> Fotovoltaik hücre tipleri ve verimlilikleri (Demir, 2011).....	<b>57</b>
<b>Tablo 3.4 :</b> Çatıda ve cephede fotovoltaik panel kullanımı (Özdoğan, Hıraoğlu, 2011) ...	<b>59</b>
<b>Tablo 3.5 :</b> Rüzgar türbinlerinin sınıflandırılması .....	<b>68</b>
<b>Tablo 3.6 :</b> Rüzgâr türbinlerinin binalara uygulanması.....	<b>68</b>
<b>Tablo 3.7 :</b> Rüzgâr türbinini verimini etkileyen parametreler (Bektaş, 2013)... ..	<b>72</b>
<b>Tablo 4.1 :</b> Commerzbank Kulesi genel bilgiler (Url-16; Url-17; Url-18)... ..	<b>82</b>
<b>Tablo 4.2 :</b> Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi genel bilgiler (Url-17; Url-19; Url-20)... ..	<b>87</b>
<b>Tablo 4.3 :</b> Şanghay Kulesi genel bilgiler (Url-17; Url-21; Url-22)... ..	<b>90</b>
<b>Tablo 4.4 :</b> Al Bahar Kuleleri genel bilgiler (Url-17; Url-24)... ..	<b>93</b>
<b>Tablo 4.5 :</b> Strata Kulesi genel bilgiler (Url-17; Url-25)... ..	<b>95</b>
<b>Tablo 4.6 :</b> Unicredit Kulesi genel bilgiler (Url-17; Url-26; Url-27)... ..	<b>97</b>
<b>Tablo 4.7 :</b> İstanbul Sapphire genel bilgiler (Url-17; Url-28; Url-29)... ..	<b>99</b>
<b>Tablo 4.8 :</b> Seçilen örneklerin karşılaştırılması.....	<b>101</b>



## RESİM LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Resim 2.1</b> : İlk yüksek yapılar (Piramitler, zigguratlar, pagodalar) .....	<b>25</b>
<b>Resim 3.1</b> : Commerzbank atrium (Url-16) .....	<b>53</b>
<b>Resim 3.2</b> : Fotovoltaik paneller .....	<b>54</b>
<b>Resim 3.3</b> : 12 kW kapasiteli ilk rüzgâr türbini (Url-10) .....	<b>62</b>
<b>Resim 3.4</b> : Bina-monte rüzgar türbini örneği (Url-12) .....	<b>70</b>
<b>Resim 3.5</b> : Bazı özel tasarım rüzgar türbinleri (Url-13).....	<b>70</b>
<b>Resim 3.6</b> : Almanya BIQ binası panel detayı (Url-14).....	<b>77</b>
<b>Resim 3.7</b> : Almanya BIQ binası genel görünümü (Url-14) .....	<b>77</b>
<b>Resim 4.1</b> : Commerzbank kulesi genel görünümü (Url-16) .....	<b>83</b>
<b>Resim 4.2</b> : Yatay cam diyaframlar ve gökyüzü bahçesi (Url-16).....	<b>86</b>
<b>Resim 4.3</b> : Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi (Url-17).....	<b>87</b>
<b>Resim 4.4</b> : Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi rüzgar türbinleri (Url-19) .....	<b>89</b>
<b>Resim 4.5</b> : Şanghay Kulesi genel görünümü (Url-21) .....	<b>90</b>
<b>Resim 4.6</b> : Şanghay Kulesi çift cephe uygulaması (Url-22) .....	<b>92</b>
<b>Resim 4.7</b> : Al Bahar Kuleleri genel görünümü (Url-24).....	<b>93</b>
<b>Resim 4.8</b> : Mashrabiya cephe detayı (Url-24) .....	<b>94</b>
<b>Resim 4.9</b> : Strata Kulesi genel görünümü (Url-25).....	<b>96</b>
<b>Resim 4.10</b> : Unicredit kulesi genel görünüm (Url-17).....	<b>97</b>
<b>Resim 4.11</b> : İstanbul Sapphire genel görünüm (Url-29) .....	<b>99</b>



# YÜKSEK BİNALARDA ENERJİ ETKİN MİMARİ TASARIM YAKLAŞIMLARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

## ÖZET

Özellikle sanayi devriminden bu yana artan enerji ihtiyacı neticesinde bu ihtiyacın fosil kaynaklardan sağlanması küresel ısınmaya, ozon tabakasının delinmesine, çevre kirliliğine, enerji krizlerine ve biyoçeşitliliğin azalması gibi çevresel sorunlara yol açmıştır. Bu tahribatlar neticesinde enerji elde edilmesi için yenilenebilir kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmış, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir mimarlık ve yeşil bina kavramları tartışılmaya başlanmıştır.

Sürdürülebilir mimarlık ilkesi, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjisi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, aynı zamanda insanların konfor koşullarını ön planda tutan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin bütünü olarak tanımlanabilir.

Beş bölümden oluşan tez kapsamında sürdürülebilirlikten yola çıkılarak yüksek binalarda enerji etkinliği üzerinde durulmuştur. Birinci bölümde çalışmanın amaç, kapsam ve yöntemi ele alınmıştır.

İkinci bölümde sürdürülebilirlik ilkesi ekolojik, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ele alınmış, birbirinden ayrı düşünülmemeyen sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir mimarlık tanımlamaları yapılmıştır. Sonrasında yeşil bina ve yeşil bina sertifika sistemlerinden bahsedilmiş, yüksek yapı tanımlamaları yapılmıştır. Enerji etkinliği sağlayan pasif tasarım kararları bu bölümde anlatılmış olup güneş, rüzgar, jeotermal, dalga ve biokütle enerjilerinden bahsedilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı sistemler pasif ve aktif olarak anlatılmıştır. Pasif sistemler olarak özellikle yüksek yapılarda doğal havalandırma ve ısı kontrolü sağlayan çift cidarlı cepheler ve atriumlar tanımlanmıştır. Aktif sistemler olarak ise güneş enerjisinden elektrik üreten fotovoltaiik paneller, havadaki kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştüren rüzgar türbinleri anlatılmıştır. Sonrasında jeotermal ısı pompaları ve gelişmekte olan biyoreaktör cephe türünden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde dünya genelinde yapılmış olan yüksek yapılar tezin ikinci ve üçüncü bölümünde anlatılan konular çerçevesinde incelenmiş, resimli açıklamalarla aktarılmıştır.

Tezin son kısmı olan beşinci bölümde literatür taramaları sonucu verilmiş bilgiler dahilinde varılan sonuç ve değerlendirmeler anlatılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir kalkınma, yenilenebilir enerji kaynakları, yüksek bina



# **ENERGY EFFICIENT ARCHITECTURAL DESIGN APPROACHES IN HIGH-RISE STRUCTURES AND ANALYSIS OF APPLICATION EXAMPLES**

## **SUMMARY**

The supply of energy requirement from fossil fuel sources, especially after the increasing demand since the industrial revolution, has led to environmental problems such as global warming, the depletion of the ozone layer, environmental pollution, energy crises and the loss of biodiversity. As a result of these damages, the use of renewable resources for the energy sector has come to the forefront and the concepts of sustainability, sustainable development, sustainable architecture and green buildings have begun to be discussed.

Sustainable architecture principle can be defined as the whole set of activities to build structures which are environmentally sensitive, prioritizing the use of renewable energy resources, structures that effectively use energy, water, materials and the area that they are in, and also prioritize the comfort of the people that will live in them.

In the thesis consisting of five sections, energy efficiency is emphasized in high-rise buildings by starting out from sustainability. The purpose, scope and method of study has been discussed in the first section.

In the second chapter, the sustainability principle is addressed through ecological, social and economic aspects and sustainable development and sustainable architecture concepts which cannot be considered separate, have been defined. Later on, green building and green building certificate systems were mentioned and high-rise structure descriptions were made. Passive design decisions that provide energy efficiency were described in this section and solar, wind, geothermal, wave and biomass energy sources have also been mentioned.

In the third section of the thesis, the systems in which renewable energy sources are used were divided into passive and active sources. As passive systems, double-walled facades and atriums were given as examples that provide natural ventilation and temperature control in high-rise structures. As active systems, photovoltaic panels that generate electricity from solar energy, wind turbines that convert kinetic energy into electrical energy have been explained. After that, geothermal heat pumps and the developing bioreactor facade were mentioned.

In the fourth chapter, the high-rise structures that have been constructed around the world have been examined with the framework of the topics given in the second and third chapters of the thesis, and they have been explained with pictorial explanations.

In the fifth section, which is the last part of the thesis, the results of the literature reviews were given and the results and evaluations obtained as a result of these reviews were explained.

**Key words:** Sustainability, sustainable architecture, sustainable development, renewable energy resources, high-rise building







## **1. GİRİŞ**

Teknolojik ve endüstriyel gelişmelere bağılı olarak enerji ihtiyacı artmakta, dünya fosil yakıt (petrol, kömür ve doğal gaz) rezervleri her geçen gün azalmaktadır. Fosil kaynak rezervleri bazı ülke sınırları içinde bulunmakta, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu bazı ülkeler ihracatla temin ettikleri enerji için büyük harcamalarda bulunmaktadır. Böylece, enerji rezervine sahip olmayan ülkeler, sahip olan ülkelere bağımlı kalarak, enerji rezervleri siyasi baskı ve yatırım unsuru olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu kaynakların oluşturduğu kirlilik, ekosistemde yarattığı sorunlar ve buna paralel küresel ısınma gibi sebepler fosil yakıtlara karşı önlem almayı gerektirmiştir.

Bu durum; dünyanın her yerinde var olan, dünya var olduğu müddetçe devam edecek, temiz olan ve atık-artık bırakmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaktadır.

### **1.1 Tezin Amacı**

Dünyada bilinçsizce kullanılan yenilenemez kaynakların oluşturduğu yıkımlar neticesinde yenilenebilir kaynakların önemi anlaşılmış, son yüzyılda çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir ve her geçen gün geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu sistemler yeni teknolojik buluşlarla desteklenmekte ve verim alma noktasında daha yukarılara taşınmaktadır. Tasarım aşamasında doğru kararlar verilerek binanın enerji etkinliği arttırılsa da binanın ısıtılması ve soğutulması noktasında kullanılan enerji fosil kaynaklardan üretildiği sürece ekolojik amaçlar tam olarak sağlanmamış olacaktır.

Bu çalışmanın öncelikli amacı; fazla insan yoğunluğuna sahip yüksek yapılara yenilenebilir enerji kullanan sistemlerin entegre edilmesi, yapıldığı çevreye büyük etkisi olan bu yapıların enerji üretmedeki zararlı atıklarını en aza indirmeye yönelik değerlendirmelerde bulunmaktır. Yüksek yapıların her geçen gün artan

yüksekliklerinin meydana getirdiği avantajlar yenilenebilir kaynaklardan daha fazla enerji elde edilmesi hususunda dikkate alınmıştır.

Yine bu çalışmada sürdürülebilirlik ilkesinin kapsamı, mimarlık disiplini ile olan ilişkisi ve bu ilişkinin yüksek yapılar özelinde tanımlanması amaçlanmıştır. Sürdürülebilir mimarlık kendi amacını, mevcut çevresel döngüye karşı duyarlılığı ve kullanıcılarına sağlıklı ve konforlu bir ortam oluşturmasıyla sürdürülebilirliğin amacıyla keşiştirmektedir. Bu keşişimde güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga ve biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının son kullanım Őekilleri üzerinde durulmuştur. Uygulama rnekleri verilerek anlatılmak istenilen düşüncenin pekiştirilmesi amaçlanmıştır.

## **1.2 Literatür Araştırması**

Amaçlarını ve kapsamını belirlediğimiz bu çalışma literatür incelemesine dayalı bir yöntemle oluşturulmuştur. Sürdürülebilir bina yapımı ile ilgili olarak yurtiçi ve yurtdişında yazılmış kitaplar, tezler, makaleler okunmuş; mevcut kurum ve kuruluşların, çalışmaları incelenmiş ve gerçekleştirilen uygulamaların değerlendirilmesi yapılmıştır.

## **1.3 Hipotez**

Yüksek yapılarda yaşayanlar bazen bir köy kadar bazen de daha fazla sayıda olabilmektedir. Barındırdığı insan yoğunluğuna paralel enerji ihtiyacı fazla olan yüksek yapılarda sürdürülebilir yapı teknolojilerinin kullanımı yapının enerji ihtiyacını azaltmada etkili olduğu gibi gereken enerjinin de bir kısmını üreterek Şebekeye duyulan talebi azaltacaktır. Bu bağlamda yüksek yapılarda yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalı, ısı kayıpları azaltılmalı ve yüksek yapılar sürdürülebilir olmalıdır.



## 2. ENERJİ ETKİN MİMARLIK VE YÜKSEK YAPI

### 2.1 Sürdürülebilirlik

İnsanoğlunun çevresine verdiği zararlar her geçen gün artmaktadır. Bu zararların başında enerjinin bilinçsizce ve yanlış kaynaklardan elde edilmesi gelmektedir. Günümüze kadar gelen sürdürülemez gelişme anlayışı iklimi bozmakta ve doğada geri dönüşümü mümkün olmayan hasarlar açmaktadır. Bu hasarları en aza indirilebilmek için sürdürülebilirlik kavramını yaşamın merkezine koymak gerekmektedir.

1980 senesinde Dünya Koruma Birliği tarafından yayınlanan “ Koruma İçin Dünya Stratejisi” ( La Strategie Mondiale Pour La Conservation) raporunda ilk defa sürdürülebilir gelişme kavramı irdelenmiştir. Sürdürülebilir gelişme, Peter Cookson Smith tarafından, “Biyosferin taşıma kapasitesini, ekosistemi ve kaynakları göz önünde bulundurarak yaşam kalitesini sağlamak” şeklinde ifade edilmiştir.

Sürdürülebilirlik düşüncesi malzemenin, suyun, enerjinin devamlılığını sağlama düşüncesi olarak tanımlanabilir.

Başka bir tanım olarak sürdürülebilirlik kavramı; içinde bulunduğumuz zamanda ihtiyaçlarımızı karşılarken, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılamasının önüne set oluşturmamaktır. Bu da çevre kirliliğini arttıran fosil kaynaklı yakıtlar yerine kendini sürekli tazeleyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkün olacaktır. Enerjinin sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmesiyle beraber çevre ekolojisine verilen zararlar da azalmış olacaktır.

Sürdürülebilirlik düşüncesi yaşamın birçok alanında olduğu gibi mimarlık alanında da kendisine geniş yer bulmuştur. Sürdürülebilir mimarlık ilkelerini üç ana başlıkta toplayabiliriz. “Kaynak yönetimi” ilkesi kaynak kullanımının azaltılmasını, kaynakların yeniden kullanımını ve geri dönüşümünü öngörür. “Yaşam döngüsü tasarımı” ilkesi yapının var olma süreci ve çevresine etkilerinin analiz edilebilmesini sağlar. “İnsan için tasarım” ilkesi de insanlar ve doğal dünya arasındaki ilişkiler üzerinde durur (Kim ve Rigdon, 1998).

Sürdürülebilirlik aslında, yaşam kalitesini düşürmeden, düşünce tarzında değişiklik yapılmasını gerektiren bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılacak

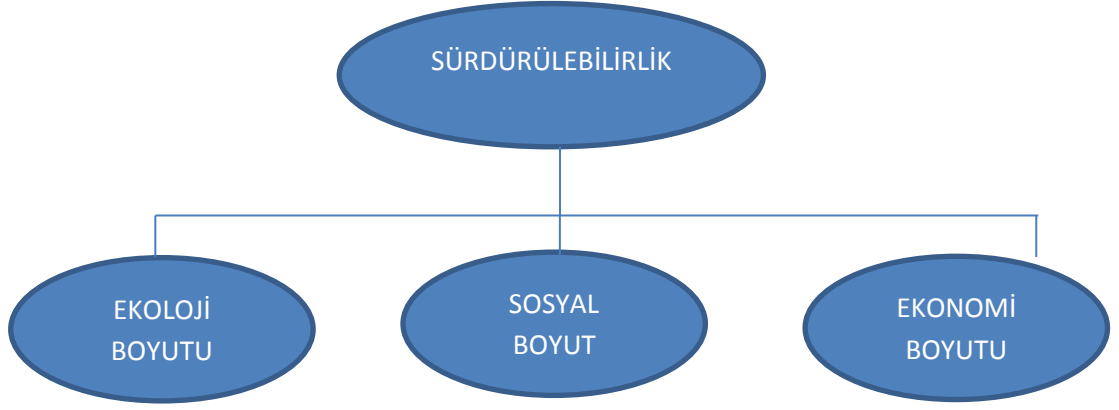
değişikliğin özünü de; mevcut tüketim anlayışımızı bir kenara bırakıp, diğer bir ifadeyle tüketim toplumu olmaktan sıyrılıp, evrensel açıdan dayanışma içinde olan, demokratik ve eşitlikçi bir bakış açısıyla, çevresel yönetim, toplumsal sorumluluklar ve ekonomik çözümleri hedefleyen, bütünsel bir kalkınma anlayışı oluşturmaktadır (Şenel, 2010).

Sürdürülebilirlik düşüncesi teknoloji ile karşı karşıya gelmektedir. Çünkü sürdürülebilirlik temelde doğanın taşıma kapasitesinin ötesine geçilmemesini öngörmekte iken, teknolojinin mantığı her zaman doğadan daha çok yararlanma yönündedir. Aslında bugün kapitalist toplumların hayata geçirmeye çalıştığı sürdürülebilir kalkınma modeli, insanın teknoloji sayesinde doğa üzerinde yapmış olduğu tahribatı azaltma ya da ortadan kaldırma yönündeki düşüncelerdir. Bu nedenle bir anlamda birbiriyle uyumlu ya da birbiriyle kolaylıkla bağdaşabilecek kavramlar olduğunu söylemek zordur. İki kavramın uzlaşmasını zorlaştıran bir diğer nokta da, teknolojiyi her şeyin üstünde görmeye devam eden çevrelerin tutumudur. Çünkü bütün çevresel risklere karşın teknoloji yanlıları, hala doğanın kapasitesinin zorlanmasından yana olup ortaya çıkabilecek sorunların da teknoloji sayesinde aşılabileceğine inanmaktadır (Kılıç, 2012).

Sürdürülebilir yasama biçimi, “Her neslin elindeki ana sermayeyi harcamak yerine, bir önceki nesilden kendine kalan mirastan elde ettiği kar ile yaşaması” şeklinde tanımlanabilir (Baysan, 2003).

Her türlü doğal devinim "enerji" içerir. Enerji mimarlığı bundan böyle, doğal döngünün enerjisini yapı ölçeğinde insanların hizmetine sunan, seçtiği malzemelerden başlayıp, yapının ömür sürecindeki “ekolojik uyumuna” ve ürününe kadar giden uzun yolda gayret gösteren bir bilim dalı olacaktır. "Ekolojik" olmak aslında doğaya uyumlu yani "ekonomik" olmaktır. Dolayısı ile "daha az enerji" harcamaktır. Çevreye daha az zarar vermektir ( Erengezgin, 2005).

Sürdürülebilir kalkınmada çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin birbirinden bağımsız ancak birbirini destekleyen bileşenler olduğunu, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için konunun bu üç farklı yaklaşım ile ancak bir bütün olarak ele alınması gerektiği ortaya çıkmıştır.



**Şekil 2.1:** Sürdürülebilirliğin boyutları.

### **2.1.1 Ekoloji boyutu**

İnsanın çevresiyle olan ilişkisi olumlu ya da olumsuz sonuçlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu ilişki çerçevesinde ekoloji kavramı; insan-doğa etkileşimini inceleyen bir disiplin olarak tanımlanabilir. Geçmişten günümüze insanoğlu barınma ihtiyacı başta olmak üzere yaşama gereksinimleri için çevre ekolojisine zararlar vermiştir. Enerji ihtiyacını fosil yakıtlardan sağlamaya başlaması ekolojiye asıl darbeyi vuran sebep olmuştur.

İnsanoğlu kentler dışında hiçbir yerde çevreyi bu kadar değiştirmemiştir. Kentlerin çevre etkisi kendi sınırlarının çok ötesine uzanır. Kentsel büyüme çevresel değişimin başlıca kaynağı olmuştur. Kentlerin etkisi hinterlandlara, rüzgârı ve akıntıyı arkasına alarak dünya üzerindeki tüm topluluklara ulaşmıştır. Kentler, uzak yakın demeden, hemen her yerden giderek daha fazla enerji, su ve malzeme emmiş; buna karşılıklı-kirletici madde, çöp ve katı atıklarla birlikte- mal ve hizmet pompalamıştır (Yeang, 2012).

Ekoloji, en kapsamlı tanımı ile bir ürünün üretiminden tükeninceye kadar olan süreçte, doğal çevrenin olumsuz etkilenmesini azaltacak sistemlerin araştırılması olarak nitelendirilebilmektedir (Uslusoy, 2012).

Sürdürülebilir gelişmenin çevresel boyutu, ekolojik dengenin ve doğal süreçlerin, salt ekonomik çıkarlar doğrultusunda bozulmasının engellenmesini ve korunmasını sağlamaya yönelik düzenlemeler içermektedir. İnsanoğlunun hem ekonomik hem de sosyokültürel faaliyetlerini devam ettirebilmesinin temel şartı çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır. Bu anlamda sürdürülebilir gelişmenin öncelikli ve

kapsayıcı boyutu çevresel gelişmedir. Hedeflenen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Sev, 2009).

Seymen'e (1993) göre ekoloji; organizmaları, hayvan, bitki, mikroorganizma grup ve topluluklarını, canlı ve cansız ( toprak, su, hava, doğal ve yapay çevre bileşenleri) fiziksel çevreleriyle olan ilişkilerini, tüm madde ve enerji alışverişleri ve dönüşümlerini ele alıp inceleyen bilim dalıdır.

Mimarlık alanında ekolojik dengenin zarar görmemesi için, doğal ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Mimarlıkta makineleşmeye kadar hal böyle iken, makineleşme sonrası teknolojik gelişmelerle beraber endüstriyel ürünlerin kullanılması çevre sağlığına zarar vermiştir.

Ekolojik mimarlık, bir yapının enerji ihtiyacını minimum seviyeye indirmek için, tasarımın ve malzeme seçiminin bu amaç yönünde gerçekleşmesidir. Tasarımda pasif tasarım ilkeleri uygulanırken, malzeme seçimi ve yapıya entegre edilecek sistemlerin yardımıyla, yapıda ihtiyaç duyulacak enerjinin üretimine katkıda bulunması amaçlanmaktadır (Berber, 2012).

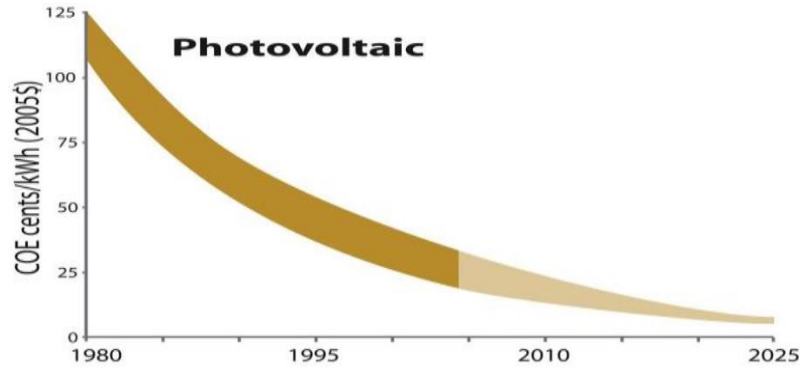
Ekolojik dengeyi koruma ve doğal kaynakları hesaplı tüketme zorunluluğu tasarımcılar ve yatırımcıları yeni önlemler almaya yöneltmekte, ekolojik tasarım ilkelerini göz önünde bulunduran binaların yapımı hızlanmaktadır. Bu anlamda mimarlığın konumu önemlidir, zira;

- Dünya genelinde tüketilen enerjinin % 50'si,
- Suyun % 42'si bina yapımında ya da kullanım süreçlerinde harcanmaktadır.
- Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının % 50'si,
- İçme sularındaki kirlenmenin % 40'ı,
- Hava kirliliğinin % 24'ü, CFCs ve HCFCs emisyonlarının % 50'si yapılarla ilişkili faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Eryıldız, 2003).

Günümüze dek tüketilmesi için talep oluşturulan mal ve hizmetlerin taşınması da ayrı bir tüketim gerektirmiştir. Hava, deniz ve kara taşıtları çok yüksek miktarda karbondioksiti atmosfere salmaktadır. Bu açıdan küresel ısınmayla mücadeleye yardım etmek için daha çok yerel ürün kullanılması da tavsiye edilen yollardan biri haline gelmiştir. Hangi yolla üretilirse üretilsin yenilenebilir enerji kaynakları



haricindeki kaynaklardan elde edilen enerji de çevrenin kirlenmesi değişen oranlarda yaygın hale gelmiştir. Daha fazla tüketim daha fazla üretim anlamına daha fazla üretim de daha fazla kirlilik anlamına gelmeye başlamıştır. Küresel ısınmayı engelleyebilecek bir öngörü için Şekil 2.2 geleceğe işaret etmektedir. Yani geleceğin yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu konusunda gittikçe daha fazla görüş birliği sağlanmaktadır. 2010 yılında dünya çapında 85 ülke yenilenebilir enerji konusunda kendisine milli bir hedef belirlemiştir (Alptekin, 2015).



**Şekil 2.2:** Fotovoltaik (PV) güneş enerji sisteminden elektrik üretme maliyeti eğrisi (cents/kwh).

### 2.1.2 Sosyal boyutu

Sosyal anlamda sürdürülebilirlik, insanın yaşam döngüsünde mekânlarla olan ilişkisini, hayat standartlarını ve gelecek nesillerin de refahını düşünmeyi amaçlar.

Sosyal sürdürülebilirlik, sağlık ve eğitim alanında gelişme, gereksinmelerin karşılanması, kültür ve mirasın korunması ve yaşam standardının yükseltilmesi gibi esaslara dayanmaktadır. Sosyal normlar zaman içinde değişse de, sosyal ve kültürel yapının sürekliliği önemlidir. Sosyal sürdürülebilirliğin, doğal kaynakların korunması ve gelecek nesillere aktarılması ile ilgili insanların bilgilendirilmesi ve belirli alışkanlıklarının değiştirilmesi açısından ekolojik sürdürülebilirlikle bağlantısı önemlidir (Şenel, 2010).

Toplum oluşturulan bireyler arasında bir bağ oluşturmayı, çeşitli gruplar arasında dayanışmayı sağlamakla beraber, insanların sağlık, güvenlik gereksinimleri karşılanmalı, konfor düzeyi yükseltilmelidir. Sürdürülebilirlik ilkesi sosyal dokuyu

oluşturan bireylerce kabul edildiği takdirde geliştirilmesi ve gelecek kuşaklara aktarımı kolay olacaktır.

Sürdürülebilir bir sosyokültürel gelişme için aşağıdaki şartların oluşturulması hedeflenmektedir (Sev, 2009).

- Kültürel kimliklerin korunması
- Yaşam kalitesinin yükseltilmesi,
- Sağlık ve eğitim olanaklarının toplumsal düzeyde geliştirilmesi ve adil kullanımı,
- Toplumlara karşı tarafsız yaklaşımların geliştirilerek, adalet ve kişisel güvenliğin sağlanması,
- Göçmenler, özürllüer, etnik azınlıklar gibi grupların toplumla bütünleşmesinin sağlanması,
- Katılımcı ve güçlü sivil toplum kuruluşlarının gelişme şartlarının yaratılması

### **2.1.3 Ekonomi boyutu**

Yapılaşmada enerji başlığı altında ekonomik durum 1973 petrol krizi sonrası gündeme gelmiş ve aradan geçen yıllarda önemli tedbirler almayı zorunlu kılmıştır. Enerji üretmede kullanılan petrolün fiyatı her geçen gün artmaktadır. Bu artış ekonomik anlamda önlemler almayı gerektirmiştir.

Ekonomik anlamda sürdürülebilirlik, düşük bakım ve kullanım maliyeti, yüksek verim elde edilmesi ve katma değer oluşumu gibi konuları bünyesinde barındırır.

Ekonomik anlamda büyüme sağlarken sürdürülebilirlik düşüncesinin göz ardı edilmesi sürdürülebilir kalkınma düşüncesine zarar vermektedir. Çevre açısından temel sorun, ekonominin adeta her şeye yön veren özerk yapısı içerisinde çevreyi öne çıkaran bir sürdürülebilirlik anlayışının güdülmemesidir.

Dünya ekonomisindeki büyüme her kıtada her ülkede farklılık göstermektedir. Bununla beraber dünyadaki kaynaklardan yararlanma açısından ülkeler arasında büyük farklılıkların oluşmasına yol açmaktadır. Dünyadaki ekosisteme bakıldığında ülkelerin kaynak kullanımları arasındaki adaletsiz tüketim ortaya çıkmaktadır. Dünya genelinde ortaya çıkan bu uçurumun kaynağı, geçen yüzyılda meydana gelen sosyal

ve ekonomik alandaki değişikliklerdir. Özellikle enerjinin sürdürülebilirlik düşüncesi gözetilmeden bilinçsizce tüketimi ekosistemin kaldırmayacağı seviyelere çıkacaktır. Ekonomik büyüme ve insanların refah düzeylerinin yükseltilmesi adına atılacak adımların çevreyi yok saymadan, çevre ile bütünleşmiş bir bakış açısıyla ele alınması gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik ilkelerinin ekonomi alanında uygulanmasında yapılması gereken ilk çalışma kuşkusuz doğal kaynaklardan yararlanmanın hangi ilkelere göre yapılacağıdır. Çünkü doğanın bir taşıma kapasitesinin olması nedeniyle, doğaya kaldıramayacağına üzerinde bir yük, yüklenmemesi gerekir (Kılıç, 2012).

Ekonomik gelişmenin hedefleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Sev, 2009);

- Ekonomik sermayenin istikrarı ve eşit dağılımı,
- Atıkların geri dönüştürülmesi ve ekonomiye kazandırılması,
- Fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerjilere yönelerek CO<sub>2</sub> salınımının en aza indirgenmesi,
- Barınma ve beslenme gibi temel insan gereksinimlerinin adil yöntemlerle karşılanması,
- Tüketimin azaltılması ve enerji tasarruf yöntemlerinin geliştirilerek uygulanması.

## **2.2 Sürdürülebilir Kalkınma**

2. Dünya Savaşı'ndan sonraki hızlı büyümenin ekolojik denge üzerinde yarattığı sorunlar ve bozulan ekonomi kalkınma ile çevre arasındaki bağların farkına varılması ve kalkınma kavramının dile getirilmesi 1960'lı yılların sonuna rastlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın tartışılmasına ise 1970'lerin ikinci yarısında başlanmıştır.

Birleşmiş Milletler tarafından 1983 yılında kurulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu 1987 yılında Ortak Geleceğimiz( Our Common Future) başlıklı kapsamlı bir rapor yayınlamıştır. Raporunda çevre sorunları yoksulluk-eşitsizlik ekseninde ele alınmış olup sürdürülebilir kalkınma ilkesi ulaşılması gereken amaç olarak işlenmiş, bu bağlamda mevcut politikaların gözden geçirilmesine yönelik değerlendirmelerde de bulunulmuştur. “Yoksulluğun ve eşitsizliğin olduğu bir dünya her zaman için

ekolojik ve diğ er krizlere eğ ilimli olacaktır.” İ fadesinin yer ald ığı raporda sürdürülebilir kalkınma en genel tanımlamayla “bugünün gereksinimlerini, gelecek kuş akların kendi gereksinimlerini karşı lama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşı layan kalkınma” olarak tarif edilmektedir.

Kalkınma, klasik kapitalist model tarafından belirlenen günümüz modern toplumlarında salt ekonomik bir çerçevede, kişı baş ına düş en gelirin artırılması olarak tanımlanmaktadır. Genel hatlarıyla klasik kapitalist model, bireylerin satın alma gücünün artırılmasının piyasada ekonomik aktivitenin artması yönünde de bir motor iş levi göreceğini ve böylece gayri safi milli hasıladaki artışın bireylere yansıtacağını öngörür. Tanımdan anlaş ılacağı üzere bu modelin tanımlad ığı kalkınma sonuçta sınırsız üretim ve sınırsız tüketime dayanmaktadır (Torunoğ lu, 2014).

Kalkınmanın en önemli amacı insan iyiliğini ve insanoğ lunun maksimum kapasitesine ulaş masına imkân sağlamaktır. Geliş miş ve geliş mekte olan ÷ lke liderleri, sivil toplum örgütleri, kalkınma uzmanları ve uluslararası yardım kuruluş ları yukarıda kısaca açıklanan çok kapsamlı amaca ulaş mak için dört temel amaca ulaş ılması gerektiğı konusunda hemfikirdirler. Bunlar kısaca; yapısal değı şimi yaşamakta olan sağ lıklı ve geliş en bir ekonomi, kazanımların geniş ölçüde ve dengeli bir şekilde dağı tılmasını sağ layan bir ekonomi, insan hakları ve özgürlüğü garanti altına alan politik bir sistem ve etkili liderlik, çevrenin korunmasını göz önünde bulunduran ekonomi politikası. Kalkınma konusundaki bu yeni ve çok yönlü yaklaş ım aslında son 50–60 yıldır yaşanan tecrübelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Çelik, 2006).

Yapılan bir çalışmaya göre sosyal açıdan geliş miş devletlerin yenilenebilir enerji kullanım oranları diğ er devletlere göre daha yüksektir. Bu önemli bir gösterge olmuştur. Çünkü aynı ÷ lkelerde sürdürülebilir kalkınma da yüksek seviyededir.

Baş ka bir çalış ma ise sürdürülebilir kalkınma için en iyi yenilenebilir enerji kaynağ ının hangisi olduğı üzerine yapılmıştır. İ lgili konudaki araştırmalarda daha çok nitel araştırma teknikleri kullanılırken söz konusu araştırmada nicel teknikler kullanılmış tır. AHP (Analytic Hierarchy Measurement) metodolojisi ile yapılan araştırma sonucunda aş ağıdaki tablodaki sonuçlara ulaş ılmış tır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde kurulum ve kullanım maliyeti etkinliğı ve kolay ve bol

bulunması açısından rüzgâr enerjisi sürdürülebilir kalkınma için en önemli kaynak olarak değerlendirilmiştir (Alptekin,2015).

<u>Teknoloji</u>	<u>Önem Derecesi</u>	<u>Sıralama</u>
Jeotermal	0,184	3
Güneş	0,175	4
Rüzgar	0,298	1
Hidrolik	0,145	5
Biyokütle	0,198	2

**Tablo 2.1:** Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının önem derecesi.

Enerji, kalkınma ve iklim değişikliği birbiriyle yakından ilişkili konular olmuştur. Bu üç önemli konu arasında çok boyutlu, dinamik ve karmaşık ilişki bulunmaktadır. Kalkınma ve iklim değişikliği ilişkisi her çeşit tüketimde ve dolayısıyla atık üretiminde ilişkili olarak sürdürülmüştür (Alptekin,2015).

New York'taki Birleşmiş Milletler Genel Merkezinde 25 - 27 Eylül 2015 tarihlerinde gerçekleştirilen BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesinde 193 ülkenin imzası ile kabul edilen 2030 sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 17 madde ile aşağıda sıralanmıştır.

1. Her tür yoksulluğu, nerede olursa olsun sona erdirmek.
2. Açlığı bitirmek, gıda güvenliğini sağlamak, beslenme imkânlarını geliştirmek ve sürdürülebilir tarımı desteklemek
3. İnsanların sağlıklı bir yaşam sürmelerini ve herkesin her yaşta refahını sağlamak.
4. Herkesi kapsayan ve herkese eşit derecede kaliteli eğitim sağlamak ve herkese yaşam boyu eğitim imkânı tanımak.
5. Toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlamak ve kadınların ve kız çocuklarının toplumsal konumlarını güçlendirmek
6. Herkesin suya ve sağlık hizmetlerine erişimi, suyun ve sağlık hizmetlerinin sürdürülebilir yönetimini garanti altına almak.
7. Herkes için erişilebilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerji sağlamak

8. Sürdürülebilir ve kapsayıcı ekonomik kalkınmayı sağlamak, tam ve üretici istihdamı ve insan onuruna yakışır işleri sağlamak
9. Dayanıklı altyapı inşa etmek, sürdürülebilir ve kapsayıcı sanayileşmeyi ve yeni buluşları teşvik etmek
10. Ülkelerin içindeki ve aralarındaki eşitsizlikleri azaltmak.
11. Kentleri ve insan yerleşim yerlerini herkesi kucaklayan, güvenli, güçlü ve sürdürülebilir kılmak.
12. Sürdürülebilir tüketimi ve üretimi sağlamak.
13. İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acil olarak adım atmak.
14. Okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını sürdürülebilir kalkınma için korumak ve sürdürülebilir şekilde kullanmak.
15. Karasal ekosistemleri korumak, restore etmek ve sürdürülebilir kullanımını sağlamak, ormanların sürdürülebilir kullanımını sağlamak, çölleşme ile mücadele etmek, toprakların verimlilik kaybını durdurmak ve geriye çevirmek ve bioçeşitlik kaybını durdurmak.
16. Sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığın uygulama araçlarını güçlendirmek ve küresel ortaklığı yeniden canlandırmak (Url-1).

## **2.3 Sürdürülebilir Mimarlık ve Yeşil Bina**

### **2.3.1 Sürdürülebilir mimarlık**

Sürdürülebilirlik kavramını mimarlık düşüncesinden ayrı tutmak düşünülemez. Bu kavram mimarlık alanında “sürdürebilir mimarlık”, ekolojik mimarlık, sürdürülebilir tasarım ve yeşil mimarlık gibi farklı tanımlarla tarif edilmektedir.

Sürdürülebilir mimarlık; yerel malzemenin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, etkin yapı alanı tasarımı, su ve enerji korunumu, atık yönetimi, sağlık ve güvenlik risklerinin en aza indirilmesi, sağlıklı iç mekân hava kalitesi sağlanması, biyolojik çeşitliliğin korunması, zararlı ve tehlikeli maddelerden sakınılması, geri dönüşümlü malzeme kullanımı gibi konuları kapsar.

Ekolojik dengeyi ön plana alan, enerji tüketimini en aza indiren, bulunduğu çevrenin tarihinden günümüze olan sürecinde kendisine yer bulan yapılar inşa etmek, çevreye karşı duyarlı olmak gerekmektedir. Yapıyı oluşturan bileşenlerin sürdürülebilirlik düşüncesi gözetilerek seçilmesi doğaya olan zararları azaltacaktır.

Yapılaşma dünya üzerindeki diğer insan faaliyetlerine kıyasla kaynak kullanımı ve atıklar açısından ön plana çıkmaktadır. Yapılaşma eylemi, yapılaşmanın ilk adımlarından başlayarak kullanım ve yıkım aşamalarına varıncaya kadar, ekolojik tüm bileşenleri etkilemektedir. Özellikle birçok kavram için kırılma noktası niteliği taşıyan endüstri devrimi yapılaşma hızının artışında da kırılma noktası olmuştur (Özcan, 2013).

Sürdürülebilir mimarlık yapının tasarım aşamasından kullanım aşamasına varıncaya kadar insanın yaşam kalitesini yükseltme amacı taşır. İnşa ve işletme sürecinde, yapıların çevre ile olan ilişkisini düzenler.

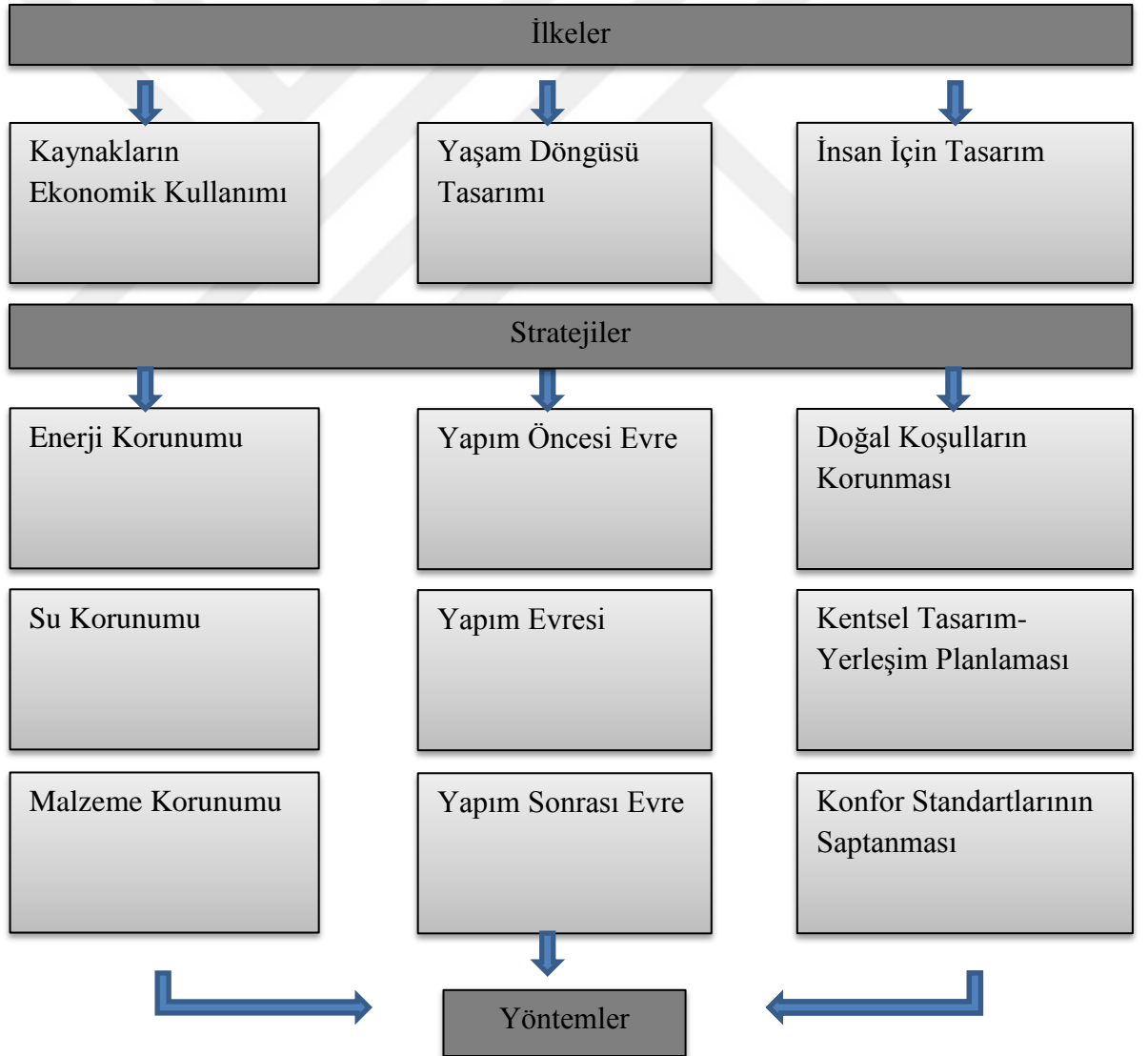
Mimarlıkta sürdürülebilirlik; ekolojik dengeye olan duyarlılık ve insan sağlığını dikkate alan bina tasarım ve faaliyetlerini vurgulayan bir kavramdır. Ekolojik dengeye olan duyarlılık ile yüksek enerji tüketimine neden olan binaların daha az enerji tüketmesi, geri dönüşümü olan malzemelerin kullanımı, doğal ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanmak gibi çözümler üretilmesi beklenmektedir. Tüm yapı elemanlarının sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda uygulanması, doğaya verilen zararın minimize edilmesi için bir gerekliliktir. Sürdürülebilir mimari için enerjinin etkin kullanımı ve doğal çevreyi koruma ön plana çıkan önemli amaçlardandır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi vb. yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ve fosil kaynaklı enerji kullanımına olan bağımlılığın azaltılması mimaride sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik önemli ilkelere dendir. Tüm belirtilen özelliklere ek olarak, mimari sonuç ürünün doğa ile uyum içinde olması önceliklidir (Şenel, 2010).

Enerji tüketiminde büyük paydayı teşkil eden mimarlık ürünlerinde sürdürülebilirlik başlığında enerji verimliliği, enerji korunumu gibi konuları ön plana alarak temiz, elde etmesi kimseye bağlı olmayan, dünya var oldukça devamlılığını koruyacak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak önemli olacaktır.

Yapı sektörü dünya ekonomisindeki kaynak akışının büyük bir kısmını teşkil etmektedir. Malzeme üretilirken doğal kaynakları (enerji, su) kullanmakta ve oluşturduğu atıklarla çevre sağlığına zarar vermektedir.

Sürdürülebilir mimari doğal çevre ile ilişkili olma olgusu ışığında tanımlandığında, çevresindeki doğaya, iklim koşullarına, topluma ve kültüre uyum gösteren, tarihsel süreklilik sağlayan, üretiminde ve kullanımında minimum enerji tüketen, yerel olarak elde edilip, kullanım sonrasında geri dönüşebilen malzemeler kullanan ve ekosistem içinde bir döngüyü önerebilen mimarlık yaklaşımı şeklinde tanımlanabilir (Karlı, 2008).

Sürdürülebilir mimarlık ilkeleri, kaynakların ekonomik kullanımı, yaşam döngüsü tasarımı ve insan için tasarım olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.3: Mimaride sürdürülebilir tasarım ilkeleri( Kim ve Rigdon, 1998).



### 2.3.2 Yeşil bina

Dünyamız son yıllarda teknolojik gelişmelerle beraber bir değişim içerisine girmiştir. Bu değişimin beraberinde getirdiği ve yaşamı etkileyen ekonomik, sosyal ve çevresel dönüşümler neticesinde yüksek nitelikli olarak geliştirilen yapılar, yeşil yapı olarak nitelendirilir.

Bugün sürdürülebilir, ekolojik, yeşil, çevre dostu vb. pek çok isim altında karşımıza çıkan doğayla uyumlu yapılar, yapının arazi seçiminden başlayarak yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirildiği, bütüncül bir anlayışla ve sosyal & çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlandığı, iklim verilerine ve o yere özgü koşullara uygun, ihtiyacı kadar tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanıldığı katılımı teşvik eden, ekosistemlere duyarlı yapılar olarak tarif edilebilir (Url-2).

Dünya'daki Ulusal Yeşil Bina Konseylerinin deneyimi, yeşil binaların yaygınlaşmasını sağlamanın en etkili yollarından birinin bu binalara bir "yeşil etiket" vermek olduğunu ortaya koymuştur. Nasıl yediğimiz yemekler veya satın aldığımız ürünler için bir "eko etiket" söz konusu ise aynı şeyi binalar için de yapmak bu binaların teşviki ve yaygınlaşması anlamında olumlu bir adımdır. Bu etiketler sayesinde bir binanın birtakım standartlar çerçevesinde yeşilliği tescil edilir (Url-2).

Avrupa birliğinin tahminlerine göre tüketilen enerjinin %40'ı binalarda kullanılmaktadır. Durum böyle olunca hayatımızı geçirdiğimiz binaların enerji bakımından geliştirilmesi ve rehabilitasyonu son derece önemlidir.

Yeşil binalar, topluma ve çevreye karşı birçok avantaja sahiptir. Bu binaların avantajlarından bazıları aşağıda yer almaktadır (Terekli ve diğ, 2013).

- Verimli teknolojiler: Yeşil binalar, geleneksel binalarda çoğunlukla bulunmayan, enerji ve su verimliliğini artıran teknolojileri aynı çatı altında toplamaktadırlar. Bu teknolojiler, yenilenebilir enerjiden faydalanmakta, böylelikle israfı azaltmakta, ısıtma-soğutma giderlerini düşürmekte, aynı zamanda daha sağlıklı ve daha rahat bir çevre meydana getirmektedirler.
- Kolay bakım: Yeşil binalar, genel anlamda daha az bakım gerektirmektedirler. Yeşil binaların her 3 ile 5 senede bir dış cephe

boyanmasına ihtiyaç duymaması buna örnek olarak verilebilir. Böylece çevrenin korunmasına yardımcı olunurken, zaman ve para kaybı da önlenir.

- İyileştirilmiş iç ortam hava kalitesi: Yeşil binalar ile iç ortam hava kalitesi doğal ve sağlıklı materyaller yardımı ile iyileştirilmektedir. Yeşil binalar, fosil yakıtlar yerine güneş enerjisi ve rüzgâr gücü gibi temiz enerji kaynaklarından faydalanmaktadırlar.
- Yatırımın geri dönüşü: Bir binanın ortalama kullanım süresi göz önüne alındığında (50-100 yıl arası) binaya güneş enerjisi panelleri yerleştirmek veya olan miktarı iki katına çıkartmak gibi bazı yeşil bina standartlarının, yapılan yatırım üzerinde önemli bir etkiye sahip olabildiği ve mülkün satış değerini artırdığı söz konusu olabilmektedir.
- Enerji verimliliği: Yeşil binalarda kullanılan yöntemler ile enerji, kaynak ve materyallerin etkili biçimde kullanımı amaçlanmaktadır. Enerji Bakanlığı tarafından müteahhitlere ve mimarlara enerji yasasına uyma yükümlülüğü getirilmiştir.

### **2.3.2.1 Yeşil bina sertifika sistemleri**

Son zamanlarda yapıları çevreyle olan etkileşimine göre değerlendiren pek çok sistem mevcuttur. Yeşil dönüşüm sürecinde etkili olan bu sistemler geliştirilmeye devam edilmektedir.

Günümüzde ulusal ve uluslararası ölçekte kullanılan çok sayıda yeşil bina sertifika sistemi bulunmaktadır. Yeşil binaların değerlendirilmesi amacıyla birer araç olarak kullanılan bu sistemler, ortaya çıkarıldıkları ülkenin bölgesel ve ekonomik özellikleri, standartları ve yasaları kapsamında oluşturulmuştur. Bu sistemlerin diğer ülkelerin yerel şartlarında uygulanmaları sürecinde mevzuat, inşaat teknolojileri, hukuki alt yapı ve iklim farklılıkları gibi sebeplerle birtakım adaptasyon zorlukları yaşanmaktadır. Bu nedenle, her ülkenin kendi yerel özelliklerine, standartlarına ve yasalarına uygun ulusal sertifika sistemini oluşturması daha doğru değerlendirme sonuçlarına ulaşılmasını sağlayacaktır (Gültekin ve Bulut, 2015).

Binayı bir ürün olarak düşündüğümüzde ve çevre üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkileri göz önünde bulundurduğumuzda, ekolojik etikete sahip olması ve çevresel endişelere duyarlı olarak üretilmesi fikri bu ürüne olan tüketici talebini mutlaka

arttıracaktır. Tüm ekolojik etiket taşıyan ürünler gibi bina da taşıdığı ekolojik etiketin tüketiciler açısından yerleşmiş kaliteyi ifade etme ve tanınmışlık düzeyine bağlı olarak güvenilirlik ve buna bağlı olarak da tercih edilebilirlik kazanacaktır (Özcan, 2013).

Dünya genelinde birçok yeşil bina sertifika sistemi mevcuttur. İlki BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sertifika sistemidir. 1990'da İngiltere'de geliştirilmiştir. Sonrasında 1998'de Amerika Birleşik Devletleri'nde, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 1998'de gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle kurulan kurulan IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment), 2003'de BREEAM'den uyarlanarak Avustralya'da oluşturulan Greenstar, 2004'de Japonya'da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) ve 2009'da Almanya'da ortaya çıkan DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) ortaya çıkmıştır.

### **BREEAM (Building research establishment environmental assessment method)**

İngiliz Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından 1990'da geliştirilen BREEAM sistemi 10 ana kategoride puanlama yapar. Bu kategoriler; bina yönetimi, enerji, sağlık ve iyi hal, su, ulaşım, arazi kullanımı ve ekoloji, malzeme, atıklar, kirlilik ve inovasyondur.

Değerlendirme süreci proje kaydının yapılmasıyla başlar. Başvuran yatırımcı Breeam denetçisi bir kişi ya da firma ile anlaşır. Sonrasında yapının hangi türe ait olduğuna karar verilir. Denetçi kişi projeyi inceleyerek ölçütlerin uygunluğunu kontrol eder. Kontrollerin neticesinde Breeam sertifika seviyesi belirlenir ve değerlendirme için BRE'ye gönderilir. Burada uygun bulunursa bina sertifikalandırılır.

BREEAM DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUAN YÜZDESİ
Bina Yönetimi	%12
Enerji	%19
Sağlık ve İyi Hal	%15
Su	%6
Ulaşım	%8
Arazi Kullanımı ve Ekoloji	%10
Malzeme	%12.5
Atıklar	%7.5
Kirlilik	%10
Yenilikçilik	%10

**Tablo 2.2:** BREEAM değerlendirme ölçütleri (Url-3).

BREEAM sertifika sistemi düzeyleri (Url-3);

- BREEAM Pass (geçer),
- BREEAM Good (iyi),
- BREEAM Very Good (çok iyi),
- BREEAM Excellent (mükemmel)
- BREEAM Outstanding (olağanüstü)

### **LEED (Leadership in energy and environmental design)**

1998 yılında inşaat sektöründe sürdürülebilirlik düşüncesiyle Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilmiş yeşil bina derecelendirme sistemlerinden biridir. Esnek ve kapsamlı bir kavram olan Leed bir yapının yaşam döngüsünün her aşamasına hitap eder.

Değerlendirme süreci projenin Leed kategorilerinden hangisine sokulacağına karar verilmesiyle başlar. Leed kayıt formları doldurularak merkeze gönderilir. Sertifika için ücret ödenir ve inceleme başlar. İnceleme tamamlandıktan sonra sertifika verilir.

LEED DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUAN YÜZDESİ
Sürdürülebilir Araziler	%10
Suyun Etkin Kullanımı	%11
Enerji ve Atmosfer	%33
Malzeme ve Kaynaklar	%13
İç Mekân Çevre Kalitesi	%16
Bölgesel Öncelik	%4
Tasarımda Yenilikçilik	%6
Ulaşım Ve Konum	%16
Bütünleştirici Süreç	%1

**Tablo 2.3:** LEED değerlendirme ölçütleri (Url-4).

LEED sertifika sistemi düzeyleri (Url-4);

- Temel Sertifika: 40-49 Puan Arası
- Gümüş Sertifika: 50-59 Puan Arası
- Altın Sertifika: 60-79 Puan Arası
- Platin Sertifika: 80 Puan ve Üstü

### **Green star**

2003 yılında Avustralya Yeşil Bina Konseyi (GBCA) tarafından geliştirilen Green Star, binaların tasarım ve yapımını düzenleyen, kapsamlı, ulusal ve gönüllü bir çevresel etki değerlendirme sistemidir. Bu sistem; sıcak iklimlerdeki soğutma sistemi ve güneş gölgeleme sistemlerinin çok önem taşıdığı binalar için geliştirilmiştir. Yeni Zelanda ve Güney Afrika'ya da adapte edilmiştir.

Değerlendirme süreci GBCA'ya çevrimiçi kayıt yapıldığında başlar. Projenin tasarım, yapım, işletim evrelerinin sürdürülebilirlik kriterlerine uygunluğunu anlamak için bazı belgeler istenir. Belgeler hazırlanır ve ilgili kuruluşa sunulur. Belgeler uzman kişilerden oluşan bir grup tarafından incelenir ve puanlama yapılır. Puanlama neticesine göre üçüncü şahıslarında onayıyla sertifika verilir.

GREEN STAR DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUAN YÜZDESİ
Yapı İçi Çevre Kalitesi	%18
Enerji	%18
Yönetim	%7
Su	%11
Salınım	%9
Ulaşım	%10
Malzeme	%18
Arazi Kullanımı ve Ekoloji	%6
Yenilik	%3

**Tablo 2.4:** Green Star değerlendirme ölçütleri (Url-5).

Green Star sertifika sistemi düzeyleri (Url-5) ;

- 1 Yıldızlı 10-19 Puan Arası (en düşük uygulama)
- Yıldızlı 20-29 Puan Arası (orta derece uygulama)
- Yıldızlı 30-44 Puan Arası (iyi uygulama)
- Yıldızlı 45-59 Puan Arası (en iyi uygulama)
- Yıldızlı 60-74 Puan Arası (Avustralya'daki mükemmellik)
- Yıldızlı 74 ve Üzeri Puan (Evrensel Liderlik)

## **DGNB**

DGNB (Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası), kaliteye önem veren bir yaklaşımla yapı değerlendirilmesi amacı ile Alman Yeşil Bina Konseyi ve Ulaşım, İnşaat ve Kentsel İlişkiler Birleşmiş Bakanlığı ortaklığında 2008 yılında oluşturulmuş bir sistemdir.

Sertifika süreci belgeyi talep eden kişinin Dgnb ve Dgnb denetçisi ile iletişim kurmasıyla başlar. Dgnb ve denetçi kişi projenin sisteme uygunluğunu kontrol eder. Sistem onay verdiği takdirde Dgnb ile sözleşme yapılır ve projenin sisteme kaydı

gerçekleştirilir. Sistemin uyum şeması kapsamında proje sahibi var olan sistemi veya geliştirilen yeni bir sistemi kullanabilir. Uygulanacak ülkenin geliştirilmiş bir sistemi varsa mevcut düzene göre bir plan geliştirilir, yoksa ülkeye özgü gereksinimler kapsamında taslak ölçütler hazırlanır ve DGNB teknik komitesi tarafından onaylanır. DGNB denetçisi onay verilen projenin uyumluluğunu denetler. Denetim sonucunda sertifika verilir.

DGNB DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUAN YÜZDESİ
Ekonomi	%22.5
Ekoloji(Çevrebilim)	%22.5
Sosyal Kültürel ve Operasyonel Konular	%22.5
Teknik Konular	%22.5
Sürecin Niteliği	%10
Arazinin Niteliği	%10

**Tablo 2.5:** DGNB değerlendirme ölçütleri (Url-6).

DGNB sertifika sistem düzeyleri (Url-6);

- Sertifika 35 Puana Kadar
- Bronz 35-50 Puan Arası
- Gümüş 50-65 Puan Arası
- Altın 65-80 Puan Arası

### **Sb tool**

SBTool (daha önceki adıyla GBTool) yapılar için bir çevresel değerlendirme metodunun temelini atmak üzere ilk olarak 1998 yılında, gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle oluşturulmuş bir değerlendirme aracıdır. SBTool her ülke ve bölgenin farklı iklimsel ve çevresel özelliklere sahip olduğu düşüncesiyle, tek başına doğrudan yapılara uygulanmayan, genel bir değerlendirme çerçevesi olup, çeşitli ülkelerin bu kalıbı alarak, ülkesel ve bölgesel koşullarına uyarlamasını öngören bir araçtır. Önce

14 ülke ile başlayan, 2000, 2002, 2005 ve 2008 yıllarında yapılan konferanslarda 21 ülkeye çıkan bu topluluk, ilk ortaya koyduğu ve büyük oranda çevresel performans ölçütlerinden oluşan GBTool'a, yapılara ilişkin ekonomik ve sosyal sorunların da çözümüne yönelik sürdürülebilirlik ölçütleri ekleyerek SBTool'u yaratmıştır (Sev ve Canbay, 2009; Güven, 2010).

SB TOOL DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUAN YÜZDESİ(İşletme Aşaması Max. Puan)
Arsa Seçimi	%35*
Site Yenilenmesi ve Kalkınma, Kentsel Tasarım ve Altyapı	%21
Enerji ve Kaynak Kullanımı	%10
Çevresel Yükümlülükler	%18
İç Mekân Çevre Kalitesi	%19
Servis Kalitesi	%25
Sosyal, Kültürel ve Algısal Yönler	%10
Maliyet ve Ekonomik Yönler	%4

**Tablo 2.6:** Sb Tool değerlendirme ölçütleri (Url-7).

\*Sadece tasarım aşamasında.

Diğer sistemlerde olduğu gibi bu kategorilerin altında da çok sayıda performans kriteri bulunmaktadır. Ulusal ve bölgesel uyarlamalarda bu kriterler uygulanabilirliği ölçüsünde sisteme dâhil edilmekte, ya da sistem dışı bırakılabilmektedir. Uyarlama yerel kuruluş ve otoriteler ile akademik üyelerden oluşan bir ulusal takım ile yapılmaktadır. Bu takım, performans kategorilerinin ve seçilen her kriterin, o ülkeye/bölgeye uygun ağırlık katsayılarını, bilimsel bir zemine dayalı olarak ve görüş birliğiyle belirlemektedir. İki aşamalı ağırlık katsayısı uygulamasından oluşan bu değerlendirme, yapı performans kriterleri için -1 ve 5 arasında puan toplamaktadır. (-1: Olumsuz performans; 0: Kabul edilebilir; 3: İyi uygulama; 5: En iyi uygulama). Değerlendirme sonunda yapı 0 ve 5 arasında puan kazanmaktadır (Güven, 2010).



## CASBEE

Dahili Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (CASBEE), binaların ve yapıları çevrenin çevresel performansını değerlendirmek ve derecelendirmek için kullanılan bir yöntemdir. CASBEE, 2001 yılında Japonya'da, Akademi, endüstri, ulusal ve yerel yönetimlerin işbirliğiyle kurulan bir araştırma komitesi tarafından geliştirildi. Bu yönetim komitesi, Japonya Sürdürülebilir Binalar Konsorsiyumunu (JSBC), Arazi, Altyapı, Ulaşım ve Turizm Bakanlığı (MLIT)'dır (Url-8).

CASBEE hem insanların yaşam kalitesini artırmak hem de yapıları çevre ile ilişkili yaşam döngüsü kaynak kullanımını ve çevresel yükleri tek bir evden bütün şehre indirmek için tasarlanmıştır. Sonuç olarak, çeşitli CASBEE programları şu anda Japonya genelinde uygulanmakta ve ulusal ve yerel yönetimler tarafından desteklenmektedir (Url-8).

Henüz geliştirilme aşamasında olan tasarım aracının amacı, projeye uygun yer seçimi ve projenin çevresel etkilerini azaltmak konusunda tasarım ekibine yardımcı olmaktır. Geçici yapılar ve sergi alanları (CASBEE for Temporary Construction) ile müstakil konutlar (CASBEE for Detached House) için de iki sistem geliştirilmiş olup, bunların yanı sıra ısı adası etkisini, kentsel kalkınma projelerini ve binaların kentsel alan içindeki performanslarını değerlendirmek üzere üç sistem daha bulunmaktadır. CASBEE değerlendirme süreci diğer sistemlerden oldukça farklı bir yaklaşımla yürütülmekte olup, iki esasa dayalıdır. Bunlardan ilki yapının çevresel kalitesi ve performansı ("Q" olarak ifade edilir), diğeri yapının çevresel yükleridir ("L" olarak ifade edilir). Q/L değeri yapının çevresel etkinliğini (BEE) ifade etmektedir.

"Q" değeri yapının;

- İç Mekân Çevresi (Indoor Environment),
- Kalitesi (Service Quality)
- Dış Mekân Çevresi (Outdoor Environment on Site) kategorilerinde sağladığı puan toplamıdır.

"L" değeri;

- Enerji (Energy);

- Kaynaklar ve Malzemeler (Resources and Materials);
- Arsa Dışındaki Çevre (Off-site Environment) kategorilerinden kazandığı puanı ifade eder (Güven, 2010).

## 2.4 Yüksek Yapı

İnsanoğlu varoluşundan günümüze kadar güçlü olma arzusu, zenginlik, hakimiyet, prestij, ve dini duyguları sebebiyle ‘yükselme’ arzusu duymuştur. Tarihinin eski çağlarında yapılan mısır piramitleri, Çin’deki pagodalar, İran’daki zigguratlar bu arzuların birer örneğidir.



**Resim 2.1:** İlk yüksek yapılar (Piramitler, zigguratlar, pagodalar).

Endüstri devrimine kadar az katlı olarak yapılan yapılar, çelik, asansör ve hidroforun da bulunmasıyla 19.yy sonlarına doğru yükselmeye başlamıştır. İnşaat teknolojisi ve taşıyıcı sistem çözümlerinin gelişmesi de bu yükselme etkisini arttırmıştır.

### 2.4.1 Yüksek yapıların ortaya çıkış nedenleri

Şehir arazilerinin değer artışı ile birlikte imar planlarında yapılan değişiklikler, ekonomik büyüme, yüksek yapıların politik bir amaç olarak görülmesi, büyük şirketlerin güç göstergesi olarak yüksek yapı yapma isteği gibi sosyal nedenler; yüksek dayanımlı beton teknolojisindeki gelişmeler, çeliğin yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılmaya başlaması, asansörün ve hidroforun geliştirilmesi, havalandırma sistemlerinin gelişimi, kalıp teknolojisindeki gelişmeler, yatay yüklere göre analiz ve tasarım yöntemlerinin gelişimi gibi teknolojik nedenler yüksek yapıların gelişiminde etkili olmuştur.

Gökdelenlerin tarihinde Chicago’nun önemli bir yeri vardır. 1880’den itibaren, hızlı nüfus artışıyla birlikte Chicago’da yapılar çok katlı olarak yükselmeye başlamıştır.

12, 14, 16 katlı yapılar birbirini izlemiştir. 19. yy'ın son çeyreğinde özellikle ticari yapılarda kendini gösteren, metal konstrüksiyonu ve modern tekniği mimari yaratmada temel olarak alan bir akım gelişmiştir. 1880–1910 arasına Chicago'da gelişen bu akım “Chicago Okulu” olarak da anılır. Bu dönemde yapılan yapılar genelde işlevi gözeten, çok katlı, dışta iskeleti ortaya koyan, düşeyliği vurgulayan, benzer planlı katlarda tekrarlanan pencereleri olan yapılardır (Hasol, 2007).

High-rise (yüksek bina)'nın stürktür tipi olarak ortaya çıkması 19.yüzyıl sonlarına doğru Chicago şehrinde gerçekleşmiştir. Bu çağdaki müthiş icatlar sayesinde yüksek bina gelişimi çok hızlı gerçekleşmiştir. Güvenli asansörlerin gelişimi ve çelik iskelet strüktürlerin kullanılmaya başlanması teknolojik anlamdaki altyapıyı oluşturmuştur. En önemli diğer iki parametre de servis ve iletişim sistemlerinin gelişimi olarak gösterilebilir. Tüm bu gelişimlerin bir araya gelmesi geniş ofis bloklarının oluşmasına ve bu katların birbiri üzerinde yükselmesine olanak tanımıştır (Doğan, 2008).

1900 yılında, ABD'nin en yüksek binası olan, New York'taki Tribune binasının yüksekliği daha 79 m. iken Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Désiré Despradelle, Chicago Uluslararası Sergisi için 457 m. yüksekliğinde bir kule öneriyordu. Despradelle'in kulesi inşa edilmedi ama yapının dev boyutlu suluboya resmi MIT'deki öğretim stüdyosunda, öğrencilere esin kaynağı olması için asılı kaldı. 1956'da ünlü mimar Frank Lloyd Wright, Chicago'da göl kenarında yer alacak 528 katlı, 1 mil (1.609 m) yüksekliğinde bir gökdelen önerecekti (Hasol, 2007).

Avrupa'da yüzyılın ilk yıllarında canlanan Uluslararası Üslup, Mies Van Der Rohe gibi, İkinci Dünya Savaşı sonrası Avrupa'dan kaçan göçmenler tarafından bu kıtaya sıçramış ve 1950'lerde egemen mimarlık üslubu konumuna gelmiştir. Bu dönemde yeni ticari kalelerin ekonomik ve işlevsel olması gerekiyordu. Genellikle cam, çelik ve beton cepheleli kutu şeklindeki bu kuleler bütün süslemelerden arındırılmıştır. Mies Van Der Rohe, yenilikçi tasarıma ve formun yalınlığına inanan bir tasarımcı olarak cam cephe yüzeyleriyle akıllarda yer etmiştir. Bu görüş Walter Gropius ile Bauhaus'ta gelişmiş ve bir ideoloji haline gelmiştir. Estetik ve güzellik sağlamak için seçilen şekil ve ölçeğe bağlı olarak strüktürel etkinliğin varlığının yanında mimari ifade geri planda kalmıştır (Doğan, 2008).

"Empire State", çok katlı binaların ekonomik ölçüler içinde yükselmesi bakımından adeta bir sınır teşkil etmiştir. İnsan yoğunluğunu taşıyacak çok sayıda asansör ve yatay yüklerle dayanmak üzere taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi gibi gereklilikler fiyatı arttırdığı gibi kullanılabilir alan oranını da düşürmektedir. Bu yüzden binayı daha fazla yükseltmek ek kazanç sağlamak beraber rantı da azaltmaktadır. Ünlü mimar Frank Lloyd Wright 1956 yılında 1 mil (1605m) yükseklikte bir binanın etütlerini yayınlamışsa da, pratik değeri olmayan bu projeye kimse destek çıkmamıştır (Öke, 1992).

Türkiye'de bakıldığında ise yüksek bina yapımı 1950'lerde başlamış, fakat bu konuda resmi tutum, Avrupa'dan bile daha ihtiyatlı ve şüpheci olmuştur. 1970'lerin ortalarına kadar ancak 25 kata ulaşan binalar yapılmıştır. İlk örnek olarak Ankara'daki 13 katlı "Ulus İş Hanı" gösterilebilir. Ankara'da 18 katlı "Büyük Ankara Oteli", 20 katlı "Stad Oteli", halk arasında "Gökdelen" diye nitelendirilen 24 katlı "Kızılay Emek İşhanı", İstanbul'da 17 katlı Hukukçular Sitesi", 21 katlı "Odakule İş Merkezi", 20 katlı "Etap İstanbul Oteli", 22 katlı Yapı Kredi Bankası Emekli Sandığı Vakfı Valikonağı Sitesi", 23 katlı Intercontinental" ve "Sheraton " otelleri" bu dönemin başlıca yüksek yapılarıdır (Öke, 1992).

#### **2.4.2 Yüksek yapı tanımları**

İstanbul İmar Yönetmeliği'ne göre yüksek yapı 'genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, silüet, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı türüdür. Binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kattaki bina yüksekliği en az (60.50) m. olan yapılar, yüksek yapılar olarak kabul edilir.' şeklinde tanımlanmıştır.

Yüksek yapı; çok katlı, bulunduğu kentsel silüete göre yukarıda kalan, belirli bir taban-yükseklik narinliğine sahip ve yüksek yapı teknolojilerinin ve durumlarına özel nitelikteki strüktürel çözümlere sahip yapılar olarak tanımlanabilir (Balcı, 2013).

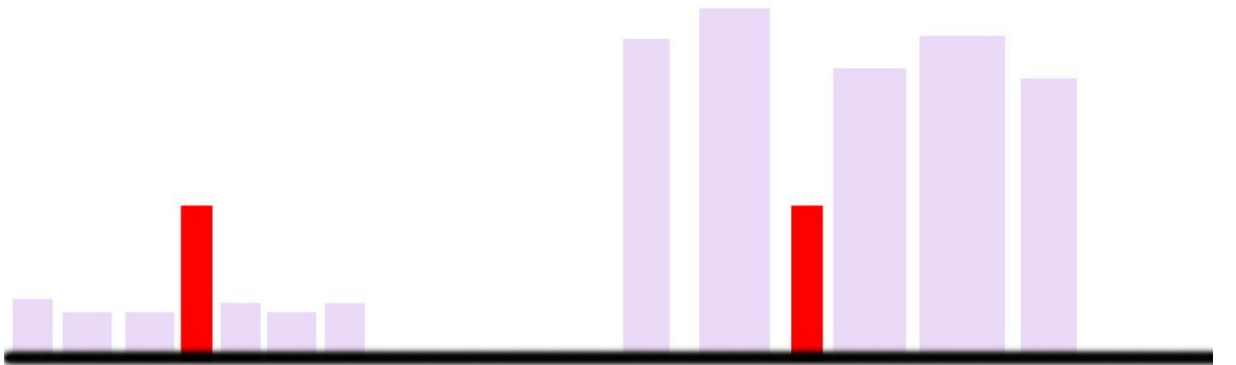
Prof. Dr. Altan Öke (1992) binaları yükseklik bakımından dört kategoriye ayırmaktadır.

- Birinci kategori: Yüksek olmayan 8 – 12 kat arası binalardır. Ülkemizde en çok görülen bina tipi olup yaygın ve alışlagelmiş teknolojilerle gerçekleştirilir.

- İkinci kategori: 12-25 kat arasındaki binalardır. Taşıyıcı sistem ve tesisat bakımından daha karmaşık problemlerin çözümüne ihtiyaç olan binalardır.
- Üçüncü kategori: 25 – 55 kat arası binalardır ve bu tür binalar özel tedbirlerin alınmaya başlandığı binalardır. Taşıyıcı sistemin çoğunlukla çelik olduğu binalardır. Hızlı asansör sistemlerine (5 – 6 m./sn.) ve tesisat katlarına ihtiyaç vardır.
- Dördüncü kategori: 55 – 75 kat arası binalardır. Bu sınıftaki binalarda, sistem detayı, malzeme, tesisat, strüktürel yapı bakımından üstün teknolojiye ihtiyaç vardır.

Yapı mühendisliği açısından kavram şu şekilde tanımlanmaktadır: “Yüksek yapılar, en üst kat döşemesinin, yapının oturduğu zemin yüzeyinden yüksekliği 22 m ve daha fazla olan yapılardır. Bu üst sınırı aşan yapılarda, yatay yüklerin (deprem, rüzgar) taşınması düşey yüklere oranla daha fazla önem kazanmaktadır” (Özden ve diğ., 1988).

Bir yapıyı yüksek yapı olarak değerlendirmede bulunduğu çevre dokusu önemlidir. Aynı yapı bir bölgede yüksek yapı olarak tanımlanırken başka yerde yüksek olmayabilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Yapı yüksekliği- çevre ilişkisi

Yüksek binaların büyük bir çoğunluğu yaşam döngüsü boyunca enerjiyi ısıtma, soğutma ve mekanik havalandırma, iç mekân aydınlatma, düşey ulaşım sistemleri ile büro ekipmanlarının kullanımında tüketmektedir. Yapılan araştırmalara göre yüksek binalarda metrekare başına harcanan enerji miktarı, az katlı yapılarla karşılaştırıldığında daha yüksektir. Bu durum cephe yüzeyi / kat alanı oranının az katlı yapılara oranla fazla olması ve bu nedenle istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarının fazla olması, ticari amaçlar doğrultusunda cephe ve çekirdek arasındaki derinliğin fazla olması ve yapay aydınlatma yükünün artması, çok sayıdaki kat arasında düşey ulaşım gereksinimleri, vb. gibi nedenlere bağlanabilmektedir. Bu durumda yapılması gereken, pasif anlamda enerji tüketimini azaltacak önlemleri aldıktan sonra, gelişen teknolojiden yararlanarak enerji etkin sistemler kullanmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yollarını aramaktır (Sev ve Başarır, 2011).

## **2.5 Enerji Etkin Bina**

Enerji etkin bina; tasarım aşamasından başlayarak sırasıyla yapım aşaması, kullanım aşaması, kullanım sonrası ve yıkım aşamalarında ekosisteme zarar vermeyecek şekilde tasarlanan yapılardır. Enerji etkin bina tasarımında; yer, yapı, yapı aralıkları, iklimsel veriler, su ve malzeme korunumu, yapı kabuğuna ilişkin parametreler göz önüne alınmaktadır. Bu tasarım parametrelerinin uygun değerler ile oluşturduğu kombinasyona ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının entegre edilmesi, enerji etkin binayı tanımlamaktadır (Uslusoy, 2012).

Binaların enerji etkinliğindeki en önemli rol tasarım aşamasında enerji kazanç ve kayıplarını istenilen düzeyde tutacak pasif sistemlerin oluşturulmasıdır

Enerji etkin tasarım ilkeleri şöyledir (Yeşilli, 2016):

- Enerji etkin bina tasarımı, bina tasarımcılarının, iklim, yönelim, gün ışığından faydalanma ve çevresel kaliteyi tasarım kavramlarının bir parçası olarak düşünmelerini gerektirmektedir.
- Aynı zamanda, erken tasarım sürecinde mimari ve mühendislik disiplinlerinin bir takım olarak çalışması ve binayı bir sistem olarak kavramlaştırmayı gerektirir.

- Enerji tasarım ilkelerini ve yöntemlerini kendi tasarım projeleri ile birleştiren mühendis ve mimarların tasarladıkları binalar, çevre dostu, az tüketen özellik taşımakta, enerji verimliliği ve harcamalarının minimuma indirgenmesinde önemli olabilmektedir

Pasif Konfor Önlemleri	Etkin Konfor Önlemleri	İklim Bölgelerine Göre Enerji Tasarrufu Önlemleri										
		Buzul	Tundra	Yayla	Kara	Ilman	Akdeniz	Alt Tropikal	Tropikal	Savan	Bozkır	Çöl
Doğal Havalandırma				1	4	6	6	7	7	7	7	7
	Mekanik Havalandırma	5	5	3	3	3	4	5	6	6	6	6
Gece Havalandırması			1	2	3	5	6	7	7	7	7	7
	Yapay Havalandırma				1	1	3	5	5	5	5	6
Buharlaşmalı Soğutma					1	2	3	2	2	5	6	7
	Serbest Soğutma				4	3	5	6	6	7	7	7
Ağır Konstrüksiyon		3	4	4	6	5	6	2	2	3	5	6

**Tablo 2.7:** İklim bölgelerine göre enerji tasarrufu önlemleri (Yeşilli,2016).

### 2.5.1 İklim ve mahal (Yapı yeri)

Yapıda iklimsel konforun doğal kaynaklardan etkin şekilde sağlanması için arazi seçimi ve yapının seçilen arazideki konumlandırılması doğru yapılmalıdır. Güneş ışınlamı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgâr gibi arazi kriterleri yapının mikro- klima özelliklerinin belirleyicisidir. İklim, binanın enerji etkinliğine, çevresel performansına ve kullanıcılarına etki eder. Binalar her mevsimde gerekli performansı gösterebilmelidir.

Binalar yapılacakları arazinin sahip olduğu iklimsel verilere göre tasarlanmalıdır. Bina formları ve kullanılan malzemeler yörenin iklimsel karakteristiklerine ve topoğrafik özelliklerine göre şekillenmelidir (Erkınay, 2012).

Arsa ve çevresinin alt yapısı da yüksek yapı yer seçimi için çok önemlidir. Yapının çevresine getireceği yoğunluk düşünülerek seçim yapılmalıdır. Yüksek yapının ulaşılabilir konumda olması, toplu taşıma akslarına yakın olması da sürdürülebilirlik için önemlidir. Yine arazi seçerken yüksek yapının çevresinde oluşturacağı araç trafiği de düşünülmalıdır.

## 2.5.2 Bina kabuğu

Bina kabuğu, bir yapının mimari biçimlenişine görsel katkı sağlamasının yanında iç mekânı, dış koşullarının olumsuz etkilerinden koruyarak sağlıklı ve konforlu kullanım alanları oluşturmada büyük rol oynar. Bina kabukları güneş ışınımına karşı gösterdiği yutuculuk, yansıtıcılık, geçirgenlik özelliklerine göre binanın ısı kazanç ve kayıplarına etki etmektedir.

Bina kabuğu duvar, tavan, zemin, kapı, pencere... gibi binayı (koşullandırılmış mekânı) dış ortamdan ayıran ve ısı enerjisinin içeri veya dışarı transferine izin veren bileşenlerdir. İç ve dış ortam ayırıcı olarak enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır. Bina kabuğunun yapım maliyeti toplam inşaat maliyetinin %15-40'ına tekabül ederken, yaşam dönemi maliyetlerine katkısı – özellikle enerji maliyetine - %60 civarındadır. Bina kabuğu her zaman tasarımcının kontrolündedir ve bu nedenle pasif solar akıllı bina tasarımında çok önemli bir role sahiptir (Bayraktar ve Yılmaz, 2007).

Enerji etkin cephe tasarımıyla doğal aydınlatma ve havalandırma sağlanmalı, iç ve dış ortam arasındaki kayıplar en aza indirilmelidir.

Bina kabuğu opak ve saydam olmak üzere fiziksel özellikleri farklı iki bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin ısı geçirme katsayıları (U değeri) enerji korunumu açısından dikkate alınmalıdır.

Yapı cephesi iç ve dış çevre arasında bir koruyucu bariyer rolü oynamaktadır. Kullanıcı rahatı ve çevre emniyeti sağlamak için, cephe birçok fonksiyonu yerine getirmelidir. Örnek olarak;

- Dış çevre görüş alanı
- Rüzgâr yüklerinden korunma
- Kendi ağırlığını taşıması
- Yapay aydınlatma kullanımını azaltmak için günışığı stratejilerinin uygulanması
- Güneş ısısı kazanımından koruma
- Gürültüden koruma
- Yağmurdan ve nemden koruma (Yeşilli, 2016).



Çevresel Koşullar	Isıl Konfor	Görsel Konfor	Akustik Konfor
Yapı Dışı Tasarım Kriteri	-Güneş ve Rüzgar Koşulları -Yapı Ölçüleri -Hava Sıcaklık Aralığı -Bağıl Nem Aralığı -Rüzgar Hızı -Güneş Işınımı	-Görüş Alanı ve Aydınlık Koşulları -Yapı Ölçüleri -Enlem ve konum	-Gürültü Koşulları -Yapı Ölçüleri -Dış çevre gürültü seviyesi - Dış çevre gürültü kaynağı
Yapı İçi Tasarım Kriteri	-Boşluk Ölçüleri -Kullanıcı Aktivite Seviyesi -Kullanıcı Giysi Yalıtımı	-Zemin Yansıması -Boşluk Ölçüleri -Yüzey Renkleri -Çalışma Düzlemi Konumu	-Boşluk Ölçüleri - İç Yüzeylerin Soğurma Katsayısı
Yapı İçi Konfor Kriteri	-Hava Sıcaklığı -Bağıl Nem -Hava Hızı -Ortalama Işıma Sıcaklığı	- Aydınlık Seviyesi ve Rahatsızlığı -Parlaklık Katsayısı	-Kabul edilebilir gürültü seviyesi
Opak Cephe Bölümü	-Cephe Kaplamasının Özellikleri -Yalıtım Miktarı -Gerekli Isı Dayanım Özellikleri (R-DEĞERİ)	-Pencere Duvar Oranı	-Malzeme Seçimi ve Özellikleri

**Tablo 2.8:** Cephe elemanlarının özelliklerinin ve çevresel koşullarının termal,görsel ve akustik konforu etkilemesi (Yeşilli,2016).

### 2.5.3 Binanın yönleniş durumu

Rüzgâr, güneş, arazinin topoğrafik özellikleri ve manzara gibi veriler binaların yönünü etkilemektedir. Bina yönleniş durumuna göre cepheyi oluşturan kabuk elemanlar, farklı güneş ışınımına, farklı rüzgar esintilerine maruz kaldığından birim alandan geçen ısı miktarı değişerek enerji kayıp ve kazançlarına etki etmektedir. Bu sebepten binanın yönlenişi iklimsel konfor koşullarına etki etmektedir.

Güneş ışınımından kazanılan ısı miktarı binanın dış duvarının baktığı yönün bir fonksiyonu olduğundan binanın yönlendiriliş durumu en önemli yapma çevre değişkenlerinden biridir. Binayı çevreleyen kabuk elemanlarından güneş ışınımı aracılığı ile kazanılan ısı miktarı, iklimsel konforu etkileyen iç hava sıcaklığı ve ortalama ışınımsal sıcaklık gibi çevresel değişkenlerin değerlerinin değişiminde rol oynar. Buna göre farklı yönlere bakan yüzeyleri etkileyen güneş ışınımı şiddeti de farklı olacaktır. Bu nedenle bina içi hacimlerin güneş ışınımından kazandığı ısı miktarı bina dış kabuğunun baktığı yönün bir fonksiyonudur (Manioğlu, 2011).

Isıtmanın daha uzun olduğu ılıman iklim ve soğuk iklim bölgelerinde bina yönü güney istikametine göre konumlandırılır. Sıcak nemli iklim bölgelerinde binalar içerideki nemi azaltacak şekilde hâkim rüzgâr yönünde konumlandırılır.

Güneş ışınım şiddeti, bölgesel rüzgarların hızı, kalite ve sürekliliği gibi özellikler yönler göre değişiklik gösterir. Mevsimlere göre yeryüzünün farklı noktalarında, farklı yönlerden, farklı saatlerde, farklı şiddette güneş ışınımı alması, binanın yönlenmesine göre farklı aydınlatma olanağı ve ısı kazancı sağlanmasına neden olur. Bu nedenle optimum yönlenmenin güney ile yapığı açısı hakim rüzgar yönleri binanın yerine göre hesaplanarak, saptanmalıdır. Güneş ışınımı ve rüzgâr etkilerinin optimizasyonu binanın yönlenmesiyle sağlanabilir (Soysal, 2008).

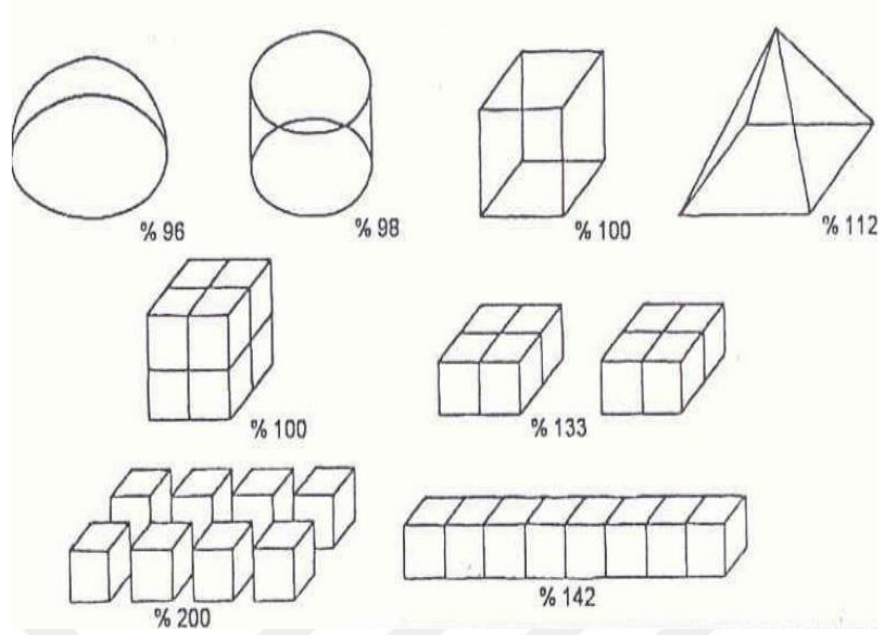
#### **2.5.4 Bina formu**

Hemen hemen tüm iklim bölgelerinde ve enlemlerde doğu batı yönünden yerleştirilen binalar geniş güney cephesinde kontrollü güneş kazancı sağlarken, kuzey cephelerde ise ısı kaybının minimize edilmesi kaydıyla en uygun çözümü sunarlar. Form uzunluğunun optimizasyonu iklim tipine bağlıdır (Soysal, 2008).

Soğuk iklim bölgelerinde ısı kayıplarını azaltmaya yönelik bina formu girinti ve çıkıntısı az, kompakt olarak tasarlanır. Binayı toprağa gömmek de yine ısı kaybını azaltmaya yönelik bir çözümdür.

Sıcak kuru iklim bölgelerinde avlulu, eyvan ve revaklı yapı tipleri tercih edilir. Sıcak nemli iklim bölgelerine ise hakim rüzgar yönünde dar cepheli yapılmış tipler tercih edilir. Bazen de yapının alttan da rüzgâr alması için kolonlar üzerine yükseltilmiş formda yapılır.

ılıman iklim bölgelerinde ısı kayıpları fazla olmayacağından girinti ve çıkıntıya imkân tanıyan esnek formlar tercih edilerek bina cephesinde hareketlilik sağlanır.



**Şekil 2.5:** Farklı geometrik şekillerin yüzey alanı oranları.

Farklı geometrik formlarla aynı büyüklükteki hacimler oluşturulmuştur. Küpün yüzey alanı %100 kabul edilip diğer geometrik formların yüzey alanları ile karşılaştırılmıştır. En düşük dış yüzey alanı (%96) yarım kürenindir. Küpün 8 küpe bölünerek oluşturulduğu hacimde ise yüzey alanı iki katına çıkmıştır (%200). Tasarımda plan şemasındaki fazla hareketli dış konturlar bina yüzeyinin gereksiz olarak büyümesine sebep olur. Bu da soğuk iklim bölgeleri için ısıtma enerjisinin artması demektir (Soysal, 2008).

### 2.5.5 Bina aralıkları

Binalar diğer binalarla olan aralıkları ile güneş ve rüzgar enerjisinden yararlanmada birbirlerine engel teşkil ederler. Yapılar arasındaki mesafeler, birbirlerinin güneş ışınımı ve yararlı rüzgâr etkilerini engellemeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bina aralıkları azaldıkça rüzgâr hızı etkisi de azalacaktır.

Bina aralıkları boyutlandırılırken güneşin doğuş ve batış saatleri dışında kalan ara saatler arazi eğimi, yönü ve yerleşme yoğunluğu açısından dikkate alınmalıdır. Rüzgarın hızına bağlı olarak bina yüzeyinden elde edilecek ısı kaybı doğrultusunda binaların arkalarında oluşan iz dağılımı dikkate alınarak hakim rüzgar doğrultusundaki bina aralıkları belirlenmelidir (Soysal, 2008).

Bir diğerk önemli adım ise binanın yapımı planlanan arazinin analiz edilmesi ve arazi içindeki en doğru yerin belirlenmesidir. Pasif solar akıllı bina tasarımı doğal kaynaklardan faydalanmayı gerektirir. Seçilen alanda binanın yerleşimi ve özellikle aralıkların belirlenmesi oldukça kritik bir tasarım parametresidir. Pasif solar akıllı binalar için ideal bir alan, gün ışığına erişimi kışın engellemeyen yazın ise engelleyebilen alanlardır. Ayrıca ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına göre soğuk kış rüzgârlarından korunaklı veya rüzgâra açık alanlar olmalıdır. İstenen etkiyi yakalayabilmek için, etraftaki engeller de dikkate alınarak, bölgenin ikliminin gerektirdiklerine en uygun alan belirlenmelidir. Alan planlamayı etkileyen en önemli özellikler şöyle sıralanabilir: alanın topografyası, alan üzerindeki ve çevresindeki bitki örtüsü ve komşu binalar. Binaya ulaşan güneş ışınları miktarını etkiledikleri ve hakim rüzgarları kestikleri veya yönünü değiştirebildikleri için performansı doğrudan etkilerler (Bayraktar ve Yılmaz, 2007).

## **2.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

### **2.6.1 Rüzgâr enerjisi**

Rüzgâr enerjisi tarihin eski çağlarından bu yana yel değirmenlerinde su pompalamak ve buğday öğütmek gibi faaliyetler için kullanılmıştır. Günümüzde enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Dünyamız için gerekli enerjinin ana kaynağı Güneş'tir. Dünyaya gelen Güneş ışınımı dağılımı farklı olduğu için meydana gelen sıcaklık farkı basınç farklılığını beraberinde getirir. Yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hava hareketi meydana gelir. Bu hava hareketi rüzgâr olarak tanımlanır.

Güneşten dünyaya saatte  $10^{18}$  Watt enerji gelir ve bunun % 2'si kadarı rüzgâr enerjisine dönüşür (Çetin, 2009).

Rüzgâr enerjisi temiz, güvenli ve fazlaca bulunabilir olmasından dolayı önemli bir kaynaktır. Rüzgâr enerjisi bölgenin bulunduğu coğrafi konum ve meteorolojik verilerin durumuna göre özellik gösterir. Dünyanın en hızlı büyüyen, düşük maliyetli enerji kaynağı olmasıyla birlikte çevre kirliliğine sebebiyet vermeyen temiz enerji kaynağıdır.

Rüzgâr enerjisi, herhangi bir emisyonu olmayan, doğal kaynakları tüketmeyen, küresel ısınmaya katkısı olmayan, asit yağmurlarına neden olmayan, yerel çevreye duyarlı olan bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisinin yakın çevresine verdiği gürültü, TV ve radyo yayınlarıyla etkileşimi, kuşlara yarattığı tehlike ve görsel etkileri, bilinen çevresel etkileridir (Kumbur ve diğ., 2005).

Rüzgâr enerjisi, 1990'larda ekonomik olarak görülmeye başlanmasından sonra dünyada en hızlı gelişen enerji kaynağı olmuştur. Almanya'da 1990 yılında Elektrik Besleme Kanunu (Electricity Feed Law) ile rüzgar enerjisini desteklemiştir. Almanya rüzgâr gücü geliştirmedeki Dünya liderliğini 1997'de A.B.D.'ye vermiştir. Diğer önde giden rüzgâr enerjisi üreticileri İspanya, Danimarka, Hindistan, İtalya, Birleşik Krallık, İrlanda'dır (Cleveland, 2004).

Rüzgâr enerjisinin kullanımı sırasında, herhangi bir kaynak maliyeti söz konusu değildir. Toplam maliyetler içinde en büyük kalemi % 69 ile türbinin kuruluş maliyeti oluşturmaktadır. Bunun dışında bakım ve işletme maliyeti, türbin kurulacak yerin maliyeti gibi diğer maliyetler geri kalan % 31'lik kısmı oluşturmaktadır. Bu maliyetlerin türbin ömrüne yayılması halinde, yıllık maliyetlerin daha da düştüğü görülmektedir. Rüzgâr türbinlerinin yıllık işletme ve bakım giderleri ise, toplam yatırımın yaklaşık % 2,5-3'ü dolayında olmaktadır (Çetin, 2009).

Rüzgâr oluşumu sıcaklıkları, yoğunlukları ve yükseklikleri farklı olan hava kütlelerinin yer değiştirmeleri sonucu meydana gelmektedir. Rüzgârı oluşturan etmenlere bağlı olarak oluşan rüzgârın hızı da değişmektedir. Rüzgâr türbinlerinin kurulduğu bölgedeki rüzgâr hızı, rüzgâr türbini tarafından üretilen enerjiyi doğrudan etkilemektedir. Rüzgâr türbini sisteminin kurulacağı bölgedeki rüzgâr karakteristiğinin doğru belirlenmesi o bölgede kurulacak sistemin doğru tasarlanması açısından oldukça önemlidir (Taşkın, 2013).

#### **2.6.1.1 Rüzgâr enerjisinin avantajları**

Rüzgâr enerjisi yerli, temiz, dışa bağımlı olmayan, doğal ve sürekli olan, yakıt hammadde maliyeti olmayan, asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmayan, CO<sub>2</sub> emisyonu olmayan, insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmayan, doğal bitki örtüsüne zarar vermeyen yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Rüzgâr enerji santralleri, güneş enerji santralleri gibi fazla arazi kaplamaz. Yani 1 MW kapasiteli bir güneş santrali 20.000 metre kare alan kaplarken, bir adet rüzgâr türbini tek başına 1 MW enerji üretebilir.

Güneş enerjisine kıyasla rüzgâr santralleri gece ve gündüz olmak üzere günün her saati enerji üretilebilir.

Fosil kaynaklarla elektrik üretimi yerine rüzgâr enerjisi kullanımı, çevreye salınan gazların azalmasına katkı sağlayacaktır.

#### **2.6.1.2 Rüzgâr enerjisinin dezavantajları**

Rüzgâr türbinleri göçmen kuşların güzergâhlarına denk geldiğinde kuşların telef olmasına ya da güzergâhlarını değiştirmesine sebebiyet vermektedir.

Bulunduğu bölgede çok fazla gürültü teşkil ettiğinden dolayı yerleşim yerlerinin uzağına kurulmak zorundadır.

Rüzgâr enerji santrallerinin ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir.

Türbinlerin çalışması için rüzgarın optimum estiği hız önemlidir. Kurulum aşamasında ciddi ve titiz bir çalışma gerektirmektedir. Rüzgârın hızı fazla ya da az olursa rüzgâr türbini çalışmayacaktır.

#### **2.6.2 Güneş enerjisi**

Güneş sistemi dünya için bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi dünyada ki birçok enerji kaynaklarının oluşmasına sebep olmuştur. Güneş enerjisi ile dünya aydınlatılmakta, yağışlar ile su döngüsü ve rüzgârlar ile hava sirkülasyonunun oluşumu, canlı yaşamının devam etmesi sağlanmaktadır.

Güneş,  $1.39 \times 10^9$  m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve Dünya'dan ortalama  $1,5 \times 10^{11}$  m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5777 k'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru  $4 \times 10^6$  ile  $8 \times 10^6$  k arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur. Güneşte meydana gelen enerji çeşitli füzyon reaksiyonlara uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, Güneş'te serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeğini oluşturur. Füzyon adı verilen bu reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta oluşur. Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen

miktarından daha azdır. Aradaki fark güneş ışınımı ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde Dünya'ya ulaşır (Umut, 2008).

Kaynaklara göre Sokrat(M.Ö 400) evlerin güney yönüne fazla pencere yeri açılması ile güneş ışınlarının evin içine alınmasını belirtmiştir. Arşimet (M.Ö 250) İç bükey aynalarla gemileri yakmakta kullanmıştır. Güneş enerjisinden yararlanma konusunda çalışmalar 17.yy'da Galileo'nun merceği bulmasıyla başlamıştır (Akova, 2008). 1767 yılında ilk güneş kolektörü İsviçreli bilim adamı Horace de Saussure tarafından yapılmıştır. Bu kolektör daha sonra 1830'larda Sir John Herschel tarafından Güney Afrika seferinde yemek pişirmek amacıyla kullanılmıştır.

Birinci dünya savaşında petrolün önemini kazanmasıyla güneş enerjisi önemini kaybetmiştir. Ancak 1960'larda petrol krizinin ortaya çıkmasıyla dünya alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir.

Güneş enerjisi 1970 ile 1990 arasında önemini biraz kaybetmiştir. Ancak bu enerjiyi Almanya ve Japonya'nın güneş enerjisi santrali kurması ile bu enerji türünün kullanılmasını tekrar gündeme getirilmiş ve dünyada yaygınlaşmaya başlamıştır.

Güneş enerjisi çevreci kullanım maliyeti olmayan ancak kurulum maliyeti olan bir enerji türüdür. Bu enerji türü birçok farklı uygulamada kullanılmıştır. Solar fırınlar, su ısıtıcıları, fotovoltaik paneller bunlara örnek olarak verilebilir.

### **2.6.2.1 Güneş enerjisinin avantajları**

- Güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi, saf bir enerji türüdür. Salınımı (karbon gibi) yapılan zararlı maddeleri yoktur.
- Güneş enerjisi, ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilir.
- Verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.
- Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler.

### 2.6.2.2 Güneş enerjisinin dezavantajları

- Güneş enerjisi sürekli değildir ve yoğunluğu azdır. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin maliyeti yüksektir.
- Enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.
- Birçok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşılmaktadır.
- Elde edilen güneş enerjisinin depolanması gerekmektedir. Enerji depolanması ise birçok sorun yaratmaktadır.

### 2.6.3 Jeotermal enerji

Jeotermal enerji yer kabuğunun derinlerinde kimyasal madde içeren su buhar ve gazlardan oluşan ısının kullanıldığı bir enerji türüdür. Jeotermal enerji sürdürülebilir, güvenilir, tespit ve üretimi kolay, maliyeti düşük, yatırımını kısa zamanda geri dönüşümünü sağlayan ve çevreye en az zarar veren bir enerji türüdür.

Jeotermal kelimesi Yunan kökenli geo(dünya) ve termal(ısı) kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Jeotermal enerji temelde dünyanın alt katmanlarında bulunan ve önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilen bir çeşit termal enerjidir. Bu enerji kaynağı asırlardır su ve yeryüzü ısınmasında, tıbbi amaçlı tedavilerde ya da pişirme amacıyla kullanılmaktadır (Dur, 2005; İnce, 2005).

Jeotermal enerji, yer kabuğu içinde magmada, Plüton ve radyoaktif elementlerin doğal parçalanmasından doğan yüksek sıcaklıkların etkisiyle oluşan ve yer kabuğu derinliklerinden yeryüzüne doğru çıkan ısı akımıdır. Jeotermal enerjinin temel elemanı akışkan (yer kabuğundan çıkan ya da çıkarılan kuru buhar, yaş buhar, ya da sudur) olmaktadır (Yücel, 1994).

Jeotermal kaynakların ilk olarak kullanımı M.Ö Akdeniz de çanak çömlek yapımı, ısıtma ve temizlik için kullanılmıştır. M.S ise jeotermal kaynakların kullanımı kaplıcalar ve evlerin ısıtılması şeklinde süregelmiştir. İlk olarak jeotermal enerji kullanımı 20. yy başlarında İtalya'da doğal buharlarla elektrik elde edilmesi iledir.



1960'lardan sonra petrolün pahalılaşması ile jeotermal enerji alternatif enerji türleri arasından ön plana çıkmıştır.

Jeotermal enerji sera ısıtması, bölge ısıtması, endüstriyel kullanım, tarımsal ürünleri kurutma, soğuk ve kar çözme, termal turizm, elektrik üretimi, kimyasal kullanım gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Jeotermal enerji maliyet açısından yenilenebilir enerji türleri arasında en ucuz enerji olarak değerlendirilir. Bunun sebebi işletme giderlerinin çok düşük, yenilenebilir ve ucuz bir enerji olması yatmaktadır.

### **2.6.3.1 Jeotermal enerjinin avantajları**

- Jeotermal enerji maliyeti ve kullanımını ucuzdur.
- Çevre sorunlarına ve kirliliğe yok denecek miktarda sebep olmaktadır.
- Tedavi amaçlı sağlık turizminde de kullanılabilir.
- Diğer enerji türlerine kıyasla kurulma süresi kısadır.

### **2.6.3.2 Jeotermal enerjinin dezavantajları**

- Yer altı kaynaklarındaki suya çevresel zarar verilir.
- Yer kabuğundan çıkan su veya su buharındaki kimyasal maddeler insan sağlığına ve çevreye zarar verebilir.

### **2.6.4 Dalga enerjisi**

Dünyadaki hava hareketleri okyanus ve denizlerde inişli-çıkışlı dalgaları meydana getirir. Su yüzeyindeki bu hareketli dalgalar dalga enerjisini oluşturur. Dalga enerjisini su yüzeyi ve yüzeyin altındaki dalga basıncı, Gel-Git'ten dolayı oluşan dalgaların basıncı, akıntıların oluşturduğu dalga basıncı gibi birbirinden farklı elde etme yöntemleri bulunmaktadır.

Dalga enerjisi, denizler ve okyanuslar üzerindeki rüzgâr esintisinden kaynaklanan bir enerji çeşididir. Hem kinetik hem de potansiyel enerjiye sahiptir. Okyanus enerjisi çevreyi kirlilemeden, sürekli kendini yenileyen tükenmeyecek bir kaynaktır. Birincil enerji kaynağı güneş olan rüzgâr; dünya yüzeyinin yaklaşık % 80'ini kapsayan milyonlarca km<sup>2</sup>'lik okyanusların ve denizlerin yüzeyinde eserek okyanuslarda 40-50 metrelik dev dalgalar oluşturmaktadır. Her saniye yüz binlerce ton su, dalga

halinde bir noktadan başka bir noktaya doğru hareket etmektedir. Rüzgâr hızına paralel olarak dalga hızı da artış göstermektedir. Rüzgârın etkisi, deniz yüzeyinde deniz meltemlerine, soğuk hava kütlelerine, tropikal çukurlara, fırtına ve kasırgalara neden olur. Rüzgâr ve güneşten sonra üçüncül enerji kaynağı olan okyanus/deniz dalgasının yüksekliği dolayısıyla taşıdığı enerji, deniz yüzey alanıyla doğrudan alakalıdır (Url-9).

Deniz dalgalarından enerji üretimi hakkında ilk olarak 1892 yılında A.W.STAHL bilimsel çalışma yapmıştır.1932 yılında Osborn Havelock papazları dalga enerjisi konusunda patent almışlar ve dalga enerjisinin insanlar tarafından bilinmesini sağlamışlardır.

Dalga enerjisi üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, yaşanan petrol krizleri sonrasında artış göstermiş, 1990'lardan sonra önem kazanmıştır. Dalga enerjisi alanında elektrik üretimiyle ilgili çalışmalar yapılsa da ekonomik açıdan henüz pek fazla gelişim gösterememiştir.

Dalga enerjisinin önemli olumlu yönleri bulunmaktadır. Güç kaynağının sonsuz ve bol olması, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, iş sahası açması, elektrik şebekesinin olmadığı uzak alanlara elektrik sağlaması, deniz ortamında yapılacak diğer çalışmalarda potansiyel teknolojinin kullanımına olanak tanınması, tuzlu suyun tatlı suya çevrilip ihtiyaç bulunan bölgeye pompalanması. Bununla birlikte; deniz dalgasının kullanılmasında birtakım sınırlamalar da bulunmaktadır. Her dalga boyutunun kullanılması için bir tasarımın oluşturulamaması, gemi rotalarının geçtiği yollar, askeri tatbikatlar, balık avlanma sahaları, su altı kabloları gibi kısıtlamalar büyük dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkate alınması gereken hususlardır (Sağlam ve Uyar, 2005).

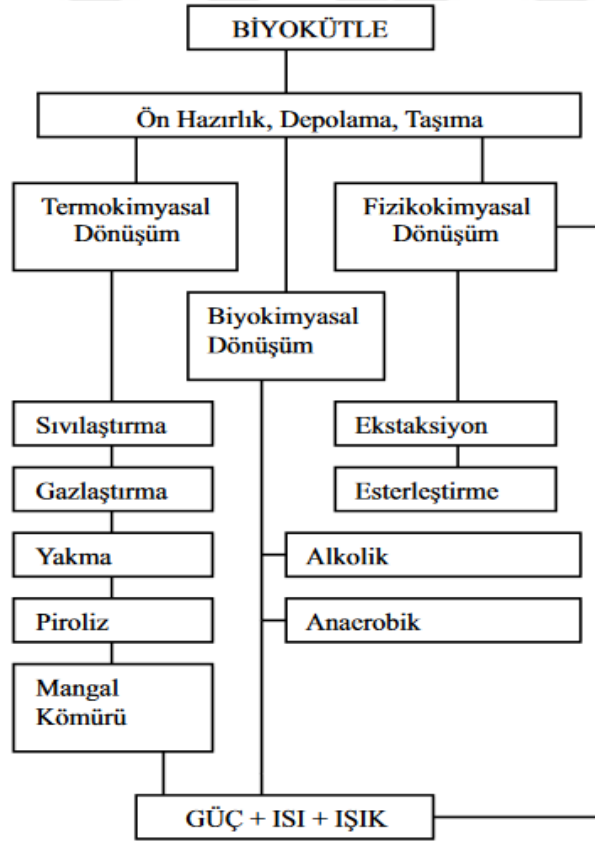
### **2.6.5 Biyokütle enerjisi**

Biyokütle doğada yaşayan canlıların güneş enerjisini çeşitli yollar (fotosentez..vb gibi) ile farklı enerji türlerine dönüştüren ve depolanabilen organik madde kaynaklarıdır. Biyokütle çevre dostu, yenilenebilir enerji türleri arasında önemli bir yere sahip olan bir enerji türüdür.

Biyokütle enerjisi insanlığın ilk zamanlarından itibaren enerji üretimi için kullanılmıştır. Bu enerjiyi insanlar ilk olarak ısınma ve yemek gibi temel ihtiyaçlarını

gidermek için dal, kabuk ve kök gibi orman ekosisteminden elde ettikleri ürünler ile sağlamışlar. Biyokütle enerjisinden ısı, elektrik ve yakıt gibi farklı enerji türleri elde edilebilir.

Biyokütleyle örnek olarak, ağaçları, mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkileri, otları, yosunları, evlerden atılan meyve ve sebze atığı gibi tüm organik çöpleri, hayvan dışkılarını, gübre ve sanayi atıklarını saymak olanaklıdır. Bitkilerin fotosentezi sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz şeklinde depo edilen ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilen enerjinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için esastır. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezlenirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere verilir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, karbondioksit salınımı açısından korunmuş olacaktır (Tügiad, 2004).



Şekil 2.6: Biyokütle dönüşüm yöntemleri (Kılıç, 2011).

Son yıllarda hızlı sanayileşmeye bağlı olarak, kentleşme, nüfus artışı ve yaşam standartlarının yükselmesi gibi etkenler enerji tüketimini büyük oranda artırırken, enerji kaynaklarının tüketilmesine yol açmıştır. Dünyada enerji tüketim miktarı son 100 yılda yaklaşık olarak 17 kat artmıştır. Bütün bunların sonucu olarak, enerji açığını karşılamak için dünyada biyokütle çalışmalarına büyük hız verilmiştir. Organik madde ihtiva eden atıkların mikro-biyolojik yünden değerlendirilmesi; hem çevre kirliliğine yol açmaması, hem de temiz enerji üretimi sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik ve çevresel açıdan olumlu özellikleri de göz önüne alındığında, biyoenerji konusuna ilgi giderek artmaktadır. Birçok gelişmiş ülke biyoenerjiyi geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Dünya da dördüncü büyük enerji kaynağı olması yönüyle de önem kazanmaktadır.

Biokütle enerjisi bünyesindeki biyogaz üretimindeki amaçlar şöyle sıralanabilir (Kılıç, 2011):

- Kaliteli enerji elde edilmesi,
- Kokunun azaltılması
- Gübrenin korozif etkisinin azaltılması
- Gübrenin akışkanlığını artırılması
- Atmosferdeki metan ve amonyak miktarının azaltılması
- Bitki besin maddeleri kaybının azaltılması
- Azot yıkanmasının önlenmesi,
- Bitki besin maddeleri yararlılığının artırılması
- Bitki sağlığına yararlılık
- Organik maddelerin dezenfeksiyonu,
- Yabancı ot tohumlarının çimlenme yeteneğinin azaltılması

#### **2.6.5.1 Biyokütle enerjisinin avantajları**

- Biyokütle kaynakları her yerde yetişebilir.

- Çevre kirliliğine yol açmamaktadır.
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması
- Asit yağmurlarına yol açmaması
- Biyokütle enerjisinin depolanabilir olması

#### **2.6.5.2 Biyokütle enerjisinin dezavantajları**

- Kaynaklarının veriminin düşük olması
- Kaynaklarının su içeriğinin fazla olması
- Kaynakların işletme maliyeti yüksek olması
- Tarım alanları için rekabet oluşturması

### **2.7 Bölümün Değerlendirilmesi**

Bu bölümde sürdürülebilirlik ilkesinin ne olduğu, neleri kapsadığı, maddi yönüyle ilişkili ekonomik boyutu, çevre ile ilişkili ekolojik boyutu ve insanlar ile ilişkili sosyal boyutları bir bütün olarak ele alınmış olup, sürdürülebilirliğin çerçevesi oluşturulmuştur.

Sonrasında sürdürülebilir kalkınma tanımlanmış, iklimle ilişkisine değinilmiş ve sürdürülebilir kalkınmanın gelecek hedefleri ortaya konmuştur.

Sürdürülebilirliğin mimarlık disiplini ile olan ilişkisi anlatılmış ve bu bağlamda; yerel malzemenin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, etkin yapı alanı tasarımı, su ve enerji korunumu, atık yönetimi, sağlık ve güvenlik risklerinin en aza indirilmesi, sağlıklı iç mekân hava kalitesi sağlanması, biyolojik çeşitliliğin korunması, zararlı ve tehlikeli maddelerden sakınılması, geri dönüşümlü malzeme kullanımı gibi konular ele alınmıştır.

Sürdürülebilir mimarlık kapsamında yeşil bina tanımlaması yapılmış, yapıların yeşil bina sayılması için yerine getirmesi gereken asgari ölçütler ve buna bağlı olarak dünyada uygulanan LEED, BREEM, SB Tool, CASBEE, DGNB, Green Star gibi

sertifika sistemleri anlatılmıştır. Bu sistemlerin süreçleri ve sertifika düzeyleri belirtilmiştir.

Yüksek yapı tarihi kısaca ele alınmış, yüksek yapıların ortaya çıkış nedenleri üzerinde durulmuş ve sonrasında yüksek yapı tanımlamaları yapılmıştır. Bir bölge için yüksek kabul edilen yapının başka bir bölge de yapıldığında yüksek sayılmadığı şekil üzerinde anlatılmıştır.

Sonrasında, başlangıç aşamasında düşünülmesi gereken enerji etkin tasarım kriterleri değerlendirilmiştir. Öncelikle yapını çevreye getireceği yoğunluk, güneş alma durumu, etrafındaki hava hareketleri gibi özellikler düşünülerek yapı yeri seçilmelidir. Bina kabuğu güneş ışınımına karşı yutuculuk, yansıtıcılık, geçirgenlik gibi özellikler dikkate alınarak seçilmeli, iklim bölgelerine göre enerji kayıplarını azaltmaya yönelik uygun bina formu tasarlanmalıdır. Binanın yönleniş durumu ve birbirlerine olan mesafeleri de yine tasarım aşamasında enerji etkinliği açısından dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

Bu bölümün son konusu olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına değinilmiştir. Fosil kaynakların dünyamızda yarattığı tahrip sonucu yenilenebilir enerjiye olan ilgi artmıştır. Bu enerjiler dünyanın her yerine ulaşan güneş enerjisi, temiz ve dünya var oldukça bitmeyecek olan rüzgâr enerjisi, yer kütenin sahip olduğu jeotermal enerji, su kaynaklarında oluşan dalgalardan elde edilen dalga enerjisi, hayvan ve bitki atıklarından elde edilen biyokütle enerjisidir.

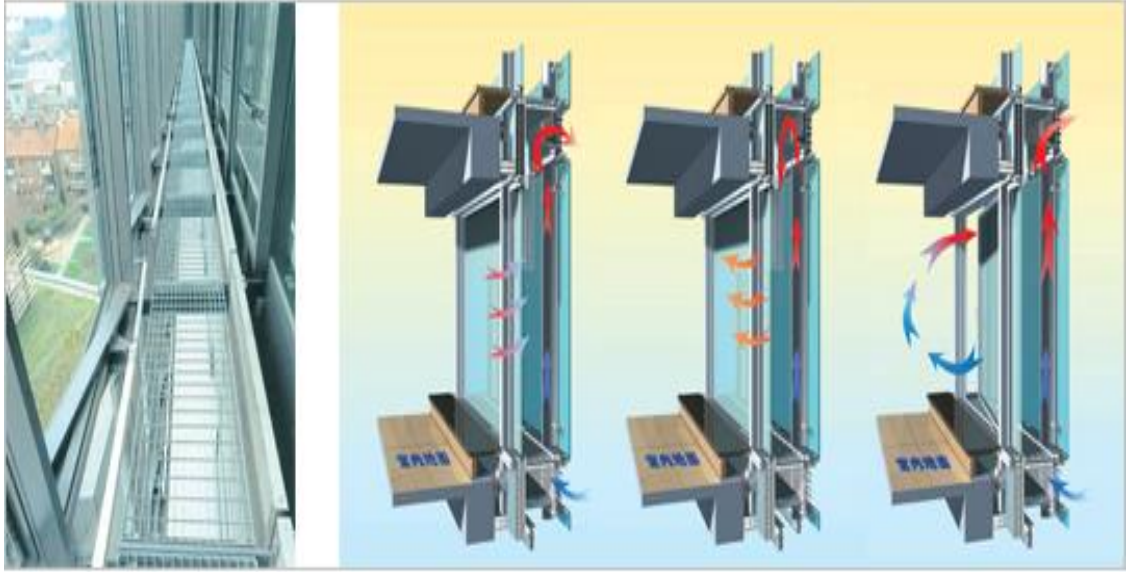


### 3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ YÜKSEK BİNALARDA KULLANIM SİSTEMLERİ VE MİMARİ İLE İLİŞKİSİ

#### 3.1 Pasif Sistemler

##### 3.1.1 Çift cidarlı cepheler

Yüksek yapılarda genellikle cam giydirme cephe sistemleri tercih edilmektedir. Cam giydirme cephe sistemleri diğer cephe sistemlerine göre daha fazla enerji kaybına sebep olmaktadır. Bu doğrultuda enerji kayıplarını en aza indirmeyi ve kullanılan enerjiden en üst düzeyde faydalanmayı hedefleyen yeni yapı kabuğu sistem arayışı üzerine yapılan araştırmalar sonucu çift cephe sistemleri geliştirilmiştir. Çift cidarlı cephe sistemleri, değişen iklimsel koşullara karşı iç/dış ortam koşulları arasında denge kurma ve en az enerji kullanabilme özelliğine sahiptir.

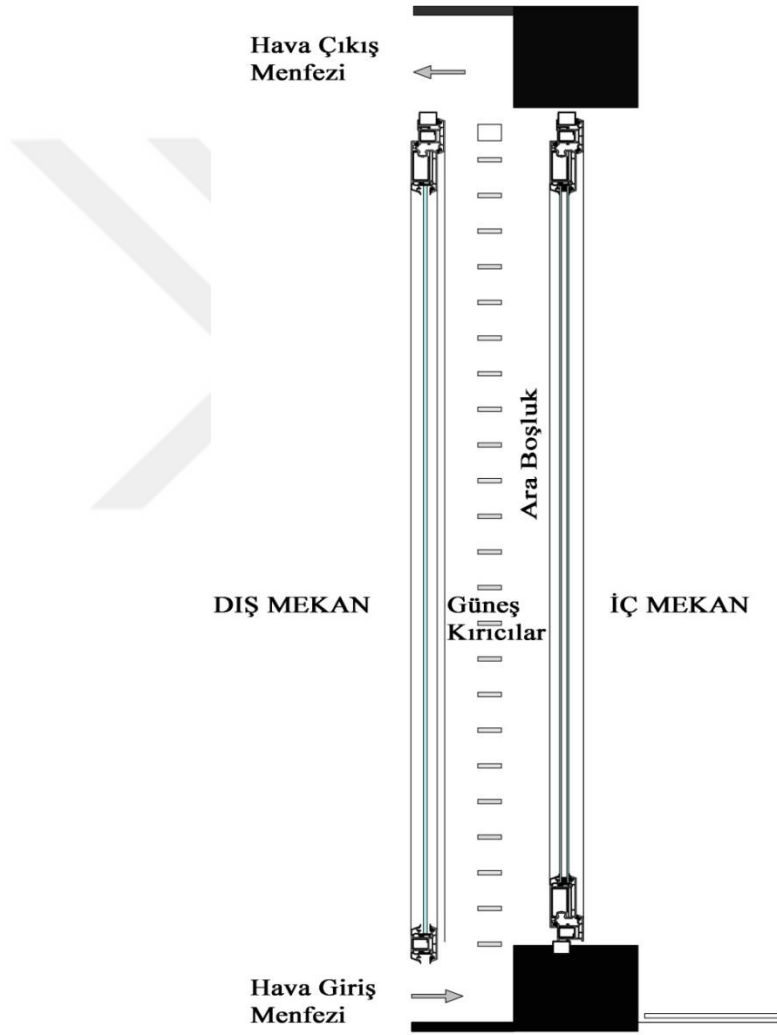


**Şekil 3.1:** Çift cidarlı cephe sistemi.

Çift cidarlı cephe sistemleri literatürde çeşitli isimlerle anılmaktadır. Bunlardan en sık rastlanan ifadeler “çift cidarlı cepheler”, “çift cam cepheler”, “aktif cepheler”, “enerji etkin cepheler”, “havalandırılmış çift cidarlı cepheler” ve “havalandırmalı cepheler”dir. Çift cidarlı cephe sistemleri binanın birincil yani ana cephesinin önüne ikincil bir cam cephenin entegre edilmesi ile oluşur ve genellikle bir dış cam cephe ve cam veya kısmen cam malzemedan oluşan bir iç cam cepheden oluşur. Dış cam



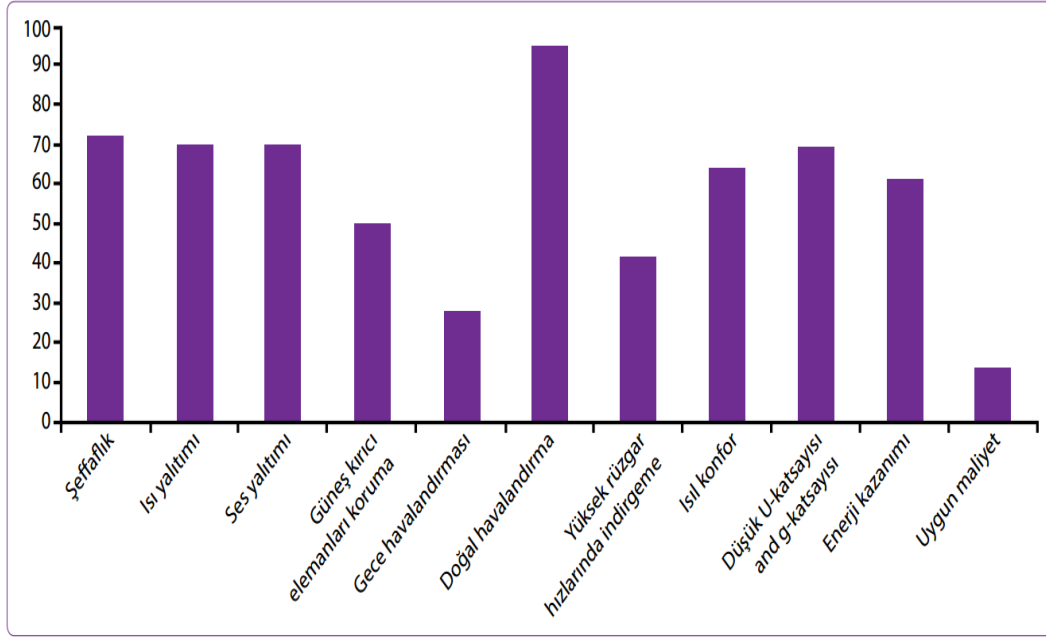
genellikle tek saydam bir camdan oluşur. İç cam ise genellikle çift camdır ve low-e veya güneş kontrollü camlardan oluşur. Bu yapı kabukları birbirinden boyutları 20 cm ile 2 m'den daha fazla olabilen bir hava kanalı olarak adlandırabileceğimiz bir boşluk ile ayrılır. Bu boşluk literatürde “hava koridoru” ve hava kanalı gibi isimlerle anılmaktadır. Bu hava boşluğu bina yüksekliği boyunca devam edebileceği gibi kat yüksekliği boyunca da devam edebilir. Güneş ışınları çok fazla geldiğinde özellikle yaz döneminde hava kanalında aşırı ısınmayı önlemek için bu iki cephe arasında kalan boşluğun havalandırılması çok iyi yapılmalıdır (İnan ve Başaran, 2015).



**Şekil 3.2:** Çift cidarlı cephe yapısı.

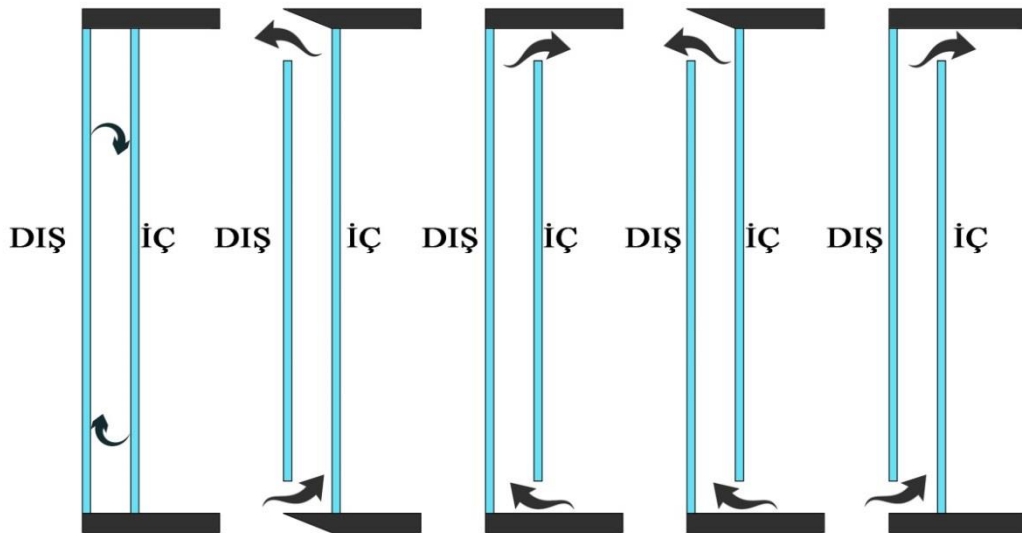
Çift cidarlı cephe sistemleri iki cam kabuk arasında hava koridoru bırakmakla oluşur. Bu hava tabakası rüzgâra, sese ve ısıya karşı yalıtım görevi görür. Geniş hacimli bu ara boşluk yapı için dış ortam koşullarından kısmen ya da tamamen soyutlanmış

tampon bölge oluşturur. Bu iki tabaka arasında güneş kırıcı elemanlar yerleştirilerek güneşten korunma sağlanır. Çift kabuk cephe sisteminin avantajları; güneş ışınımı kontrolü, gün ışığı kontrolü/doğal aydınlatma, doğal havalandırma, gürültü kontrolü, yangına karşı kontrol, temizlik ve bakım/onarım kolaylığı, kullanıcı kontrolü, güvenlik olarak ifade edilebilir.



**Tablo 3.1:** Çift cidarlı cephe sisteminin avantajları (İnan ve Başaran, 2014).

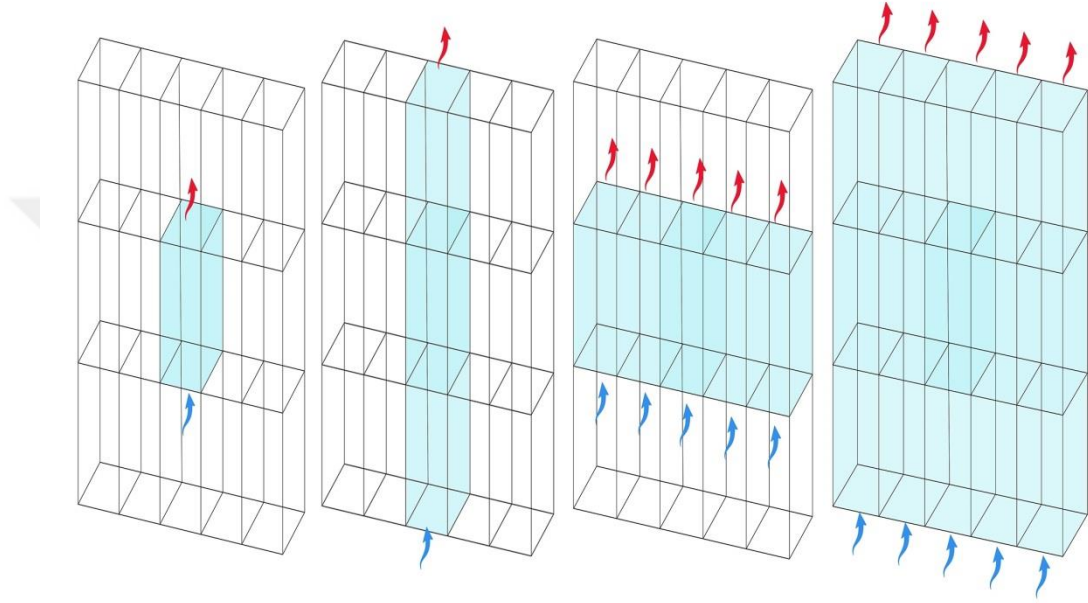
Çift cidarlı cephe sistemlerinde bırakılan açıklıkların durumuna, hava kanalına havanın alınımına göre farklı hava akış modları oluşur.



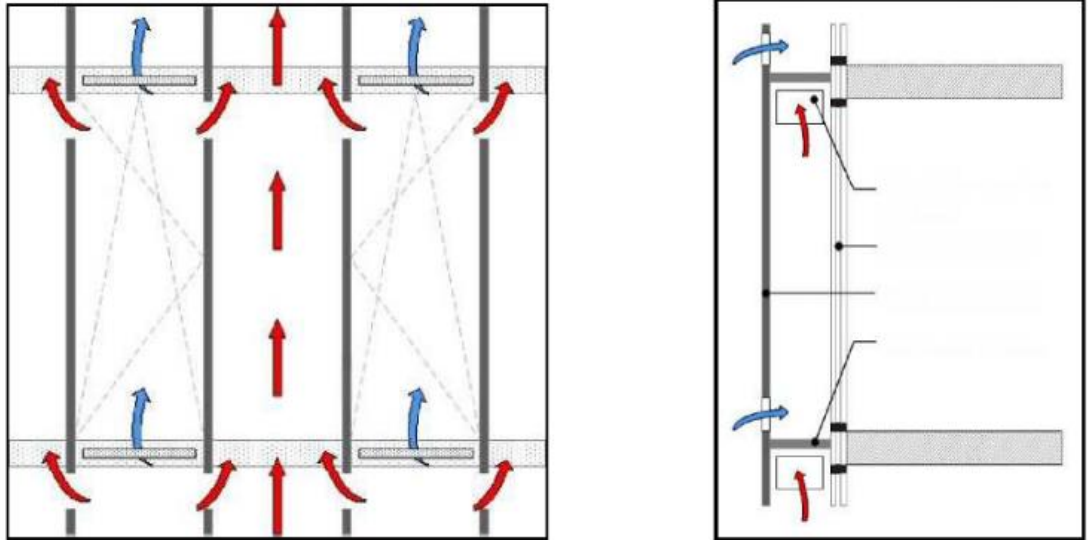
**Şekil 3.3:** Çift cidarlı cephelerde hava akış modları.

Çift kabuk cephe sistemleri, ara boşlukta farklı geometrilere hacimler oluşturularak bölümlenebilmektedir. Bu farklılaşmaya bağlı olarak; bina yüksekliğinde, kat yüksekliğinde (koridor cephe), kutu pencere ve şaft cephe sistemleri olmak üzere dört grupta incelenmektedir. Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemleri, çift kabuk arasındaki ara boşlukta yatay ve düşey bölücü olmayıp, bina cephesi boyunca devam eden sürekli bir tampon boşluğu olan sistemlerdir. Bu tip cephelerde, ara boşlukta istenen havalandırma, genellikle zemin ve çatı hizalarındaki açıklıklardan sağlanır. Bu tipteki cepheler dış mekândaki gürültüye karşı mükemmel bir akustik performansa sahiptir aynı zamanda dış kabuğu tamamıyla cam giydirmeye cephe olarak tasarlamak da mümkündür. Bu sebeple de bu tip cepheler tercih sebebi olabilmektedir. Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe/koridor cephe sistemleri, çift kabuk cephelerin en çok kullanılan çeşididir. Bu cepheler, ara boşlukta kat seviyesinde yatay bölümlenme yapılması ile elde edilirler. Boşluğa hava girişi kat döşemesinin alt noktalarındaki açıklıklardan, hava çıkışı ise kat döşemesinin üst noktalarındaki açıklıklardan sağlanır. Koridor tipi çift kabuk cephelerin yapımında, her katta olması gereken havalandırma boşlukları ve yatay bölücülerin bulunmasından dolayı çok katlı çift kabuk cephelerden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Buna karşın cephenin işlevi çok gelişmiştir. Yapının üstünde aşırı ısı, ses geçişi, duman ve yangın yayılımını azalmaktadır. Kutu pencere çift kabuk cephe sistemleri, ara boşluğun yatay ve düşey bölümlenip bağımsız ve küçük kutular olarak çalıştığı cephe sistemleridir. Bu tip cephelerde, dışarıdaki havanın giriş ve çıkışını sağlayan, sıklıkla katlar arasında yer alan ve ‘balık ağzı’ denen özel bir pencere çerçevesi tasarlanır. Bu balık ağzı, hava giriş ve çıkış deliklerine sahiptir. Balık ağzı içine alınan hava, çift cephe içinde ısıtılır ve yükselen hava yakındaki balık ağzı pencere çerçevesinden dışarı atılır. Eğer balık ağzlarının her ikisi de düşey olarak yerleştirilirse, dışarı atılan kirli hava geri emilecektir. Ayrıca bu sistem yangının diğer katlara yayılmasını da önlemektedir. Şaft tipi çift kabuk cepheler, kutu pencere cephe birimlerinin, bina yüksekliğince devam eden hava bacalarıyla yani düşey şaftlarla bağlandığı cephe sistemleridir. Öteki çift cephe tipleriyle karşılaştırıldığında şaft tipi cephelerin yangın korunumu, gürültü, temiz ve kirli havanın karışması gibi dezavantajları vardır. Bu yüzden enerji etkin çift kabuklu cephe kuruluşlarında kullanımına az rastlanan bir cephe sistemidir. Düşey şaft katlar boyunca devam ederek en üst noktaya ulaşır; bu sayede baca etkisini oluşturarak

doğal havalandırmaya olanak sağlar. Dış cephede açılan mazgallar dışarıdan kontrollü bir temiz hava girişi sağlayarak yüzeyler arasındaki boşluğun taze hava ile dolmasını ve istendiğinde bu havanın iç mekâna akışı sağlanarak mekânın kontrollü bir şekilde havalandırılmasına da imkân verir. Baca etkisi sınırlı bir yükseklik gerektirdiği için bu cephe kurgusu daha çok az katlı binalar için uygundur (Çetiner ve Örkmez, 2012; Yeşilli, 2016).



Şekil 3.4: Çift cidarlı cephe türleri.



Şekil 3.5: Şaft tipi çift kabuk cephenin havalandırma durumu (Yeşilli, 2016).

### 3.1.2 Atriumlar

Atrium, doğal havalandırma, doğal aydınlatma gibi amaçlarla bina içerisinde bırakılan boşluktur. Ayrıca atrium tasarımının önemli avantajlarından biri de, uzun koridorlar yerine panoramik bir lobi görüntüsü oluşturarak yatay ve düşey sirkülasyon sağlamasıdır.

Atriumlar, yapı içinde farklı formlarda bulunmakta, yapı mekânları ve yakın çevre ile farklı şekillerde bağlantı kurmaktadır. Bu planlama çeşitliliği, işlevsellik ve mekânsal algı gibi açılardan pek çok farklı seçenek oluşturmaktadır. Atriumlar, yapı içindeki konumları, mekânlar ile ilişkisi ve dışarıyla olan ilişkilerine bağlı olarak farklı boyutlara sahip olabilmekte ve mekân organizasyonu açısından farklı dolaşım şemaları sunmaktadırlar.

Atriumlar, etrafında yer alan mekânların da çevresel etkilerden faydalanmasını sağlayarak dış mekânın iç mekânın içine alınması, günışığından yararlanma, havalandırma ve benzer sorunların çözümünde önemli bir rol oynarken, büyük alışveriş merkezlerinde farklı kotlardaki restoran, mağaza ve eğlence mekânlarını birleştirerek kitlelerin ilgisini çeker. Atriumların binalarda kullanılma sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

- çarpıcı ve çekici giriş veya merkezi mekanlar oluşturmak,
- prestijli ve gösterişli bina yaratmak,
- bina kullanıcıları için sosyal ve ferah ortamlar yaratmak,
- sirkülasyonu kolaylaştırmak,
- büyük kullanıcı kitleleri için mekanlar üretmek (Göçer,2006).

Atriumun oranları, atrium mekânına ulaşan direkt gün ışığı miktarını tanımlamaktadır. Daha sığ ve dar atrium alanları, direkt gelen gün ışığının dağılmasını daha iyi sağlamaktadır. Atriumun yüksekliği genişliğinden daha fazla olduğunda, bütün alt katlar için genellikle daha zayıf gün ışığı sağlanır ve bu nedenle atrium duvarlarının yüksek yansıtıcı özelliğe sahip olması istenmektedir. Atrium duvarlarının düşük yansıtıcı özellikte olması sadece alanın genişliğinin yüksekliğinden daha fazla olması durumunda gün ışığından daha iyi yararlanmak açısından uygundur (Tokabaş, 2005).



**Resim 3.1:** Commerzbank atrium (Url-16).

Atrium mekânının üst örtüsü, atriuma giren güneş ışığı miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Alınan güneş ışığı miktarının kontrolü sağlandığı takdirde iç ortam konfor koşulları da sağlanmış olur. Ayrıca güneş ışığının en derinlerdeki alanlara kadar ulaştırmak mekânların mekanik aydınlatma yükünün azaltılmasında etkilidir.

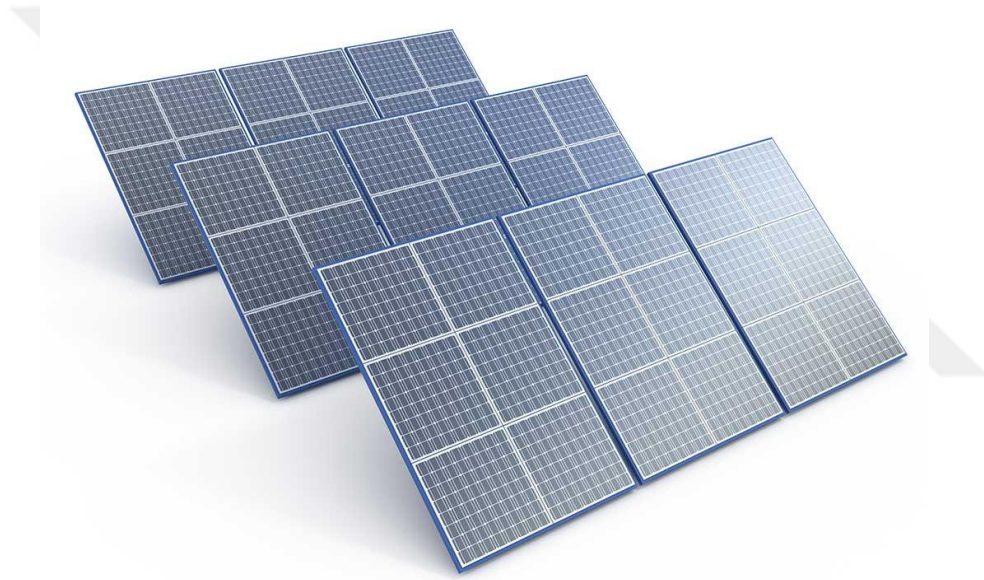
Enerji kazancı konusu, enerji girişinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Eğer kontrol elemanları uygun bir şekilde tasarlanırsa elektrik kullanımını azaltarak, indirekt doğal ışık ile mümkün olan en basit ve ekonomik aydınlatma sağlanmış olur (Tokabaş, 2005).

## **3.2 Aktif Sistemler**

### **3.2.1 Fotovoltaik paneller**

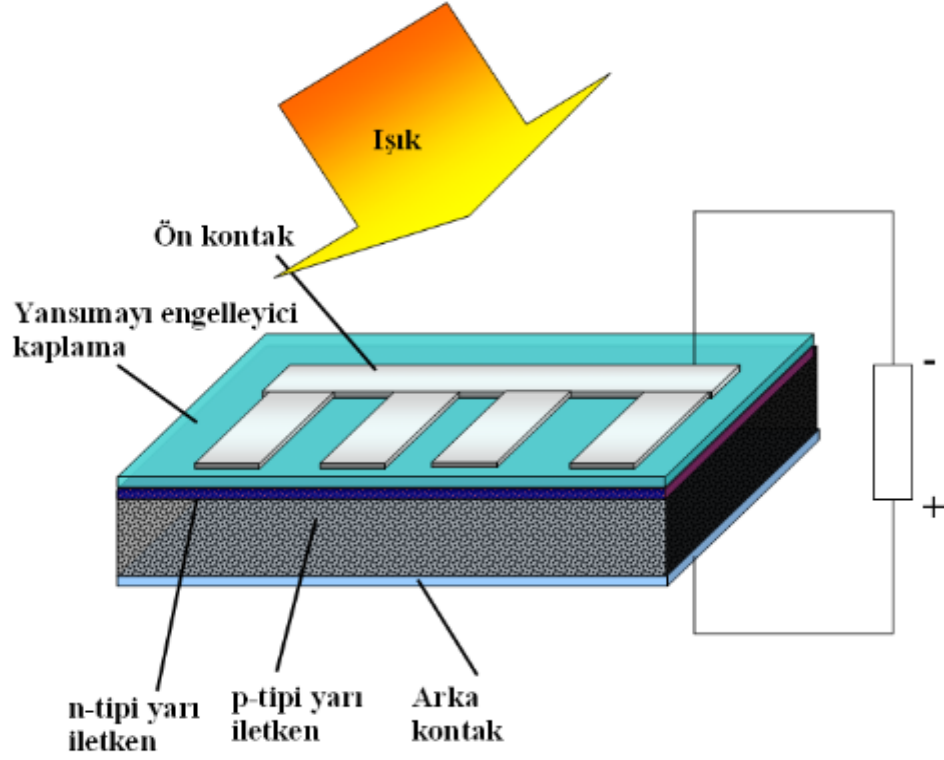
Fotovoltaik paneller mimaride yapının bir çok farklı bölümüne entegre edilebilir. Fotovoltaik paneller binaya yapım aşamasında montaj edilmekle beraber mevcut olan

bir yapıya da sonradan eklenebilir. Fotovoltaik panellerin binaya uygulanması panelin cinsine ve uygulanma şekline göre değişiklik göstermektedir. Fotovoltaik paneller çerçeve sistem veya yapıştırma olarak binaya uygulanmaktadır. Çerçeve sistemlerde fotovoltaik panel alüminyum bir çerçevenin içine alınarak binaya monte edilmektedir. Yapıştırma sistemi ise ince film panellerde uygulanmaktadır. Fotovoltaik panellerin en yüksek verimlilikte çalışabilmesi için güneş ışınlarını en uzun ve en dik sürede alabilecek şekilde binaya montajının yapılması gerekmektedir. Fotovoltaik panel uygulaması yapılan bina güney yarım küredeyse paneller kuzeye, kuzey yarım kürede ise paneller güneye bakmalıdır (Karakan, 2015).



**Resim 3.2:** Fotovoltaik paneller.

Fotovoltaik paneller güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Paneller üzerinde güneş enerjisini soğuran birçok güneş hücresi vardır. Fotovoltaik hücreler, iki katmandan oluşan yarı iletken malzemeden meydana gelirler. Bir katman pozitif, diğeri negatif özelliktedir. Güneş ışığı geldiğinde öndeki ve arkadaki temas noktalarında bir elektrik gerilimi oluşmaktadır. Temas noktalarını bağlanması ile de akım meydana gelir.



Şekil 3.6: Güneş pili yapısı (Aygün, 2012).

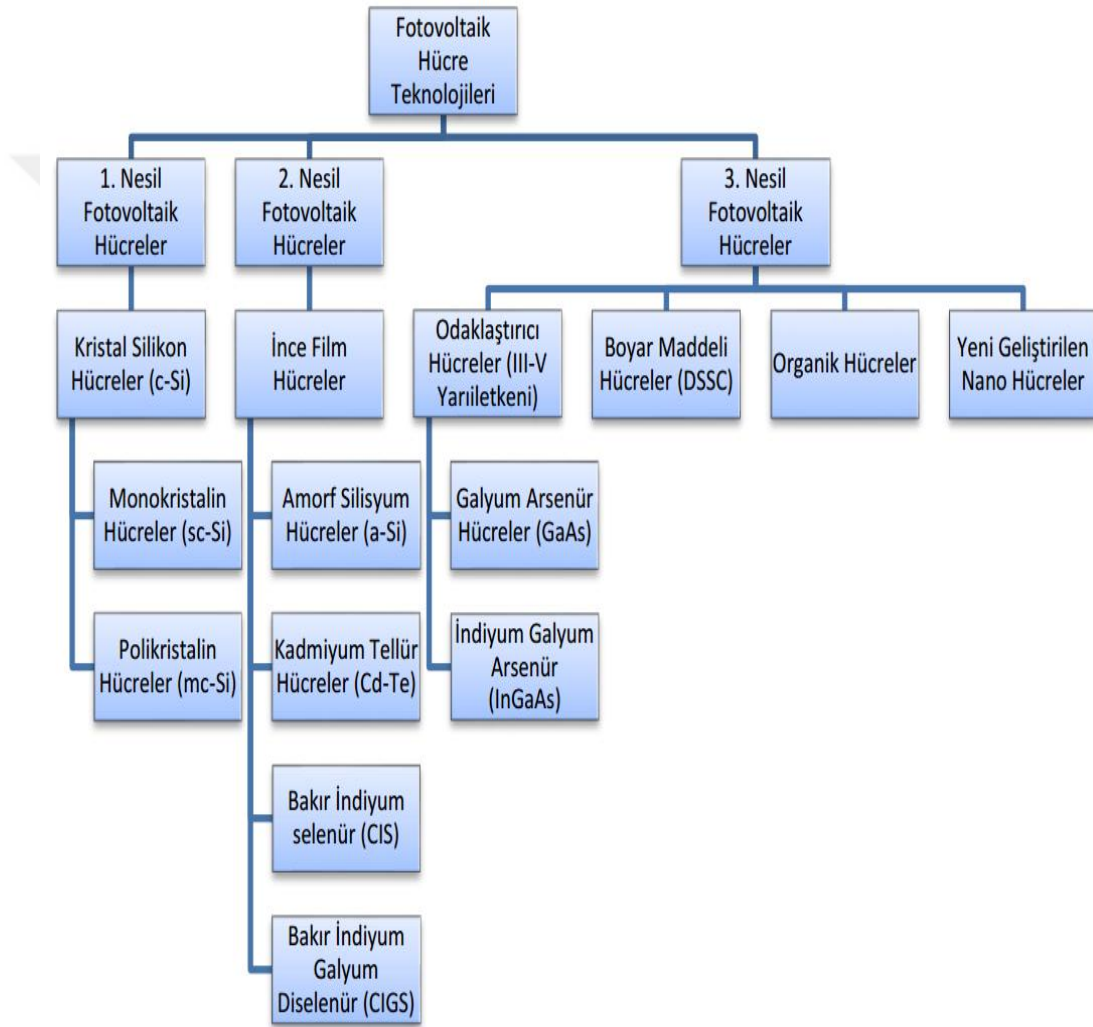
Güneş pilleri kare, dikdörtgen ve daire şeklinde yarı iletken teknolojisi ile üretilmiş silikon temelli(deniz kumu) statik sistemlerdir. Yüzey alanları  $100 \text{ cm}^2$  civarı olup kalınlıkları 0,2 ve 0,4 mm arası değişmektedir. Güneş pilleri mikro teknoloji ürünü olup zor bozulan malzemelerdir. Güneş enerjisinden güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisi üretilebilir.

Fotovoltaik hücreler üretim malzemelerine göre farklı türlere ayrılmıştır, bunlardan en çok kullanılanları tek kristalli silisyum hücreler ve çok kristalli silisyum hücrelerdir. Fotovoltaik hücrelerin temel malzemesi silisyumdur. Bu malzemeler o kadar ince ve kırılgan bir yapıya sahiptir ki tek başlarına kullanılmadıkları için, farklı malzemeler ile birlikte kullanılmaktadırlar. Önlerine güneş ışığının hücrelere ulaşabilmesi için şeffaf, geçirgen ve yansımayı önleyici bir malzeme olan cam gelir. Hücrelerin altına yalıtım malzemesi, yalıtım malzemesinin altına ise taşıyıcı levha gelmektedir. Bağlantı noktalarının, kenarlarının ve köşe noktalarının da her türlü hava şartlarına dayanabilecek su geçirmeyecek şekilde yalıtımının yapılması gerekmektedir (Aygün, 2012).








Diğer güneş pili çeşitleri şunlardır:

- İnce film güneş pilleri
- Amorf silisyum güneş pilleri
- Kadmiyum tellür ince film güneş pilleri
- Bakır indiyum diselenid güneş pilleri

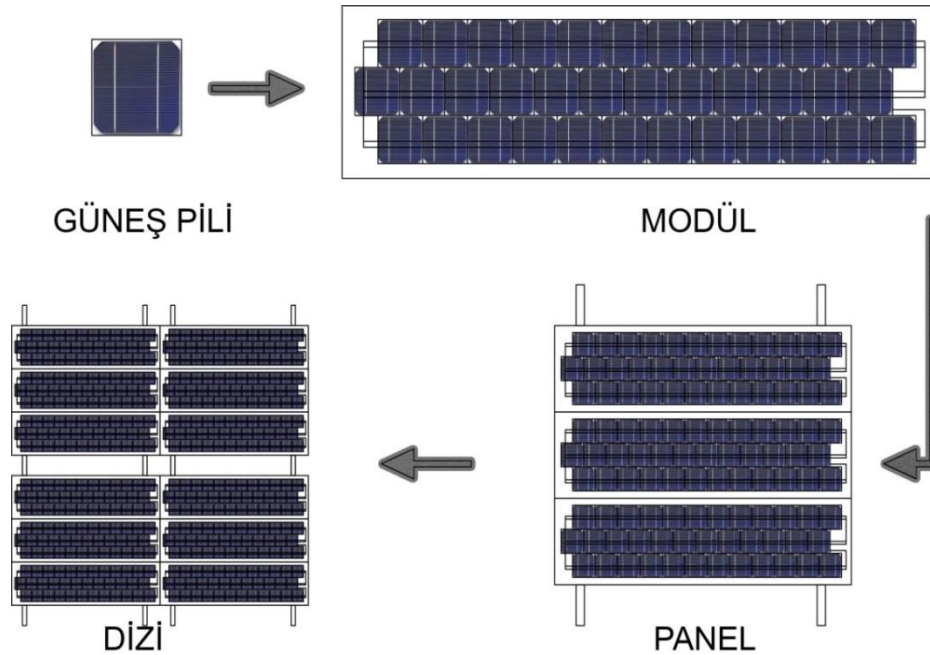


**Tablo 3.2:** Fotovoltaik hücre teknolojilerinin sınıflandırılması (Demir, 2011).

PV Tipleri					
	İnce film tabakalı %10-20 opak	Polikristal (Çok kristalli)	Monokristal (Tek kristalli) Yarı transparan	Monokristal (Tek kristalli)	Monokristal (Tek kristalli) Yüksek verimli
Boyut (birim)	576x976	156x156 125x125	125x125	156x156 125x125	125x125
Verim	%4	%16	%17	%18	%22
W/m <sup>2</sup>	50	120	105	130	155
W/hücre	27	1.46-3.85	1.90-2.20	1.46-3.85	2.90-3.11

**Tablo 3.3:** Fotovoltaik hücre tipleri ve verimlilikleri (Demir, 2011)

Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç W'tan MW'lara kadar sistem oluşturulur (Kıncay ve diğ., 2013).



**Şekil 3.7:** Hücre, modül, panel, dizi oluşumu

Fotovoltaik piller ile enerji üretmenin avantajları:

- Mevcut sistemlerden farklı olarak, herhangi bir fosil yakıt tüketmeden bağımsız olarak enerji üretir,
- Kullanılan yakıt için para vermeye gerek yoktur,
- Kurulumundan sonra uzun yıllar sorunsuz olarak çalışmaktadır,
- Sistemin hareketli parçaları az olduğundan az bakım gerekir,(elektrik üretiminde kullanılan jeneratörler, rüzgâr ve hidroelektrik türbinleri sürekli bakıma gerek duyarlar)
- Hareketli parçaları az olduğundan şimşek, rüzgâr, kum fırtınası, ısı, nem, kar ve buz gibi doğa olaylarına dayanıklı sistemlerdir,
- Enerji ihtiyaç olan yerde üretildiği için taşıma maliyeti yoktur,
- Enerji kaynağı ile kullanım yeri arasında uzun kablolar ve bağlantı elemanları olmadığı için arada kaybolan güç kaybından tasarruf edilmiş olur.
- Modüler sistemler oldukları için artan enerji ihtiyacına bağlı olarak sistem rahatlıkla arttırılabilir (Özdoğan, 2005).

Fotovoltaik piller ile enerji üretmenin dezavantajları:

- Kullanılabilir düzeyde elektrik enerjisi üretimi için geniş alıcı yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır,
- Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığı için depolama için boş alan gereklidir,
- Enerji eldesi sadece güneş ışınımının dik geldiği zamanlarda olduğu için, enerji elde edilmesi kış aylarında az ve geceleri de hiç yoktur,
- İlk yatırım masrafları fazla olduğundan ilk başta ekonomik bir sistem olarak görülmemektedir,
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması ve sistemin gölgede kalmaması gereklidir,
- Fotovoltaik malzemelerin geri dönüşümü olmadığı için, ömrünü tamamlayan malzemenin değiştirilmesi esnasında türlerine göre ayrıştırılması ve ona göre imha edilmesi gereklidir (Özdoğan, 2005).

Fotovoltaik paneller yüksek yapılarda, cephede güneş kırıcı eleman olarak pencere üstlerinde, saçaklarda, pencerelerde ve balkon korkuluklarında, çatıda ise kaplama olarak kullanım imkânı bulmaktadır. İstanbul’da 2014 yılında Esentepe’de bulunan 64 metre yüksekliğe sahip Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlük binasında solar pv panel sistemi uygulaması yapılmıştır. Çatıya uygulanan bu sistem 72 kW’lık elektrik üretim kapasitesiyle kullanıma alınmıştır.

<b>ÇATI PV SİSTEMLERİ</b>		
<b>PV’lerin pozisyonu</b>	<b>Sistem</b>	<b>Özellikleri</b>
1.Eğimli çatılar	PV çatı panelleri	PV sistemi ile çatı strüktürü birleşir
2.Şet çatılar	PV paneller	Gün ışığına izin veren sistem
3.Kavisli çatı	Opak PV, metal ya da sentetik alt tabaka, ya da çatı rijit modüllerle düzenlenebilir	Esnek tasarım imkanları sağlar
4.Atrium	PV çatı panelleri	Opak ve yarı transparan PV lerle günışığı sağlanır.
<b>CEPHE PV SİSTEMLERİ</b>		
<b>PV’lerin pozisyonu</b>	<b>Sistem</b>	<b>Özellikleri</b>
1. Düşey duvarlar	Perde duvar	Standart, ekonomik. Opak ve yarı-transparan PV’ler kullanılabilir.
2. Düşey Duvarlar	Giydirme Cephe sistemi	Bina ile PV arasındaki boşluktan hem havalandırma sağlanır, hem de kabloların geçişleri sağlanır.
3. Düşey Duvarlar Eğimli PV’ler	Cam ya da giydirme sistem	PV’lerin verimi yüksek. Pencerelere gölge sağlıyor.
4. Eğimli duvarlar	Cam	Mimari görünüm zenginliği sağlıyor. Bina kat alanı kullanımında az verim sağlıyor.
5. Sabit Gölgeleme elemanı	Cam	Mimari estetik sağlıyor.Gün ışığı girişi az
6. Hareketli Gölgeleme Elemanı	Cam	Tüm sistemlerle beraber kullanmak mümkün. Gün ışığı girişi sabit gölgeleme elemanlarına göre daha fazla

**Tablo 3.4:** Çatıda ve cephede fotovoltaik panel kullanımı (Özdoğan ve Hıraoğlu, 2011).

### **3.2.1.1 Fotovoltaik sistem uygulamaları**

Fotovoltaik sistemleri; kullanım şekli olarak şebekeden bağımsız sistemler ( off grid) ve şebekeye bağlı sistemler (grid) olmak üzere iki çeşit uygulaması vardır.

#### **Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler**

Fotovoltaik sistemler arasında en yaygın olarak kullanılan sistemdir. Genellikle elektrik şebekesinin olmadığı uzak bölgelerde birkaç watt' an birkaç yüz kW' a kadar çıkarak elektrik ihtiyacını karşılarlar. Elektrik şebekesinden bağımsız sistemlerde söz konusu enerji depolama birimlerine ihtiyaç duyulur ve bu doğrultuda güneş panellerinin ürettiği doğru akım elektrik enerjisini alternatif akıma çeviren eviriciler, güneş panellerinin sabitleneceği taşıyıcı sistemler ve üretilen elektriğin sistem içinde dolaşımını sağlayan kablolarla ilaveten akü grupları kullanılır. Fotovoltaik sistemlerde kullanılan akü çeşidi genellikle jel tipi aküdür ve şebekeden bağımsız bu sistemler kullanılacak olan akünün gerilim değerine göre tasarlanırlar.

#### **Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler**

Ana elektrik şebekesine bağlı olan sistemlerin genel adıdır. Çift yönlü sayaç veya çift sayaç kullanılarak, aküye gerek kalmadan şebeke ile karşılıklı elektrik alışveriş imkânı vardır. Üretilen elektriğin fazlasını şebekeye satma ve üretilen elektrik ihtiyacı karşılamadığında ya da üretim durduğunda, şebekeden elektrik temini şeklinde çalışmaktadır. Bu şekilde akü ve şarj kontrol masraflarından tasarruf yapılmakla birlikte üretilen fazlalığın da değerlendirilmesi büyük oranda tasarruf sağlamaktadır On grid sistem modeline istenildiği takdirde akü ilave edilir. Bu ilave şebekede oluşabilecek herhangi bir elektrik kesintisi anında ihtiyacın buradan karşılanmasını sağlar ve enerji teminini sürekli hale getirir.

### **3.2.1.2 Fotovoltaik güç sistemlerinin projelendirilmesi**

#### **Alan seçimi ve özellikleri**

Fotovoltaik güç sistemlerinin kapasite büyüklükleri sistemin kurulacağı alanın büyüklüğüyle orantılıdır. Ayrıca güneş panellerinin belli bir açıyla yerleştirilmesi - bölgenin enlemine bağlı olarak- optimum verimi sağlayacağından, sistemin kurulacağı bölgenin eğimi de burada önemli bir parametredir. Arazi uygulamalarında 22 gölgelemenin yıl içinde farklılık göstermesinden dolayı güneş panellerinin

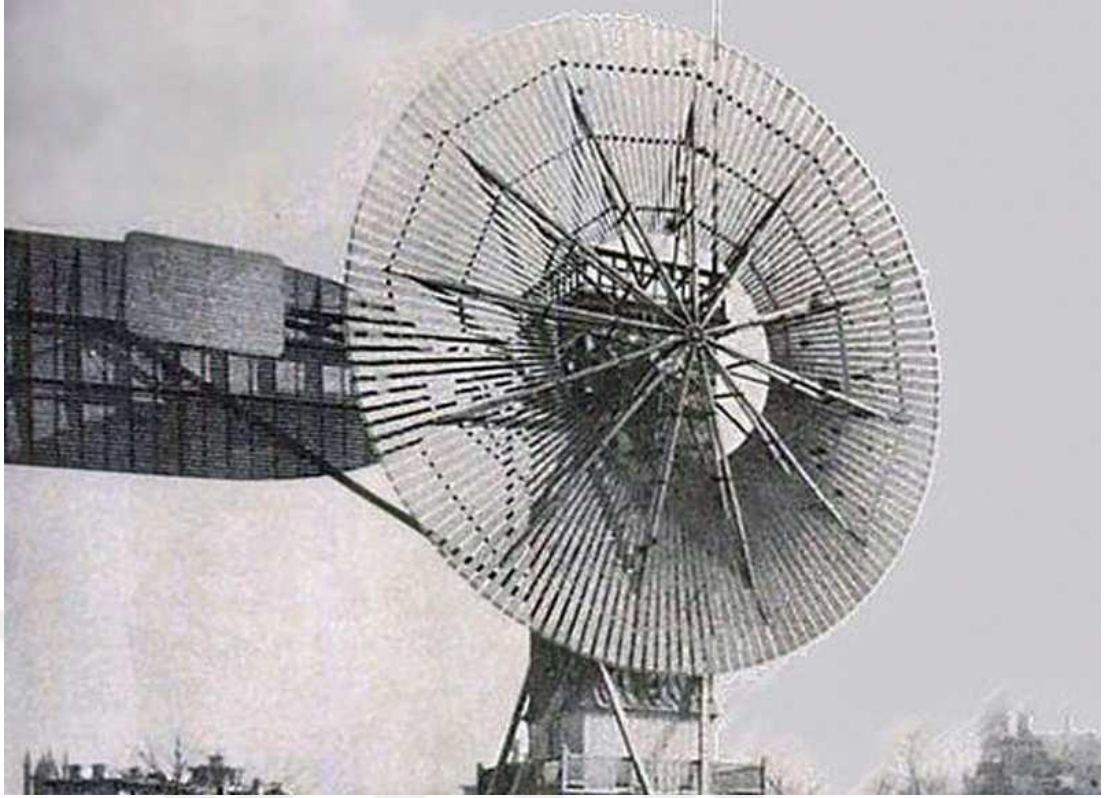
gölgelenmeden etkilenmemesi için panel grupları arasında boşluklar bırakılması gerekmektedir ve bu da daha fazla alan kullanımı anlamına gelmektedir. Ancak çatı uygulamalarında hali hazırda mevcut bir eğim söz konusuysa böyle bir gereklilik yoktur. Dolayısıyla aynı güç kapasitesi düz ve eğimsiz bölgelere nazaran, eğimli bölgelerde ve çatılarda daha az alan harcanarak elde edilebilir. Ancak çatının mevcut durumdaki eğimi ve azimut açısı kullanılacağı için çatı uygulamalarında optimum enerji eldesi de çok kolay olmamaktadır (Keskinel, 2015).

### **Fotovoltaik güç sistemi tasarımı**

Fotovoltaik güç sistemleri tasarlanırken, ilk ve en önemli noktalardan biri sistemin iki ana bileşeni olan güneş panelleri ve eviricilerin birbiriyle uyumlu olarak çalışabilmesidir. Bu uyum, güneş panellerinin elektriksel değerleriyle eviricilerin elektriksel değerleri dikkate alınarak, bu değerlere göre doğru bir sistem tasarımı yapılabilmesiyle elde edilir. Eviriciye bağlanacak toplam güneş paneli sayısı, güneş panellerinin seri ve paralel bağlantı tasarımı, güneş panellerinin eviricilere hangi şekilde bağlanacağı vb. sistem özellikleri söz konusu elektriksel değerlerin doğru okunması ve değerlendirilmesiyle bulunur. Bu parametreler sistemin sürekliliğini etkileyen en önemli etkenlerden bazılarıdır ve doğru hesaplanmadığı takdirde sistemin devre dışı kalmasına kadar çeşitli bozukluklara sebep olabilmektedir (Keskinel, 2015).

### **3.2.2 Rüzgâr türbinleri**

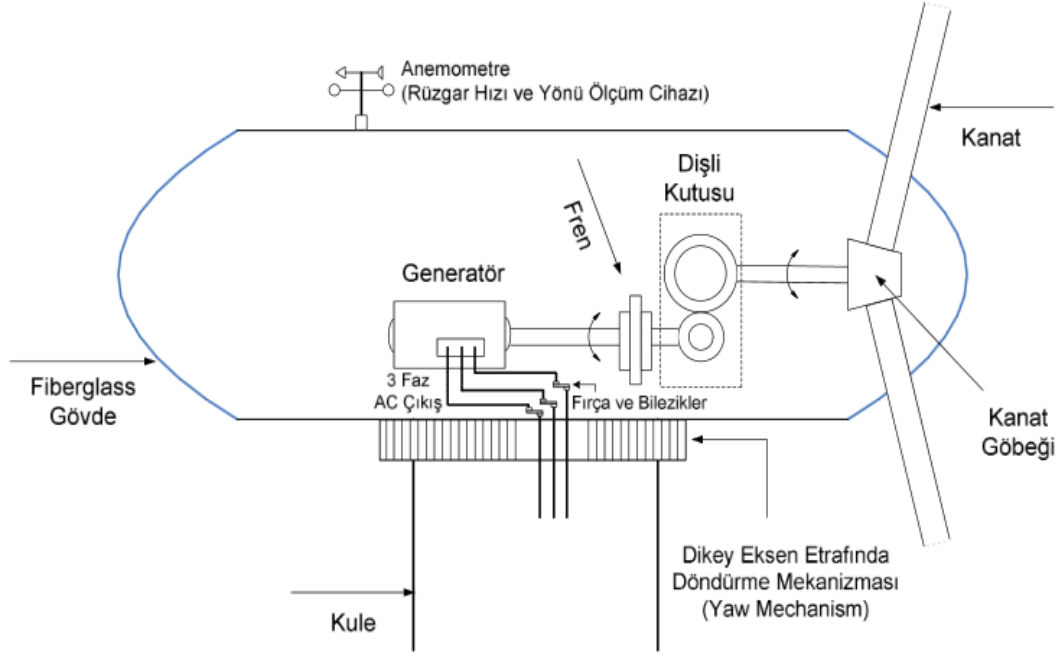
Rüzgâr türbinleri, havada bulunan kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Rüzgâr türbinleri çok eski çağlarda mekanik güç üretmek için kullanılan yel değirmenleri olarak ortaya çıkmışlardır. Bilinen ilk yel değirmeninin 1180 yılında Fransa'nın kuzeyinde kullanıldığı sanılmaktadır. Yel değirmenlerinden elektrik üretimi için Prof. James Blyth tarafından 1887 yılında İskoçya'da bir sistem kurulmuş, Resim 3.3'de gösterilen ve elektrik üreten ilk rüzgâr türbini 1888 yılında Charles F Brush tarafından Amerika'da kurulmuştur. Bu tarihlerde temelleri atılan rüzgâr türbini sistemleri, Almanya, Danimarka ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerin öncülüğünde günümüze kadar gelişimlerini hızlı bir biçimde devam ettirmişlerdir (Taşkın, 2013).



**Resim 3.3:** 12 kW kapasiteli ilk rüzgâr türbini (Url-10).

Son 30 yıldır yaygın şekilde rüzgâr santrali olarak karşımıza çıkan rüzgâr türbinleri, günümüzde binalarda enerji üretmek için kullanılan küçük rüzgâr türbinleri olarak da gelişme göstermiştir. Elektrik şebekesinin olmadığı yerlerde akülere depolama şeklinde başlayan binalarda kullanılan rüzgâr enerjisi şimdi ülkemizde elektrik dağıtım şirketlerine de satılabilmekte ve kullanıcılar için daha cazip hale gelmektedir (Bektaş, 2013).

Yatay ve düşey eksenli olmak üzere iki şekilde olabilen rüzgâr türbinleri kanatların, göbek ve şaftın monte edildiği rüzgârda dönen bir rotor, dişli kutusu ve generatörün bulunduğu mekanizma, rotor sistemini taşıyan bir kule ve kontrol sistemleri gibi kısımlardan oluşur. Teknolojideki verimi arttırmaya ve hareketli parçaların sayısını azaltmaya yönelik gelişmeler, etkin ve güvenilir türbinler ortaya koymuş durumdadır. Günümüzde genellikle rüzgâr santralleri olarak karşımıza çıkan rüzgâr enerjisi çok yakın bir zaman içinde her yüksek bina da rüzgâr türbini olarak karşımıza çıkacaktır. Gelişmiş ülkelerin birçoğu, yüksek yapılarda rüzgâr enerjisinin kullanımına gereken önemi vererek, konuyu halen yapımı devam eden yüksek binalarında somutlaştırmaya çalışmaktadırlar.

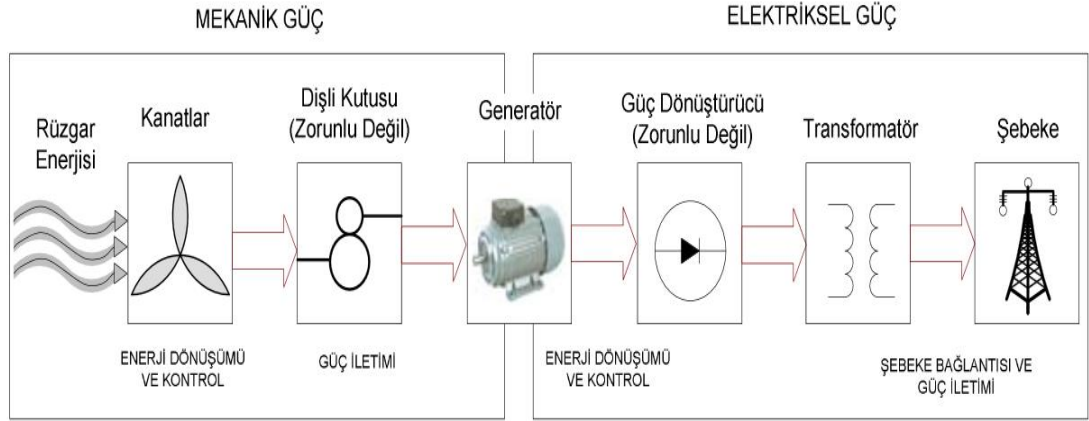


**Şekil 3.8:** Rüzgar türbini yapısı (Url-11).

Rüzgâr türbin kule yüksekliği, rüzgâr hızını artıracak önemli bir özelliktir. Rüzgâr türbininin kule yüksekliğini arttırmak, türbini etraftaki binaların ve ağaçların oluşturduğu turbülansın kurtarmaya yarayacağından rüzgar hızının artmasına sebep olmaktadır. Rüzgâr gücü bağıntısında rüzgâr hızının küpü kullanıldığından, hızın 2 kat artması gücün 8 kat artmasını ve türbinden daha fazla verim alınmasını sağlayacaktır (Bektaş, 2013).

Bir rüzgâr enerji dönüşüm sisteminin temel safhaları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Türbin rotoru aerodinamik olarak tasarlanmış kanatları vasıtası ile rüzgâr dalga enerjisinin bir kısmını yakalayıp mekanik enerjiye çevirir. Düşük hızlı bu mekanik enerji dişli kutusu yardımı ile yüksek generatör hızı seviyesine çıkarılır. Eğer generatör yüksek kutup sayısına sahip ise dişli kutusuna ihtiyaç duyulmayabilir. Yüksek dönüş hızına sahip mekanik enerjiye çevrilmiş bu enerji ise generatör aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Daha sonra transformatör ve iletim hatları aracılığı ile yerel elektrik şebekesine elektrik sayacı ve kesici üzerinden bağlanır. Tercih edilen rüzgâr enerji sistemi tipolojisine bağlı olarak transformatörden önce güç elektroniği üniteleri ile elektrik enerjisi farklı formlarda regüle edilir (Url-11).





**Şekil 3.9:** Rüzgar enerjisi dönüşüm aşamaları (Url-11).

Bachman, L.R.'ın Gülser Ünlü Çelebi ve Serpil Tosun tarafından çevrilen çalışmasında yüksek yapıların mimarlık sistemleri ile arasındaki bütünleşme potansiyelleri; fiziksel bütünleşme, görsel bütünleşme, işlevsel bütünleşme ve bütünleştirilmiş bütünleşme olarak sınıflandırılmaktadır. Bu görüşe göre; mimarlık sistemleri, aynı mekânı paylaşmalı, bir araya gelmeleri estetik olarak çözümlenmiş olmalı, bir noktada ortak çalışmalarını ya da birbirlerini tamamlamaları gerekmektedir. Bu bütünleşme düzeylerini sırasıyla açıklamak gerekirse (Çelebi ve Tosun,2011);

Fiziksel bütünleşme (Physical integration): Yapı bileşenlerinin, bir yapı içinde ortak bir hacim paylaşmakta ve bu hacim içerisinde farklı yollarla etkileşim içinde bulunmaktadır.

Görsel bütünleşme (Visual integration) : Yapının tüm bileşenleri görselliğini tamamlamak için bir araya gelmektedirler.

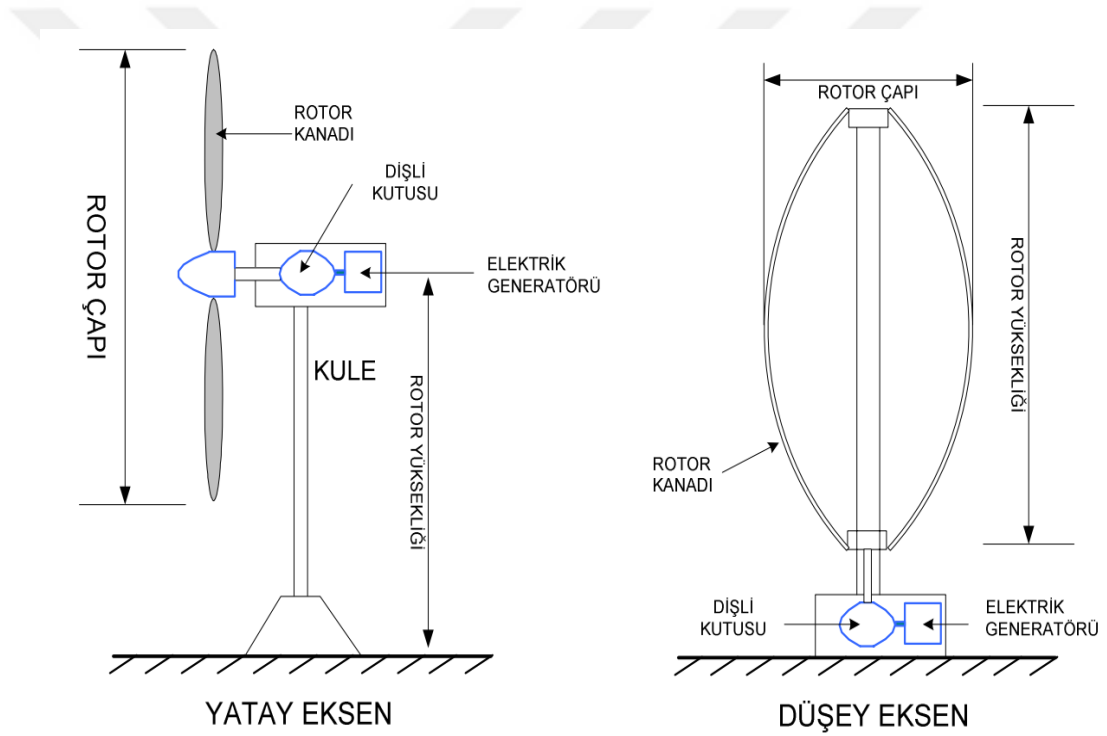
İşlevsel bütünleşme (Performance integration): İşlevsel bütünleşme ortak işlevler ile ilgilidir.

Bütünleştirilmiş bütünleşme (Integrated integration):Fiziksel, görsel ve işlevsel bütünleşme ilkelerinin birlikte görüldüğü düzey bütünleştirilmiş bütünleşme olarak nitelendirilmektedir. Yukarıda belirtilen bütünleşme düzeylerine ek olarak son yıllarda teknolojinin sınır tanımaz gelişiminin mimarlık sistemlerine yansımaları olarak 'dinamik bütünleşme' kavramı ortaya çıkmıştır.

Dinamik bütünleşme(Dynamic integration): Artık yapılardan beklenen performans değişmiş, bu noktada şeklini değiştirerek çevrenin bir parçası olan, çevreye karşı durmak yerine bütünleşen yapılar tasarlanması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

### 3.2.2.1 Rüzgâr türbini çeşitleri

Rüzgâr türbinleri mekaniksel olarak elektrik generatörüne bağlı iki veya daha fazla kanatları olan rotorları vasıtasıyla rüzgâr kinetik enerjisini yakalar. Rüzgar türbinleri düşey eksenli ve yatay eksenli olmak üzere iki çeşittir (Url-11).



Şekil 3.10: Rüzgâr türbini çeşitleri (Url-11).

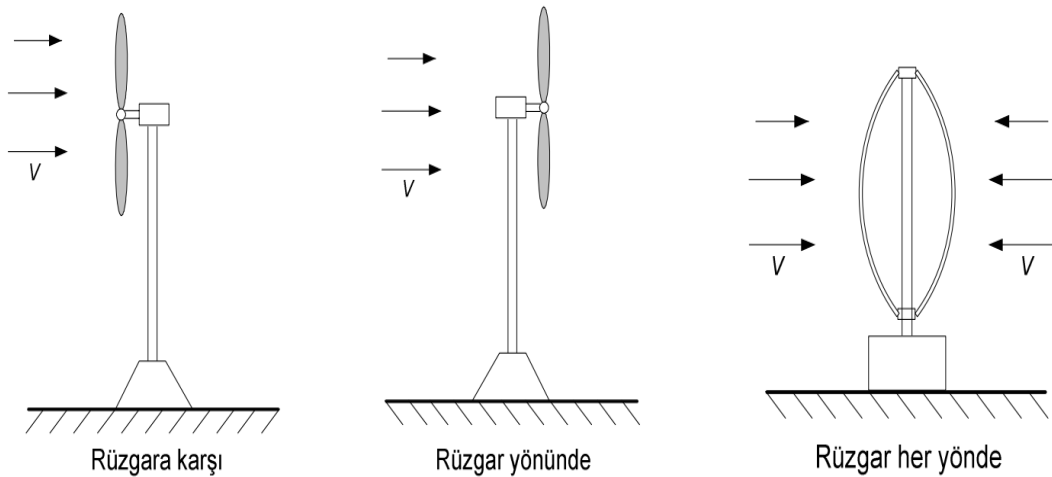
Yatay eksenli rüzgâr türbinleri rüzgâr yönüne paralel olarak konumlandırılır ve kanatları rüzgâr ile dikey açı yapar. Rüzgârı önden ve arkadan alabilen iki farklı türü mevcuttur.

Önden rüzgâr alan türbinlerin en önemli üstünlüğü kulenin arkasında olacak rüzgâr gölgeleme etkisine çok az maruz kalmasıdır, yani rüzgâr kuleye eğilerek varır. Kule yuvarlak ve düz olsa bile kanadın kuleden her geçişinde türbinin ürettiği güç biraz

azalır. Bu nedenle rüzgâr çekilmesinden dolayı kanatların sert yapılması gerekir ve kanatların kuleden uzakta yerleştirilmesi gerekir. Ayrıca, önden rüzgârlı makineler, rotoru rüzgâra karşı döndürmek için “Yaw” mekanizmasına gerek duyarlar (Toprak, 2011).

Rüzgârı arkadan alan türbinlerin rotorları kule arkasına konulur. Bunların önemli üstünlüğü rüzgâra karşı dönmek için “Yaw” mekanizmasına gerek duymayıştır. Eğer gövde ve rotor uygun tasarlanırsa, gövde rüzgârı pasif olarak izler. Daha önemli bir üstünlük kanatların esnek özelliğe sahip olmasıdır. Bu, hem ağırlık hem de makinenin güç dinamiği açısından önemli bir üstünlüktür. Böylece bu makinenin avantajları; önden rüzgârlı makinelere göre daha hafif yapılması sonucu kule yükünün azalmasıdır. Ancak, kanat kuleden geçerken meydana gelen güç dalgalanması, türbine önden rüzgârlı makinelerden daha çok zarar verir (Toprak, 2011).

Düşey eksenli rüzgâr türbinleri rüzgârı her açıdan alabilen yapıdadır. Ancak düşey türbinin dönmeye başlaması için harici bir kuvvet uygulamak gerekir. Destek için kule yerine destek kablosu gerekmektedir. Yere yakın olduğu için kurulumu ve bakımı kolaydır. Dezavantajı yatay türbinlere göre daha verimsiz olmasıdır. Ancak Darrieus tipi dikey rüzgâr türbinleri yüksek verimleri ile diğer dikey eksenli türbinlerden ayrılır (Semizoğlu, 2009).



**Şekil 3.11:** Rüzgâr açısına göre yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbinleri (Url-11).

Düşey türbinlerin üstünlükleri ve dezavantajları şöyle sıralanabilir(Semizoğlu,2009):

- Jeneratör ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için, türbini kule üzerine yerleştirmek gerekmez, böylece kule masrafı olmaz.
- Türbini rüzgâr yönüne çevirmeye, dolayısıyla dümen sistemine ihtiyaç yoktur.
- Türbin mili hariç diğer parçaların bakım ve onarımı kolaydır.
- Elde edilen güç toprak seviyesinde çıktığından, nakledilmesi daha kolaydır

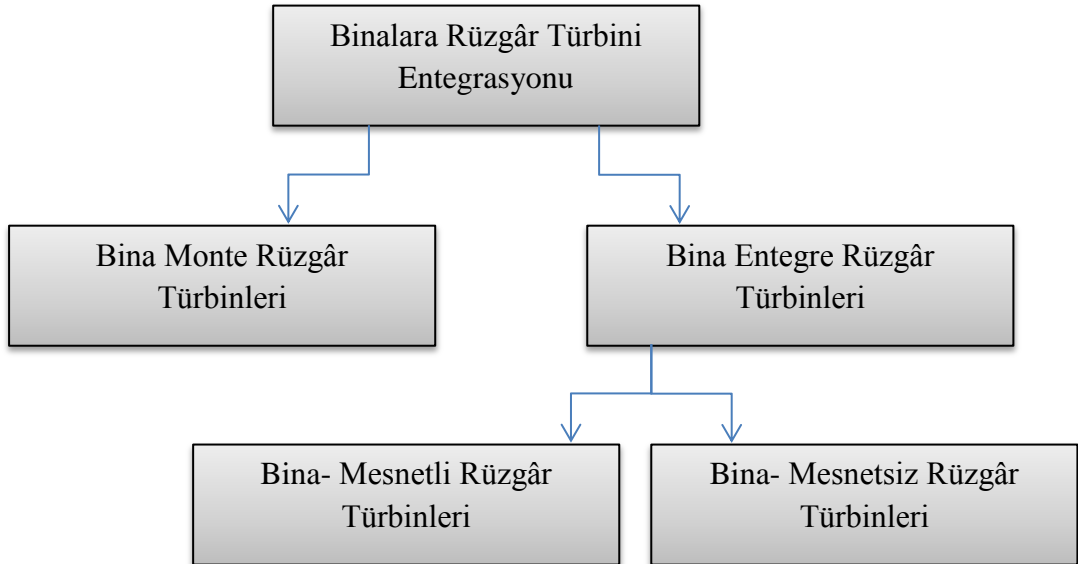
Rüzgâr türbinleri kanat sayısına göre dört kısma ayrılır. Kanat sayısı arttıkça dönüş hızı azaldığından üçten fazla kanat tercih edilmemektedir. Kanat sayısının fazla olduğu sistemler genellikle su pompalamak için kullanılır.

Tek kanatlı rüzgâr türbinlerinin yapılmasının sebebi, kanat sayısına göre dönme hızının yüksek olması ve bu sayede makine kütlesini ve rotorun döndürme momentini azaltmaktır. İki kanatlı türbinler ise üç kanatlı türbinlere göre rotor maliyetinin azaltılmak istenmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Birçok ülkede 10 ile 100 m rotor çaplı ölçülerde rüzgâr türbinleri tasarlanıp, Avrupa ve ABD’de çalışmaya başlamıştır. Üç kanat kullanımının asıl sebebi ise, dönme momentinin daha düzgün olmasıdır. Bu türbinde, türbinin yapısı üzerinde depolanan yüklerden dolayı salınım yapan atalet momentin olmadığından hub içinde titreşimi önleyici pahalı parçalara gerek yoktur (Turhal, 2009).

Çok Kanatlı Rüzgâr Türbinleri, rüzgâr türbinlerinin gelişmemiş ilk örnekleridir. Geçmiş yıllarda sadece su pompalamasında kullanılan bu türbinler, bu işlemdeki moment gereksiniminin karşılanabilmesi amacıyla, çok kanatlı olarak üretilmiştir. Çok kanatlı rüzgâr türbinleri düşük hızda çalışırlar (Ayhan, 2011).

	YATAY EKSENLİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ				DÜŞEY EKSENLİ R. TÜRBİNLERİ	
	Tek kanat	2 Kanat	3 Kanat	Çok kanat	Savonius	Darrierus
<b>Maliyet</b>	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
<b>Estetik</b>	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi
<b>Gürültü</b>	Yüksek	Yüksek	Düşük	Az	Az	Az
<b>Çalışma hızı</b>	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
<b>Kule ihtiyacı</b>	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
<b>Kullanım amacı</b>	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Az Elektrik & Su pompalama	Az Elektrik & Su pompalama	Az Elektrik & Su pompalama
<b>Günümüz kullanımı</b>	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az
<b>Rotorun dönmesi için rüzgarı</b>	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler

**Tablo 3.5:** Rüzgar türbinlerinin sınıflandırılması



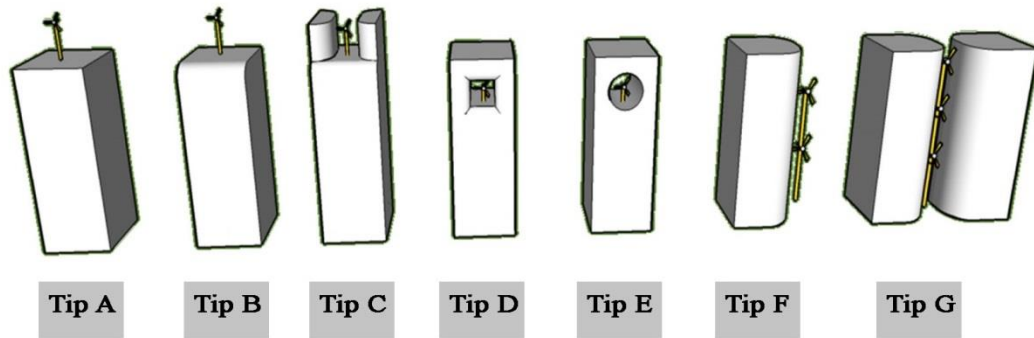
**Tablo 3.6:** Rüzgâr türbinlerinin binalara uygulanması

### 3.2.2.2 Bina-entegre rüzgar türbinleri

Bina entegre rüzgar türbinlerinde esas olan tasarımında rüzgar enerjisi etkinliğinin hedef alınmasıdır. Bina-mesnetli ve bina-mesnetsiz olarak iki temel sınıfta incelenen bina-entegre rüzgar türbinleri, mimari tasarım sürecinde düşünülmüş olup bina veya binaların formu tarafından desteklenerek rüzgarın, hızını, yönünü ya da yoğunluğunu arttırmak veya değiştirmek yoluyla, elde edilecek olan enerjinin maksimum seviyelere çıkartılması hedeflerine yönelik olarak tasarlanan türbinlerdir (Aygün, 2012).

Bina-mesnetsiz rüzgâr türbinleri, henüz teoriden uygulamaya geçmemiş olup, binaya/binalara yakın bir yerde çalışabilen ve binanın yaratacağı, rüzgâr akışını potansiyel olarak kullanabilen türbinler şeklinde tanımlanabilir. Bu çeşit türbinler bağımsız olarak kendi mesnediyle desteklenmekte olup, binanın genel tasarımını etkilemektedir (Günel ve diğ., 2007).

Bina mesnetli rüzgâr türbinleri, binanın yapısını mesnet edinerek binanın kendisini, mevcut rüzgâr potansiyelinden maksimum derecede istifade etmek amacıyla, kule olarak kullanılmaktadır (Kıyak ve diğ., 2010).



Şekil 3.12: Bina-mesnetli rüzgâr türbinleri uygulama sistemleri

### 3.2.2.3 Bina- monte rüzgâr türbinleri

Bu çeşit türbinler bina formunu rüzgârın akışını değiştirmek ve arttırmak için kullanmayıp, monte edildikleri yapıyı bir kule olarak değerlendirirler. Bu rüzgâr türbinleri entegre olanların aksine sonradan da binaya uygulanmasında bir sakınca yoktur.



**Resim 3.4:** Bina-monte rüzgar türbini örneği (Url-12).

Bina montajı için tasarlanmış yenilikçi rüzgâr türbin modellerinden bazıları aşağıda resim 3.5.'de görülmektedir. Venturi olarak da adlandırılan Energy Ball isimli rüzgâr türbini, kuyruklu bir yatay eksen türbini olarak yeni bir rotor tasarımı ile ve altı yarı dairesel kanatla küresel bir yapı oluştururlar. Wind Wall da ise rotor aynı zamanda bir yatay eksen türbini eksenine sabittir ve böylece tek bir yönden gelen rüzgârı yakalar. Bu nedenle çatısında tek bir yönden gelen şiddetli rüzgâr akımlarının olduğu yerler için uygundur (Ayhan, 2011).



Energy Ball

WindWall

**Resim 3.5:** Bazı özel tasarım rüzgar türbinleri (Url-13).

Rüzgâr türbinlerinin bina montajı yapılırken aşağıdaki maddelere dikkat edilmesi gerekmektedir (Ayhan, 2011).

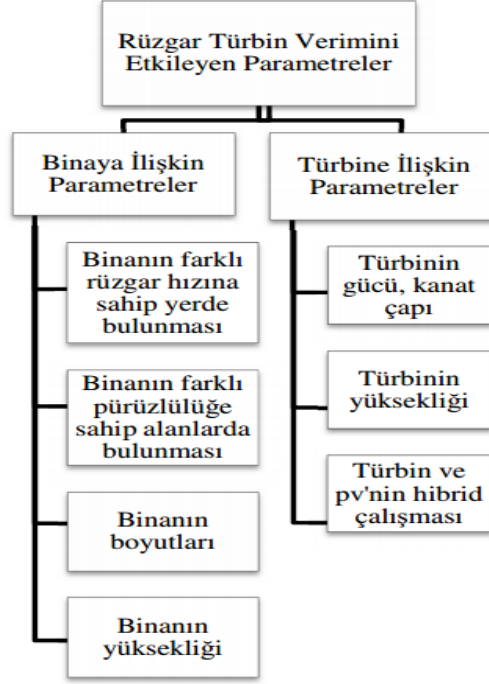
- Türbin montajı için mümkünse geniş düz çatı alanları tercih edilmelidir.
- Binaya en uygun türbin tipi ve modeli araştırması çok iyi yapılmalıdır.
- Tek türbin kullanmak yerine toplam gücü elde edecek birden fazla türbin farklı yerlere montaj edilmelidir.
- Binanın bulunduğu bölgenin gerekli enerjiyi sağlayacak potansiyele sahip olup olmadığı iyi analiz yapılmalı ve sonrasında yatırıma karar verilmelidir.
- Türbinin kanat hareketlerinin neden olduğu titreşim binaya belli bir dinamik etki getirebilir.
- Estetik açıdan montaja yeterince önem verilmelidir.
- Türbin montajı yapılırken sistemin diğer bileşenlerinin de konumu hakkında iyi bir planlama yapılmalıdır.

#### **3.2.2.4 Rüzgâr enerjisinin yüksek binalarda kullanımı**

Rüzgâr türbinlerinin yüksek binalarda kullanılması enerji kazancı açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Ancak şehrin merkezinde bulunmaları nedeni ile yüksek yapılardaki türbinlerin bir takım dezavantajları daha da ön plana çıkmaktadır. Bunların günlük hayatı en fazla etkileyebilecek olanı türbinlerin radyo, tv ve cep telefonu sinyallerini bozmasıdır. Bu bina kullanıcılarını önemli ölçüde etkileyebilecek bir etkendir. Zira bazı rüzgâr türbini kullanan yüksek binalardaki türbinler bina kullanıcılarına çok yakındır. Ayrıca yüksekliğin artması ile artan rüzgâr hızına bağlı olarak türbinlerin dönüş hızları da artış gösterecektir. Böylece elektromanyetik dalgaları kırma etkisi daha da güçlenecektir (Semizoğlu, 2009).

Türbin montajı yapılacak yüksek bina için rüzgâr yükünün yükseldikçe artan etkisi ve türbin boyutuna bağlı olarak binayı etkileyen ek yükler de hesaba alınmalıdır. Binaların çevresindeki rüzgâr akışı doğası gereği karmaşık yapıdadır. Öncelikli olarak türbin montajı yapılacak bina üzerinde dikey eğim ve girdap yoğunluğunun bilinmesi önemlidir. Binada birden fazla rüzgâr türbini kullanılacaksa aralarındaki mesafe ve birbirlerine göre konumları dikkate alınmalıdır.

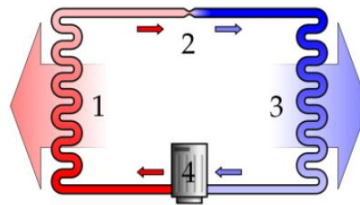




**Tablo 3.7:** Rüzgâr türbinini verimini etkileyen parametreler (Bektaş, 2013).

### 3.2.3 Jeotermal ısı pompaları

Isı pompası; hem ısıtma hem soğutma için kullanılabilen, düşük sıcaklıktaki bir ısı kaynağından, daha yüksek sıcaklıktaki bir ısı kaynağına ısı geçişinin gerçekleştirildiği termodinamik sistemlerdir. Yoğuşturucu (kondansör), genişleme vanası, buharlaştırıcı (evaporatör) ve kompresörden oluşan ısı pompalarının çalışma ilkesi olarak bir ısı çukuru gereklidir. Bu ısı çukuru toprak, su ya da hava olması durumuna göre, ısı pompalarının uygulama sistemleri değişkenlik gösterir (Demir, 2011).



1. Yoğuşturucu (kondansör) 2. Genişleme vanası 3. Buharlaştırıcı (evaporatör) 4. Kompresör

**Şekil 3.13:** Isı pompası yapısı (Demir, 2011).

Isı pompaları toprak, hava ve su kaynaklı olmak üzere 3 kısımdır.

### 3.2.3.1 Toprak kaynaklı ısı pompaları

Toprak kaynaklı ısı pompaları, toprakta veya kayada depolanmış enerjiyi toprağın içine yerleştirilmiş ısı değiştirici boru sistemi vasıtasıyla binanın içine yönlendirir. Bu yönlendirme, ısı pompasının içindeki akışkan vasıtası ile olur. Toprağın ısını alan akışkanın kompresörde basınç ve sıcaklığı arttırılarak binada ısıtma sağlanmış olur.

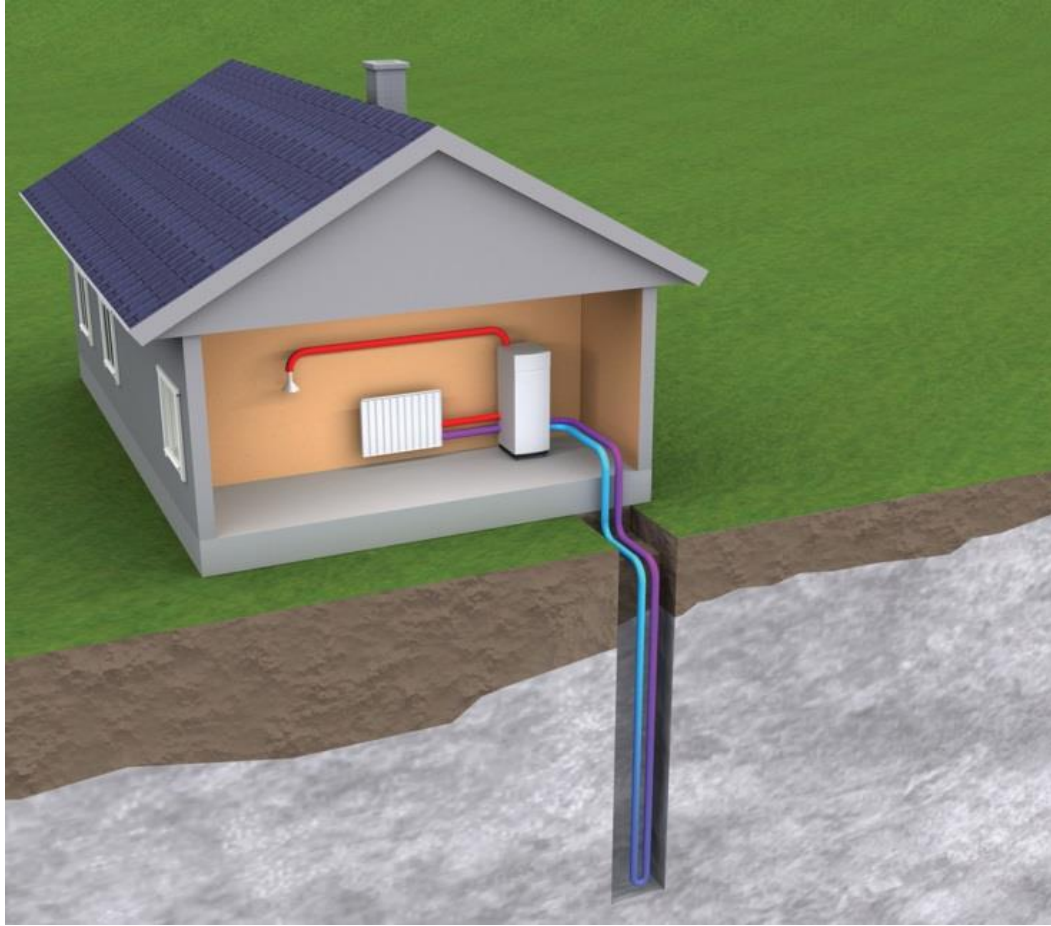
Toprak ısı değiştiricileri, jeokütle içine yatay veya düşey olarak yerleştirilebilirler. Yatay tip ısı pompa sistemleri düz veya spiral şekilde olabilir. Yatay ısı değiştiriciler genellikle 1-3 m, düşey ısı değiştiricileri ise 20-100 m derinliğe yerleştirilirler. Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması hava ve su kaynaklı sistemlere göre daha pahalıdır (Seyrek, 2010).



Şekil 3.14: Yatay tip ısı pompası (Seyrek, 2010).

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde, ısıtma sistemi olarak yerden ısıtma, düşük sıcaklıklı radyatör veya fan-coil kullanımı mümkündür. Isı kaybı sadece yerden ısıtma ile karşılanmıyor ise, düşük sıcaklıkta su ile beslenmek suretiyle radyatör veya fan-coil sistemleri ısıtmaya destek verebilmektedir. Ayrıca fan-coil sistemleri ile soğutma yapma imkânı bulunmaktadır. Bu şekilde kışın yerden ısıtma ile ısıtma, yazın fan-coil ile soğutma gerçekleştirilir (Erdim, 2010).

Yatayda geniş bir alan düşünüldüğünde; plastik borular toprak altında 1,2 – 1,5 m derinliğe ve seçilen boru çapına bağlı olarak yaklaşık 0,5 - 0,7 m mesafe ile birbirlerine paralel olarak döşenirler. Böylece her m<sup>2</sup> alan için yaklaşık 1,50 ile 2,00 m arasında boru döşenmektedir (Develioğlu, 2012).



**Şekil 3.15:** Dikey tip ısı pompası (Develioğlu, 2012).

Dikey tip ısı pompaları, iki adet küçük çaptaki yüksek yoğunluklu polietilen tüpün, yere dik olarak açılan bir kuyuya yerleştirilmesinden oluşur. Bu tüpler, kuyunun

dibinde bir U parçası ile birleşir. Kuyunun derinliği ise sondaj koşullarına ve yapılan hesaplardan sonra elde edilen basınç düşümü ve ısı iletim değerlerine göre 15 - 200 m arasında değişir. Isı pompası sistemlerinde, ısı değiştirici boru uzunluğu aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişir (Develioğlu, 2012):

- Sistemin ısıtma ve soğutma kapasitesi
- Toprak ısı direnci
- Sistemin verimi
- Boru ısı direnci
- Yıllık ortalama toprak sıcaklığı
- Isı değiştirici tipi
- Isıtma ve soğutma için sisteme giren su sıcaklığı

### **3.2.3.2 Su kaynaklı ısı pompaları**

Su da toprak gibi güneş enerjisini çok iyi depolayan bir kaynaktır. 10 m ve daha fazla derinliklerde yer altı suyunun sıcaklığı yıl boyunca çok az değişir. Sıcaklığı ortalama olarak 10°C'dir. Kuyuların yerleştirildiği sahaya ve suyun çıkarıldığı yer altı suyu stok durumuna göre, yer altı suyu sıcaklığı kış ortasında 8-12 °C ve yaz ortasında 10-14 °C arasında değişir (Temel, 2016).

Isı pompası ısıtma durumunda, buzdolabı çalışma ilkesi gibi çalışır. Termodinamik ilkelere göre ısı sıcak olduğu ortamdan soğuk ortama doğru hareket eder. Buzdolabı çalışma ilkesi gibi, topraktan alınan ısı evaporatöre doğru hareket eder. Isı değiştiricinin diğer tarafında soğuk akışkan yer almaktadır. Dolayısıyla topraktan gelen akışkan buraya hareket eder ve sıvının buharlaşmasına neden olur, fakat evaporatördeki ısı değişimi çok fazla değildir. Buradaki düşük basınç ve sıcaklıktaki gazlar kompresörden geçerek basıncı ve sıcaklığı artmış olarak soğutucuya iletilir. Buradaki basıncı ve sıcaklığı artmış olan gazlar expansiyona iletilir ve ısıtma-soğutma döngüsü devam eder (Demir, 2011).

### **3.2.3.3 Hava kaynaklı ısı pompaları**

Hava her yerde bulunabildiği, ısı pompalarında kullanımı kolay ve ekonomik olduğu için en çok kullanılan ısı kaynağıdır. Ancak ısı kaynağı olarak havanın en büyük

dezavantajı kararlı bir sıcaklığa sahip olmaması ve hava sıcaklığının kış aylarında özellikle karasal iklimlerde çok düşmesidir. Hatta hava sıcaklığı gün içinde bile değişkenlik gösterebilmektedir. Dış hava sıcaklığının düşmesi ısı pompasının kapasite ve performansını düşürmektedir. Çünkü ısı pompalarında ısı kaynağı ile ısı çukuru arasındaki sıcaklık farkı arttıkça ısı pompasının performansı azalır. Bu nedenlerle hava kaynaklı ısı pompalarının karasal iklimlerde kullanımı yaygın değildir. Ayrıca hava kaynaklı ısı pompalarında 0°C ve daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırıcı serpantini üzerinde buzlanma olmaktadır. Eğer buz birikimi engellenmezse oluşan buz ısı transferini azaltarak ısı pompasının performansını düşürecektir. Oluşan buzu çözmek için ısı pompası ters yönde çalıştırılarak defrost yapılır. Ancak enerji veriminden dolayı bu çevrimlerin olabildiğince kısa ve seyrek yapılması gerekir. Defrost sıklığı arttıkça enerji tüketimi de artacağından ısı pompasının performans katsayısı düşecektir. Hava kaynaklı ısı pompalarının kurulum maliyeti toprak kaynaklı ısı pompalarından daha düşüktür (Temel, 2016).

### **3.2.4 Biyoreaktör cephe**

Yeni ve gelişmekte olan bu tip cephe, türünün ilk örneği olarak Almanya'da karşımıza çıkmaktadır. Binanın güneş gören cephelerinde, içerisinde canlı algler barındıran cam paneller kullanılmıştır. Bu paneller hem gölgeleme elemanı olarak, hem de algler güneş ışınımıyla fotosentez yaparak besinlerini üretirlerken iç mekân ısıtan elemanlar olarak kullanılmaktadır. Ayrıca algler iyice çoğaldıklarında panellerden alınarak başka bir yerde biyokütle olarak kullanılmakta, enerji elde edilmektedir. Bu elde edilen enerji, başka herhangi bir bitkinin yakılmasına göre 5 kat daha fazla olmaktadır. Algler fotosentez yaptıkça cephe renk değiştirmektedir. Dolayısıyla alglerin besin ve ısı ürettikleri, renklerinden anlaşılmaktadır. Alglerden oluşan paneller, binanın tüm enerji ihtiyacını karşılarken karbon salınımı yılda 6 ton azaltır. Bina akıllı cephesinin sürdürülebilir özellikleri şöyle sıralanabilir (Altın ve Orhon, 2014):

- Gölgeleme – iç mekân konfor koşulları
- Kaynak (fossil) tüketimini azaltma
- Biyokütle (verimi yüksek) –yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı
- Karbon salınımının azaltılması
- Çevreye verilen zararın azaltılması

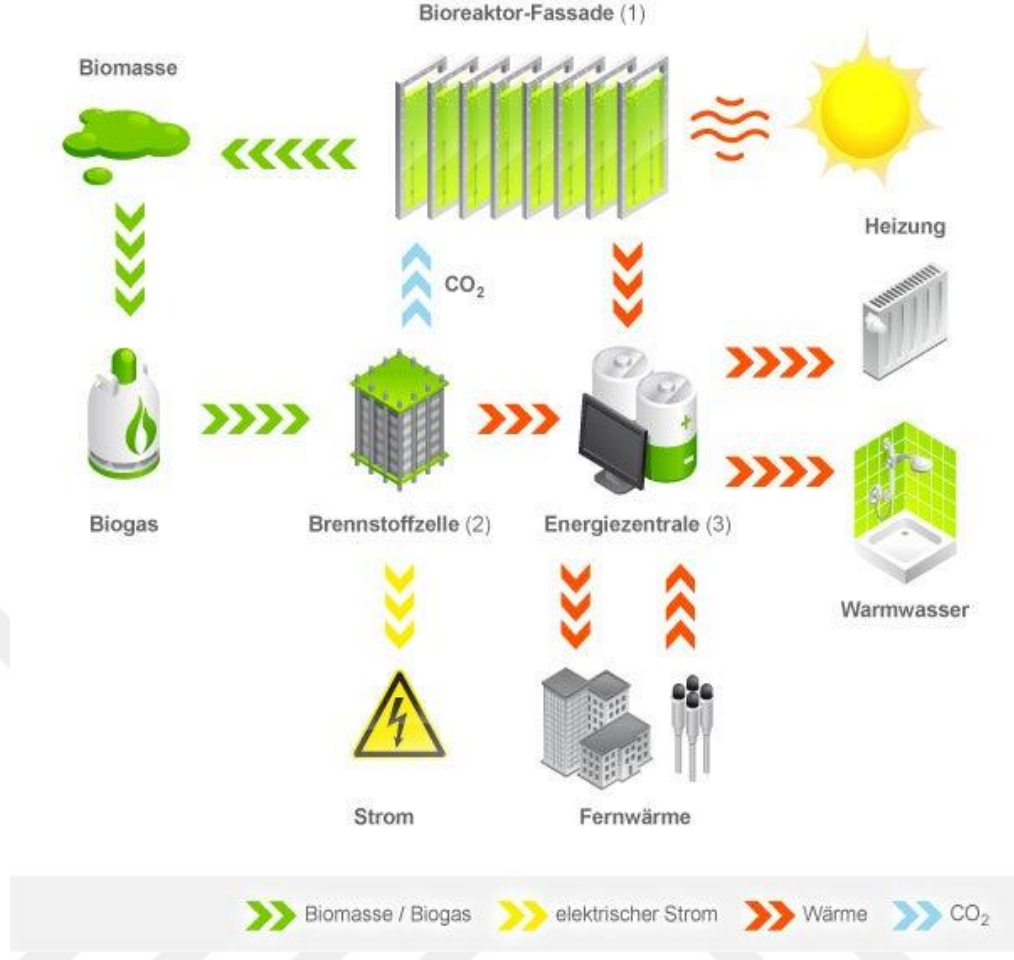


**Resim 3.6:** Almanya BIQ binası panel detayı (Url-14).



**Resim 3.7:** Almanya BIQ binası genel görünümü (Url-14).

Avusturya'dan SPLITTERWERK mimarlık tarafından tasarlanan proje ARUP ortaklığıyla 2013 yılında tamamlanmıştır. Enerji üretmenin yanında sistem dinamik gölgeleme, ısı yalıtımı ve gürültüyü azaltma gibi ek işlevleri bütünleştirerek bu teknolojinin tüm potansiyelini vurgulamaktadır.



Şekil 3.16: Enerji sirkülasyonu (Url-15).

### 3.3 Bölümün Değerlendirilmesi

Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek yapılarda kullanım teknikleri üzerinde durulmuştur. Konu pasif ve aktif sistemler başlığı altında ele alınmıştır.

Pasif sistemler olarak çift cidarlı cephe sistemleri ve atriumlardan bahsedilmiştir. Çift cidarlı cephe sistemleri iki cam kabuk arasında hava koridoru bırakmakla meydana getirilip, rüzgâra, sese ve ısıya karşı yalıtım görevi görmesi sağlanır. Geniş hacimli bu ara boşluk yapı için dış ortam koşullarından kısmen ya da tamamen soyutlanmış tampon bölge oluşturur. Atriumlar ise doğal aydınlatma ve doğal havalandırma gibi konularda yapıya işlevsellik katıp kendini saran mekânların algılanabilirliğini de güçlendirmektedir.

Pasif sistemlerden bahsedildikten sonra aktif sistemler anlatılmıştır. Burada güneş enerjisinden elektrik üreten fotovoltaik sistemler, panellerin bina da kullanılmasından

elektrik enerjisinin elde edilmesine kadar olan süreç dahilinde anlatılmaya çalışılmıştır.

Havadaki kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren sistem olan rüzgâr türbinlerinin tarihte yel değirmeni olarak kullanılmasından günümüz modern haline kavuşuncaya kadar olan süreci incelenmiş olup rüzgâr türbinlerinin yapısı da anlatılmaya çalışılmıştır. Eksenine göre yatay ve düşey olarak ayrılmış ve aralarındaki farklar karşılaştırılmıştır. Sonrasında rüzgâr türbinlerinin bina ile olan ilişkisi incelenmiş, bina monte ve bina entegre olarak iki kısımda anlatılmaya çalışılmıştır.

Yine yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma adına ısı pompalarına değinilmiştir. Kaynağına göre toprak, su ve hava kaynaklı olarak anlatılmış yatay ve düşey uygulanma sistemlerinden bahsedilmiştir.

Aktif olarak enerji üretmekte alglerin cam paneller içerisinde kullanıldığı biyoreaktör cephe geliştirmekte olan bir sistemdir. Algler iyice çoğaldığında panel içinden alınıp başka yerde biyokütle olarak kullanılıp enerji üretilebilmektedir.





#### 4. UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde seçilen örneklerin sürdürülebilir tasarım kriterleri taşıması dikkate alınmıştır. Seçilen ilk örnek Commerzbank binası özellikle içinde bina yüksekliğinde bırakılan boşlukla atrium tasarımda dünya genelinde en önemli örneklerden biridir.

İkinci örnek Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi iki kule arasına rüzgâr türbini yerleştirilen ilk örnektir. Ayrıca aralarındaki köprüler üzerinde üç adet rüzgâr türbini barındıran kulelerin türbinlerin verimini arttırıcı yönde tasarlanması bu yapıya ayrı bir değer katmaktadır.

Üçüncü örnek olan Şanghay Kulesi dünyanın en yüksek ikinci kulesi olmakla beraber Leed Platin sertifikası taşımaktadır. Bu sertifika da üst noktasındaki 200 adet rüzgâr türbininin payı büyüktür.

Dördüncü örnek Al Bahar Kuleleri İslam mimarisinde yeri olan “mashrabiya” motifinden esinlenen hareketli cephesiyle ön plana çıkmaktadır. Arabistan sıcağında yapının maruz kaldığı güneş ışınımını engelleyerek soğutmaya harcanan enerjiden büyük oranda tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

Beşinci örnek Strata Kulesi konkav şeklindeki çatısına yerleştirilen rüzgar türbinleriyle dikkat çekmektedir. Rüzgar türbinlerinin binaya entegre edilmesinin sayılı örneklerinden olan yapı incelemeye değer bulunmuştur.

Altıncı örnek Unicredit Kulesi barındırdığı sürdürülebilir sistemler vasıtasıyla Leed Altın sertifikası alması bu listeye almakta önemli bulunmuştur.

Yedinci ve son örnek olan İstanbul Sapphire yapıldığı tarihte Avrupa'nın en yüksek binası olması ve sürdürülebilir kriterler bulundurması bu bölüme girmekte etkili olmuştur.

#### 4.1 Commerzbank Genel Müdürlük Binası

Mimari	: Norman Foster & Partners
Tasarım Yılı	: 1991-1993
Yapım Yılı	: 1994-1997
Yapı Sahibi	: Commerzbank AG
Yapı Yeri	: Frankfurt, Almanya
Statik	: ARUP Services, Ltd.
Yüklenici Firma	: Hochtief AG
Kullanım Amacı	: Ofis
Yapı Yüksekliği	: 259 m, Anten Dahil 300 m
İnşaat Alanı	: 120.736 m <sup>2</sup>
Strüktür	: Vierendeel Çerçevesi Çelik Sistem

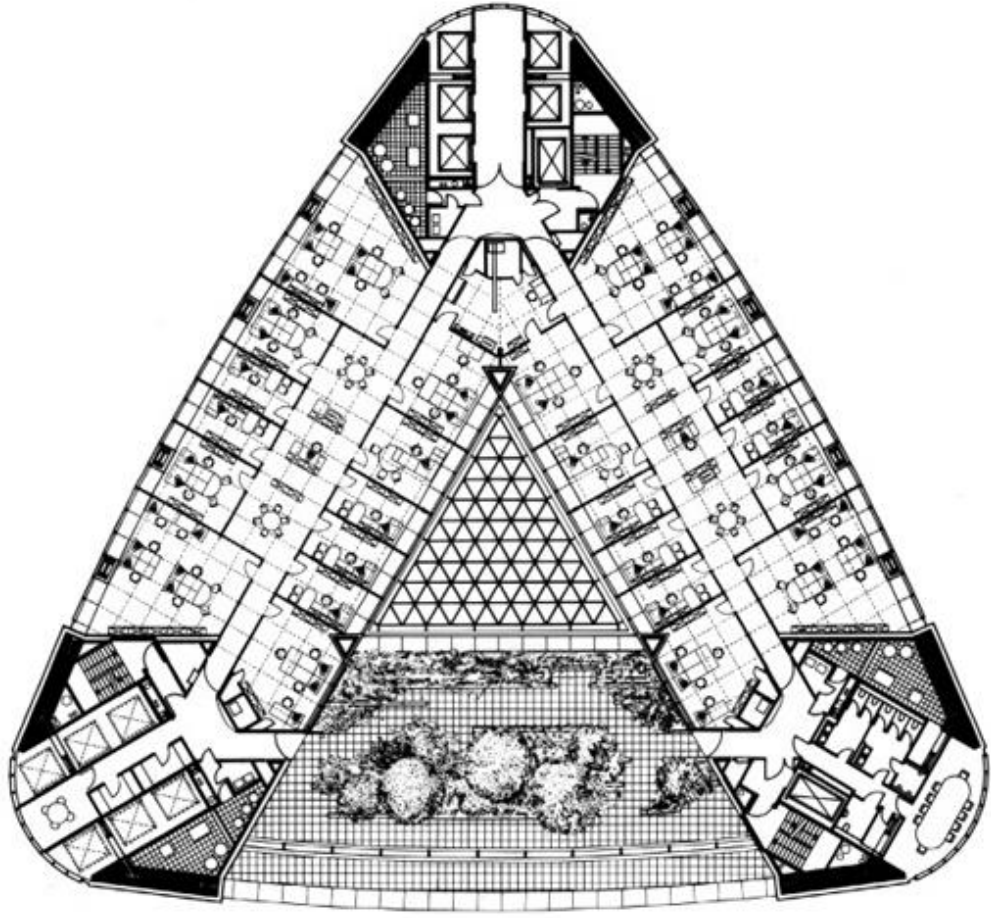
**Tablo 4.1:** Commerzbank Kulesi genel bilgileri (Url-16; Url-17; Url-18)

59 katlı olan Commerzbank binası 259 metre yüksekliğe sahip olup anteni ile beraber bu yükseklik 300 metreye çıkmaktadır. 120.000 m<sup>2</sup> lik inşaat alanına sahiptir. 160 m yüksekliğindeki üçgen biçimli atrium binada doğal havalandırmayı sağlarken çift cephe uygulaması sayesinde iç-dış mekân arasında enerji geçişleri kontrol altına alınmak istenmiştir. Ayrıca çift cephe uygulaması sayesinde bu yüksek yapıda pencerelerin açılmasına imkân verilerek doğal havalandırma sağlanmaktadır. Yine çift cidar arasına havanın geçmesini sağlayan hava delikleri bulunmaktadır. Norman Foster tarafından tasarlanan bu yapı bu yönleriyle enerji etkin tasarım anlayışında yüzyılın önde gelen yapılarından biri konumundadır. Aynı zamanda proje alanı toplu taşıma alternatifleri olan merkezi konumdadır.



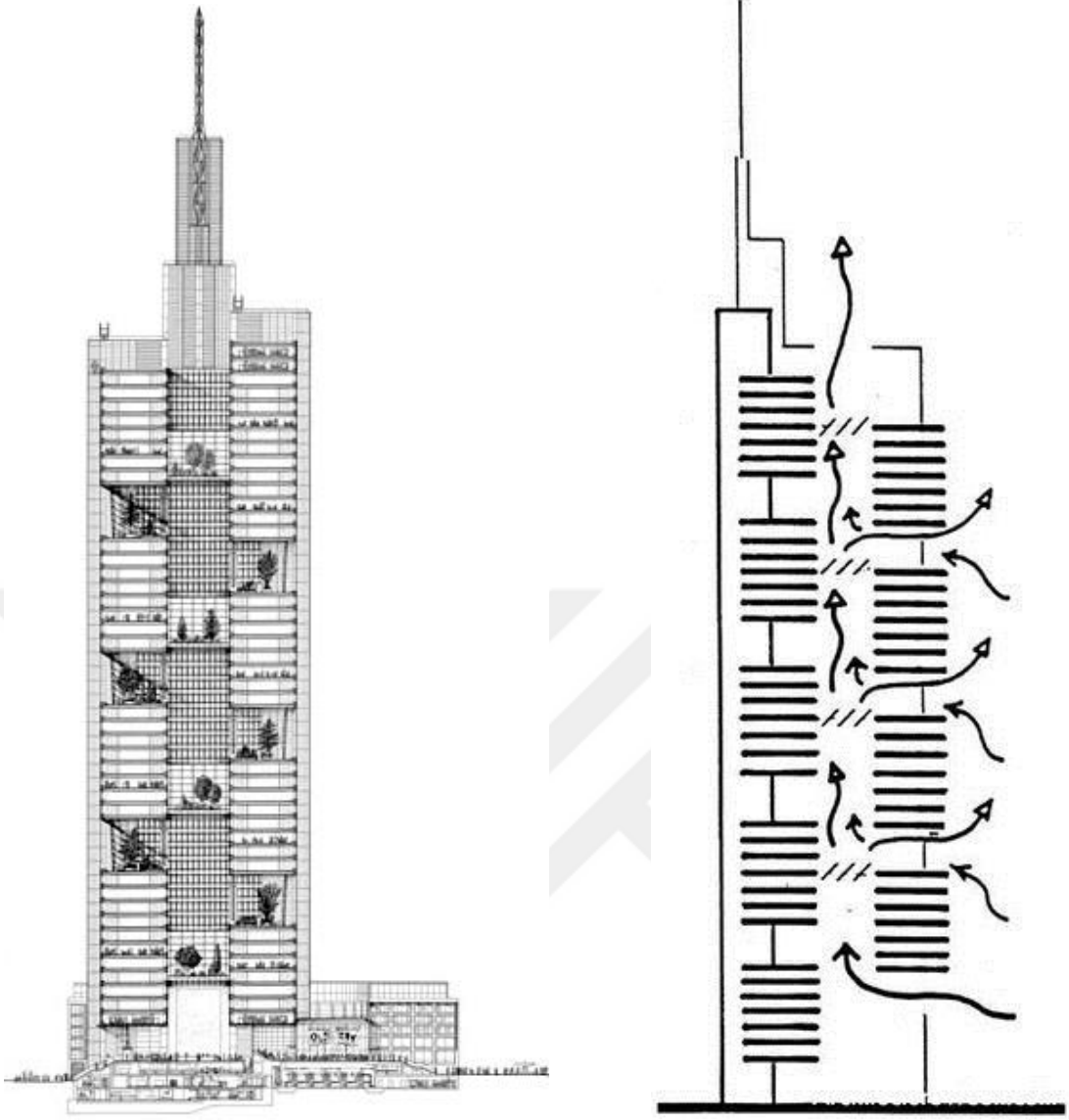
**Resim 4.1:** Commerzbank kulesi genel görünüm (Url-16).

Binanın planı üçgen forma benzer nitelikte olup köşeleri yuvarlatılmıştır. Üç ayrı çekirdek çözümü bu yuvarlatılmış köşelerde sağlanmış olup asansörler, kullanım sırasında kullanıcıların bahçelerle görsel ilişki kurmasını sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Doğal aydınlatmadan daha fazla faydalanabilmek amacıyla üçgen formun kenarları hafif eğrisel olarak tasarlanmıştır. Cephedeki bu eğrisellik ile yüzey alanı arttırılmıştır. Kavramsal olarak ağaç yaprakları ve gövdesi fikrinden yola çıkılan Commerzbank binasında katlar ağaç yapraklarını temsil ederken, tüm bina boyunca yükselen ve doğal havalandırmayı sağlayan atrium ise ağaç gövdesini temsil etmektedir. Daha fazla açıklık geçerek ferah ve esnek ofis ortamı yaratıp, alandan maksimum faydalanabilmek adına vierendeel kirişleri kullanılmış, böylelikle ofis içerisindeki bütün kolonlar kaldırılmıştır. Bina tüm katlar boyunca incelmeden devam etmektedir.



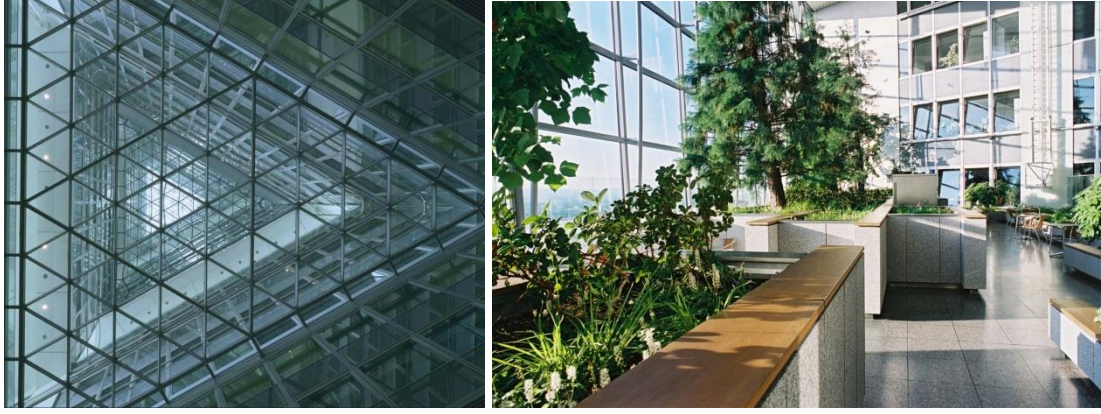
**Şekil 4.1:** Commerzbank Genel Merkezi plan şeması (Url-16).

Kenarları hafif eğrisel üçgen formun kullanımının bir diğer amacı da yapıya etki eden rüzgârın yükünü azaltmaktır. Aynı zamanda Üçgen şekli ve merkezi atrium, doğal havalandırmayı bina boyunca yönlendiren bir negatif basınç zonunun yaratılmasında yardımcı olmuştur. Üçgen formun iki kolu ofis kullanımı olarak diğer kolu ise doğal aydınlatma ve doğal havalandırmadan daha fazla yararlanmak adına bahçe olarak düzenlenmiştir. Bu bahçeler cepheden geri çekilerek derinlik etkisi yaratılmıştır. Bu iç bahçeler ortalama 4 kat yüksekliğine sahip olup bina boyunca farklı konumlarda yer almıştır. Bu gökyüzü bahçeleri yılın %60'ında doğal havalandırma sağlaması için tasarlanmıştır. Bu sayede sadece klima kullanılan ofislere göre enerji tüketiminde %50 tasarruf amaçlanmıştır.



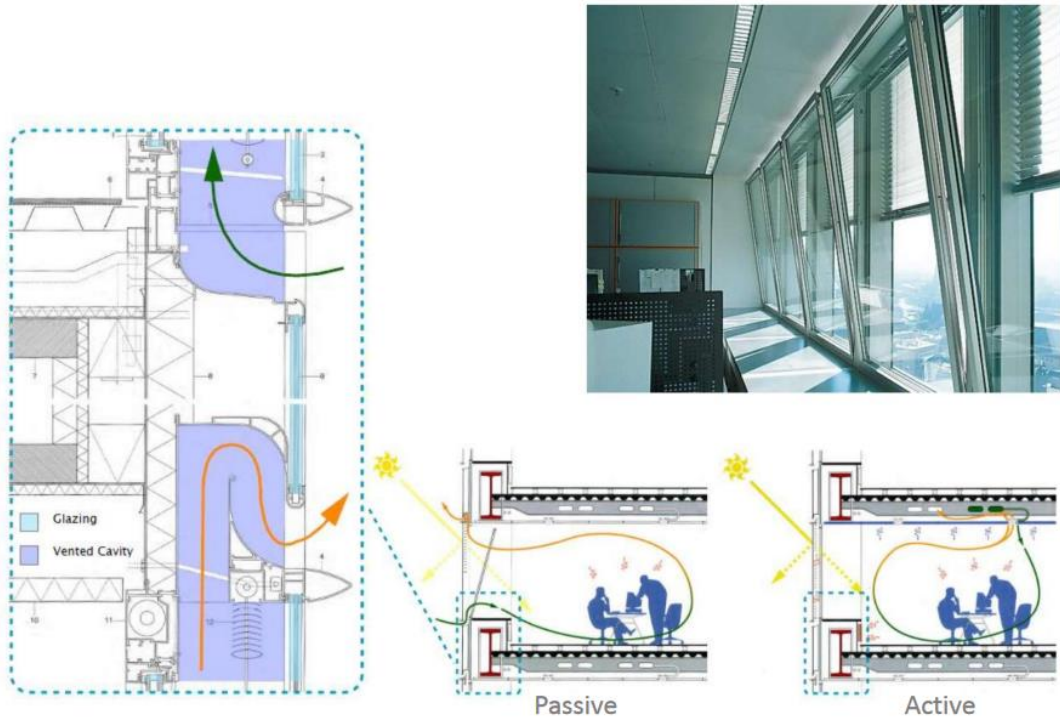
**Şekil 4.2:** Kesit ve hava akış şeması (Url-16)

Pencereler otomasyon sistemi tarafından hava şartlarının durumuna göre açılıp kapatılabilmektedir. Atriumdaki baca etkisini kontrol ve yangın kontrolü amaçlı, her 12 katta bir yatay cam diyaframlarla bölünme yapılmıştır. Binadaki güneş kontrolü ise, çift cephe arasında kalan 165mm. boşluk içerisinde otomatik kumanda edilen jaluzilerle sağlanmıştır.



**Resim 4.2:** Yatay cam diyaframlar ve gökyüzü bahçesi (Url-16).

Binanın merkezi sistemi gece pencereleri açarak iç mekânın soğutulmasını sağlamaktadır. Bunun haricinde soğutma için tavanda borular içinde su dolaştırılmaktadır. Soğutma suyu absorpsiyonlu soğutma santralinde elde edilmektedir. Asma tavan modülleri arasında dolaştırılan su boruları kış dönemi boyunca jaluzilerin üzerine düşürdüğü güneş ışınımından ısı depolayarak pasif ısıtma sağlanmaktadır.



**Şekil 4.3:** Aktif ve pasif havalandırma seçenekleri (Url-16).

## 4.2 Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi

Mimari	: Atkins, Shaun Killa
Yapım Yılı	: 2004-2008
Yapı Yeri	: Manama, Bahreyn
Statik	: Atkins
Kullanım Amacı	: Ofis
Yapı Yüksekliği	: 240 metre
Strüktür	: Çelik, Betonarme

**Tablo 4.2:** Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi genel bilgiler (Url-17; Url-19; Url-20).

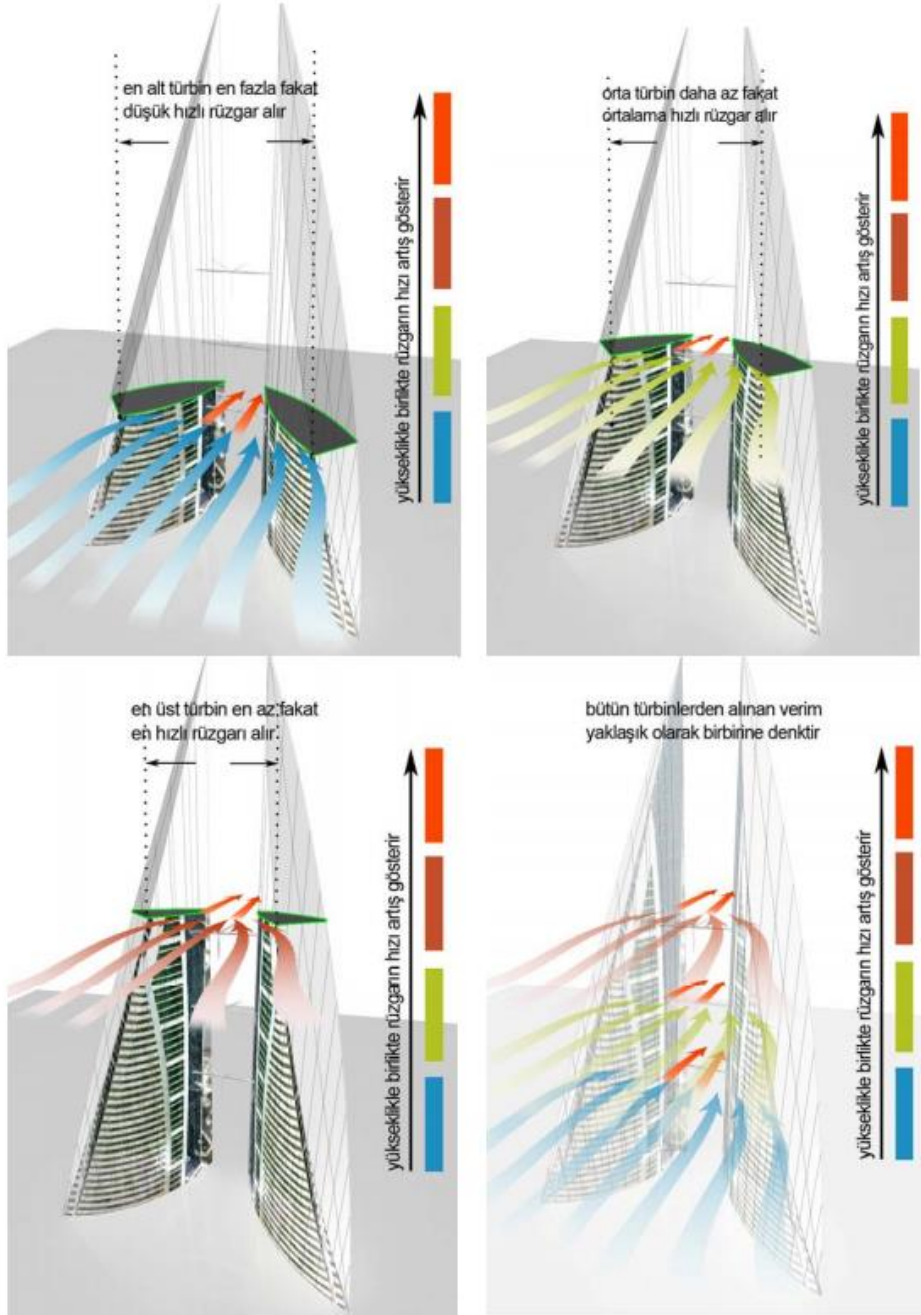
50'şer katlı 240 metre yüksekliğe sahip bu ikiz kuleler bünyesinde barındırdığı kanat çapı 29 metre olan yatay eksenli 3 rüzgâr türbini ile dikkat çekmektedir. Bu türbinler iki binayı birbirine bağlayan köprüler üzerine konumlandırılmıştır. Bölgedeki rüzgar etkisinin yüksek olması bu fikri doğurmuştur. Şöyle ki; güneş etkisiyle ısınan hava yükselmektedir ve deniz tarafındaki serin havayı kendine doğru çeken düşük basınç alanları oluşmaktadır.



**Resim 4.3:** Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi (Url-17).



Yelken şeklini andıran iki kule denizden esen rüzgârı sıkıştırarak etkisini arttırmakta ve bu sayede türbinlerin verimi artmaktadır. Rüzgâr hızının yukarıya doğru atmasından doğan farklılığı gidermek, türbinlerin aynı verimde çalışmasını sağlamak amacıyla yapının alt kısmı rüzgârı daha fazla alacak şekilde tasarlanmıştır. Böylelikle türbinlerin aynı oranda çalışması sağlanmıştır.



**Şekil 4.4:** Üç rüzgar türbininin rüzgar hızı- rüzgar alma miktarı oranları (Semizoğlu, 2009).

Rüzgar etkisiyle ve türbinlerin ağırlığı sebebiyle köprüler üzerine binen yükler iyi analiz edilmiştir. Bu analizler rüzgâr türbini üreticisi ile birlikte köprünün tasarım danışmanı tarafından yapılmıştır. İlk hesaplamalarda rüzgar türbinleri hakim rüzgar doğrultusuna göre 270° ile 360° arasında yerleştirilmesi öngörülmüş sonrasında riskler dikkate alındığında bu değerlerin daha da dar bir aralıkta 285° ile 345° arasında alınması gerektiği görülmüştür. Pervanelerin kopması durumunda uçuşup etrafa düşmemesi için içine kalın ipler yerleştirilmiştir.



**Resim 4.4:** Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi rüzgar türbinleri (Url-19).

Rüzgar türbinleri yılda 1300 MW/h elektrik üretmektedir. Bu da yaklaşık olarak 2 milyon ton kömürün ve 6 milyon varil petrolün ürettiği enerjiye eşdeğerdir. Aynı zamanda rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji yapının ihtiyacının %15' lik kısmını karşılamaktadır.

### 4.3 Şanghay Kulesi

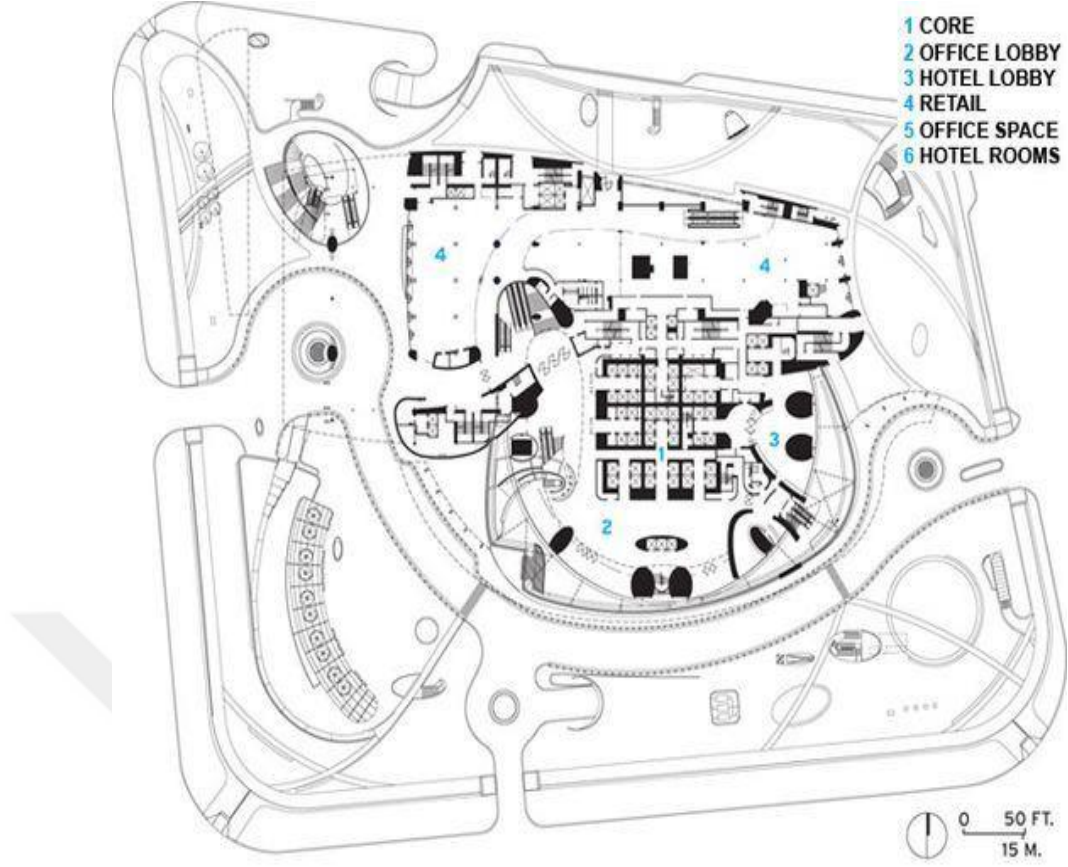
Mimari	: Jun Xia, Gensler
Yapım Yılı	: 2008-2015
Yapı Yeri	: Şanghay, Çin
Statik	: Consentini Associates, Thornton Tomasetti
Yüklenici Firma	: Shanghai Tower Construction & Development Co. Ltd.
Kullanım Amacı	: Ofis, Otel, Ticaret, Kamu
Yapı Yüksekliği	: 632 metre
İnşaat Alanı	: 580.000 m <sup>2</sup>
Strüktür	: Betonarme, Çelik

**Tablo 4.3:** Şanghay Kulesi genel bilgiler (Url-17; Url-21; Url-22)

2015 yılında tamamlanan, dünyanın en yüksek ikinci gökdeleni olan, 128 katlı Şanghay Kulesi, dokuz adet silindirik parçanın döndürülerek üst üste yerleştirilmesinden oluşmaktadır. Parapetlerine yerleştirilmiş rüzgâr türbinleri, yüksek performanslı cephe, yağmur suyu geri dönüşüm sistemi gibi enerji etkin tasarım kararları alınmıştır.



**Resim 4.5:** Şanghay Kulesi genel görünüm (Url-21).

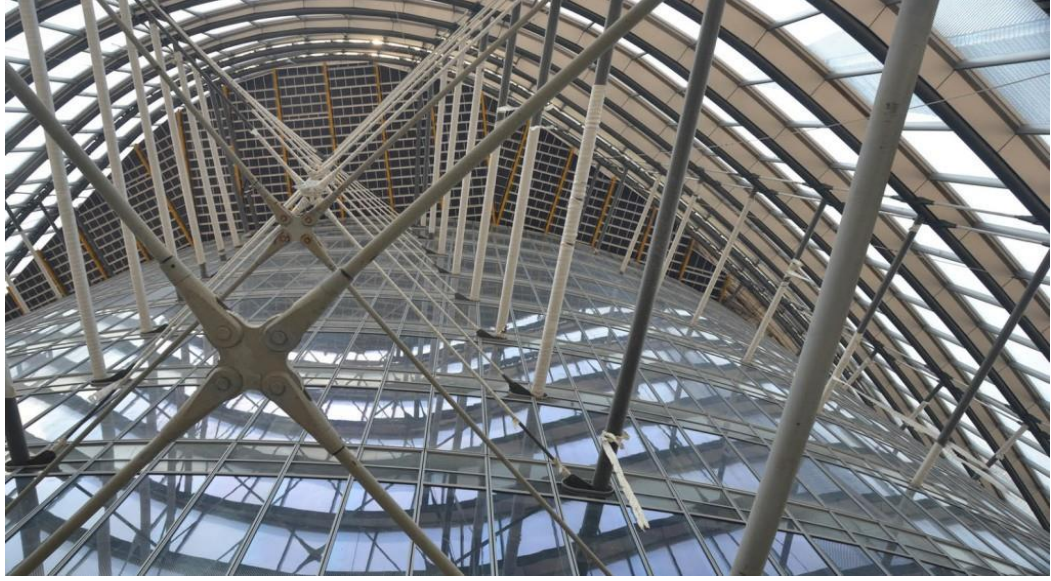


Şekil 4.5: Şanghay Kulesi vaziyet planı (Url-23).

Kule iki bağımsız duvar sistemini birleştiren eşsiz bir tasarıma sahiptir. Dış katman yuvarlak köşeli üçgen plan şekline benzerken, iç katman daireseldir. Dışarıdaki katman 9 bölgenin her birinde kademeli olarak azaltılarak cam kuleye konik profil kazandırmıştır.

Binada çift katmanlı cephe kullanılmıştır. Çift cephe sayesinde doğal havalandırma sağlanmaktadır. Çift katlı cephenin dış katmanında yağmur, rüzgâr ve güneşi filtreleyen lamine cam, iç katmanda ise güneş kontrollü low-E camlar kullanılmıştır. İç cephe ve yükseldikçe dönen dış cephe arasında bulunan dokuz adet kapalı bölge, ziyaretçiler için toplanma alanları oluşturur.

120° lik dönüşle yükselen cam cephe, rüzgar etkisini % 24 oranında azaltmak için tasarlanmıştır. Yağmur suyunun toplanması ve geri dönüşümü amaçlı gri su geri dönüşüm sistemlerinin kullanımıyla kulenin toplam su tüketiminin %40 oranında azaltılması planlanmıştır.



**Resim 4.6:** Şanghay Kulesi çift cephe uygulaması (Url-22).

Binanın elektriğinin %10'unun tepesindeki 200 adet rüzgar türbininden karşılanması, su tüketiminin %40 azaltılması, yağmur suyu kullanımı ve gri su kullanımı gibi sürdürülebilir stratejiler sayesinde karbon ayak izi yıllık 34.000 metrik ton azaltılmıştır.

#### 4.4 Al Bahar Kuleleri

Mimari	: Aedas UK
Yapım Yılı	: 2009-2012
Yapı Yeri	: Abu Dhabi, Birleşik Arap Emirlikleri
Statik	: Arup
Yüklenici Firma	: Al-Futtaim Carillion
Kullanım Amacı	: Ofis
Yapı Yüksekliği	: 147 metre
İnşaat Alanı	: 56.000 m <sup>2</sup>
Strüktür	: Betonarme, Çelik (Kompozit)

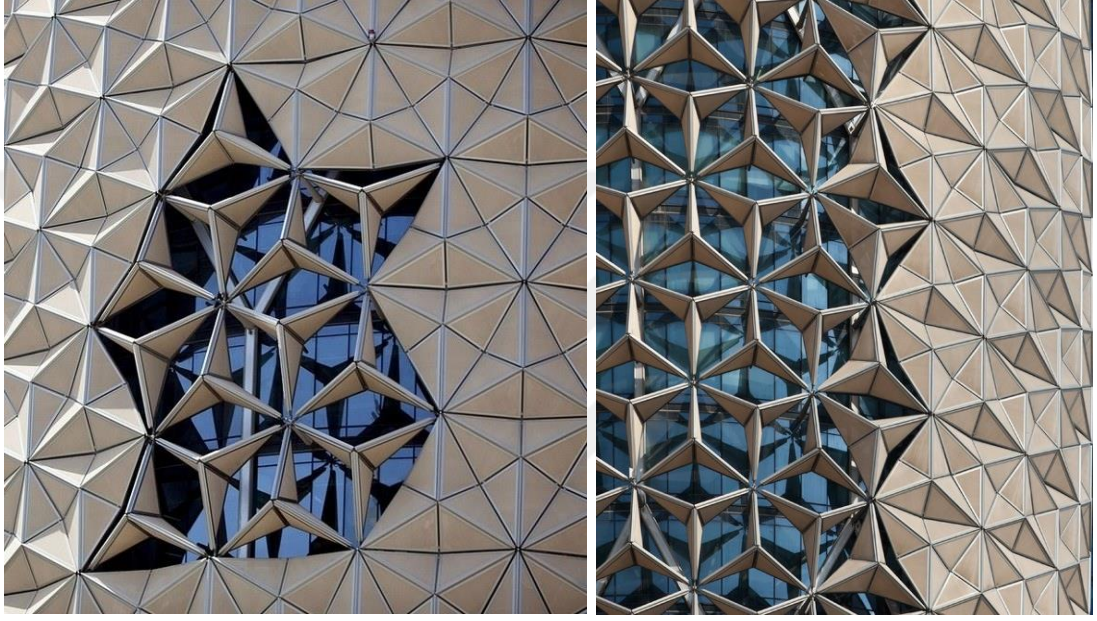
**Tablo 4.4:** Al Bahar Kuleleri genel bilgiler (Url-17; Url-24).

147 metre yüksekliğe sahip 29 katlı bu yapı eliptik plan geometrisine sahiptir. Güneş etkisini azaltmak için bilgisayar kontrollü hareketli yapı kabuğu giydirilmiştir. Bu kabuk yöresel İslam mimarisinde ahşap kafes paravanların popüler bir formu olan ‘mashrabiya’ dan ilham alınarak tasarlanmıştır. Cephe ısı transferini %50 oranında azaltarak yıllık karbondioksit emisyonunu 1.750 ton azaltmaktadır.



**Resim 4.7:** Al Bahar Kuleleri genel görünüm (Url-24).

Mashrabiya yarı şeffaf panellerden oluşur. Her dizi güneşin doğrudan tepkisiyle açılır ve kapanır. Böylece dolaylı güneş ışığının bina içerisine girmesine izin verirken parlamayı ve ısı kazanımı önlemek için en güçlü ışınları engeller. Aynı zamanda dış cephe gölgelemesine ek olarak güneş ışınımını azaltmak adına binanın güneyinde gökyüzü bahçeleri tasarlanmıştır. Bu alanlar aynı zamanda toplantılar veya mola alanları olarak kullanıcıların hizmetine sunulmuştur.



**Resim 4.8:** Mashrabiya cephe detayı (Url-24).

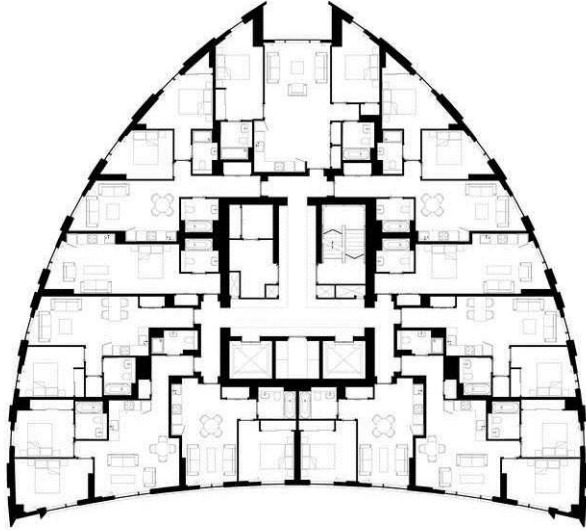
Mashrabiya cephe sistemi cam cepheden 2 metre uzakta monte edilmiş olup, %80 oranında gölgeleme sağlarken binaya yapay aydınlatma yükü de getirmemiştir. Sabit gölgeleme elemanları binalarda gün içinde fazlasıyla yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca cephe sistemi fotovoltaik panellerden elde edilen yenilenebilir enerjiyle çalıştırılmaktadır. Kulenin çatısının belli bir açıda eğik olması üzerine yerleştirilen fotovoltaik panellerden daha fazla enerji elde etmek içindir.

#### 4.5 Strata Kulesi

Mimari	: BFLS
Yapım Yılı	: 2010
Yapı Yeri	: Londra, İngiltere
Statik	: WSP Grup
Müşteri	: Brookfield Europe
Kullanım Amacı	: Konut
Yapı Yüksekliği	: 148 metre
İnşaat Alanı	: 306.000 m <sup>2</sup>

**Tablo 4.5:** Strata Kulesi genel bilgiler (Url-17; Url-25).

43 katlı 148 metre yüksekliğindeki bu kule rüzgar türbini entegre edilen ilk kule olma özelliği taşımaktadır. Güneyden gelen rüzgarı toplamak amaçlı binanın çatısı konkav şeklide yapılmıştır ve bu alana 3 adet 9 metre çapında rüzgar türbini yerleştirilmiştir. Gürültüyü azaltmak adına 5 kanatlı yapılan bu türbinlerin yılda 50 MW/h elektrik enerjisi üretmesi beklenmektedir. Bu üretim binanın elektrik ihtiyacının %8' ini karşılamaktadır.



**Şekil 4.6:** Strata Kulesi plan şeması (Url-25).





**Resim 4.9:** Strata Kulesi genel görünümü (Url-25).

Rüzgar türbinlerinden başka yapı için alınan sürdürülebilir tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir:

- Bölgesel ısıtma sistemi,
- Cephede %50 daha az ısı sızıntısı,
- Her daireye ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi,
- Her daire için %40 düşük enerjili aydınlatma,
- Tüm daireler için aydınlatma kontrol sistemi,
- Hareket olmadığında aydınlatmayı% 50 azaltan hareket algılama özelliğine sahip otopark aydınlatma kontrolü,
- İnşaat aşamasında üretilen bütün atık malzemenin % 96 oranında geri kazanımı.

#### 4.6 Unicredit Kulesi

Mimari	: Pelli Clarke Pelli Architects
Yapım Yılı	: 2008-2012
Yapı Yeri	: Milano, İtalya
Statik	: MSC Associati S.r.l.
Müşteri	: <u>Hines</u>
Kullanım Amacı	: Ofis
Yapı Yüksekliği	: 217.7 m
Enerji Sertifikası	: Leed Altın

**Tablo 4.6:** Unicredit Kulesi genel bilgiler (Url-17; Url-26; Url-27).

33 katlı, 217.7 metre yüksekliğe sahip bu kule İtalya'nın en yüksek kulesi olma özelliğini taşımaktadır. Arjantinli mimar Cesar Pelli tarafından tasarlanmıştır. 3 kule kompleksinden oluşan yapı Milano şehir merkezinin kuzeyinde karma kullanım işlevli bir alanda 7 hektarlık bir yer kaplamaktadır. 55.000 m<sup>2</sup> ofis alanına sahip kule 4000 çalışanı bünyesinde barındırmaktadır.



**Resim 4.10:** Unicredit kulesi genel görünüm (Url-17).

Yapıda yüksek performanslı camlar kullanılmıştır. Üst düzey aydınlatma ve gün ışığı denetimleri aracılığıyla enerji tüketimi %37 oranında indirilmiştir. Bina içinde dış hava filtreleme ve sıcaklık izleme sistemleri, rahat bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Doğal aydınlatmadan %90 oranında faydalanılmaktadır. Ayrıca bina Leed Altın sertifikası almıştır.

Leed Altın sertifikası kapsamında %22.5 enerji tasarrufu, %37.3 içilebilir su tasarrufu, %100 yağmur suyunun toplanması ve yeniden kullanımı, %20.5 inşaatta geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı, %93 atık geri dönüşümü, %41 inşaatta kullanılan malzemenin geri dönüştürülebilir ve yerel malzeme olması sağlanmıştır.



**Şekil 4.7:** Unicredit kulesi yerleşim planı (Url-26).

#### 4.7 İstanbul Sapphire Alışveriş ve Yaşam Merkezi

Mimari	: Tabanlıoğlu Architect
Tasarım Yılı	: 2006
Yapım Yılı	: 2006-2011
Yapı Sahibi	: Biskon A.Ş.
Yapı Yeri	: İstanbul, Türkiye
Statik	: Balkar Mühendislik, Ltd.
Yüklenici Firma	: Biskon Yapı A.Ş
Kullanım Amacı	: Konut, Avm ,Seyir Terası
Yapı Yüksekliği	: 261 m , 30 m anten boyu
İnşaat Alanı	: 165.139 m <sup>2</sup>
Strüktür	: Betonarme, Çelik (Kompozit)

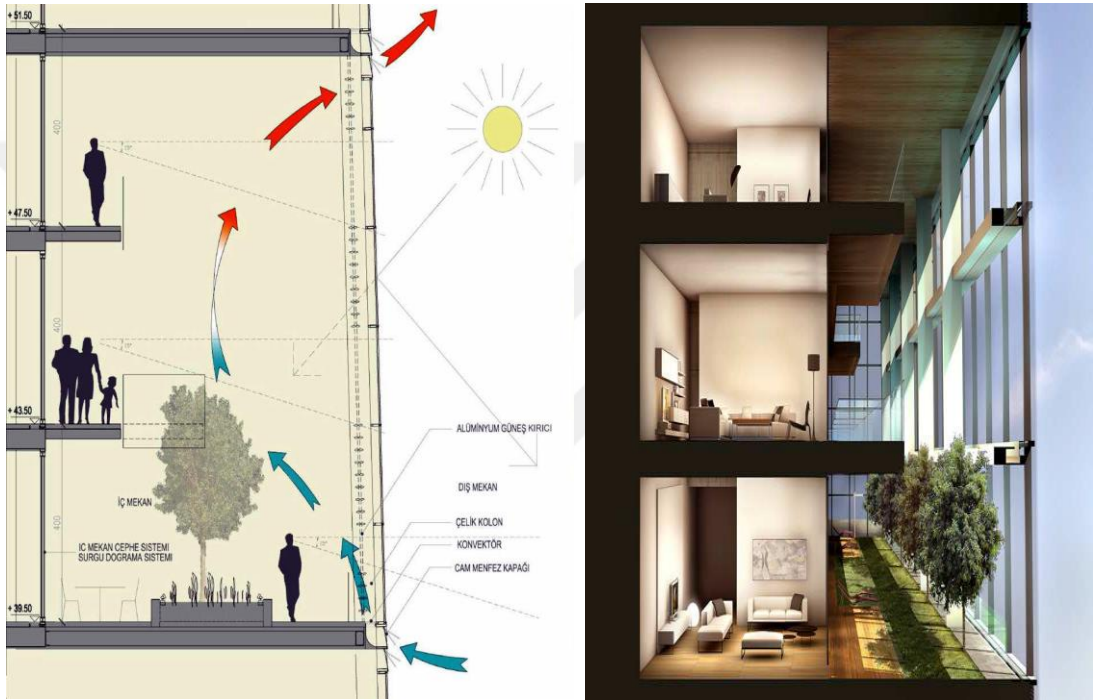
**Tablo 4.7:** İstanbul Sapphire genel bilgiler (Url-17; Url-28; Url-29).

İstanbul Sapphire 10 katı zeminin altında olmak üzere 61 katlı, yüksekliği 261 metre olan Türkiye'nin en yüksek binasıdır. Toplam inşaat alanı 165.169 m<sup>2</sup> 'dir. Bina 4 kattan aşağı doğru genişleyip uzayan eğrisel formu doğal ışıktan maksimum kazanç sağlamış ve bu uzamanın oluşturduğu saçak altı kafe, restoran... gibi mekânlar için kullanılmıştır.



**Resim 4.11:** İstanbul Sapphire genel görünüm (Url-29).

Yapının cephesi her türlü olumsuz meteorolojik durumdan etkilenmemek için birbirinden bağımsız iki kabuktan oluşmaktadır. Bu şeffaf kabuk iç ve dış mekan arasında tampon bölge oluşturmayı, doğal havalandırma ile binanın nefes almasını, binanın mekanik olarak daha az enerji tüketmesini sağlamıştır. Rezidans alanlarında konut zonları bulunmakta ve bu zonlar arası her üç kata etki eden iklimlendirme alanları bulunmaktadır. İklimlendirme alanları dışardaki ses ve meteorolojik etkilerin iç mekana alınmaması için yalıtım görevi görmektedir.



Şekil 4.8: Sapphire Kulesi cephe detayı (Url-29).

Yapı içindeki düşey sirkülasyonda, 8 adedi yüksek hızlı olmak üzere, toplam 14 adet asansör, 13 adet yürüyen merdiven ve 8 adet yürüyen yol mevcuttur. Yapı Türkiye'nin ilk halka açık seyir terasına sahiptir (Url-28).

#### 4.8. Örneklerin Karşılaştırılması

İncelenen Yapılar	Sürdürülebilir Sistemler					Sertifika
	Pasif Sistemler		Aktif Sistemler			
	Çift Cidarlı Cephe	Atrium	Fotovoltaik Paneller	Rüzgar Türbinleri	Hareketli Cepheler	
Commerzbank Genel Merkezi	x	x				
Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi				x		
Şanghay Kulesi	x	x		x		Leed Platinum BD+C
Al Bahar Kuleleri			x		x	Leed Silver
Strata Kulesi				x		
Unicredit Kulesi						Leed Gold
Sapphire Kulesi	x					

**Tablo 4.8:** Seçilen örneklerin karşılaştırılması.

Şanghay ve Sapphire kulelerinde çift cidarlı cephenin iki cidar arası sosyal mekânlara dönüştürülerek bu alanda farklı bir tasarım geliştirilmiştir. Commerzbank binası merkezi atrium tasarımının uygulandığı en başarılı örnek gösterilebilir. Al Bahar kuleleri hareketli cephesiyle ışığın geçişine izin verip ısıyı engelleyerek enerji kayıplarını azaltmasıyla bu alanda ön plandadır. Rüzgar türbini konusunda Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi binası ve Şanghay kulesinde başarılı olursa da Stara kulesi türbinleri yüksek bakım-onarım maliyetleri ve oluşturduğu yüksek sestten dolayı çalıştırılmamaktadır.

#### 4.9 Bölümün Değerlendirilmesi

İlk olarak ele alınan Commerzbank binasına bakıldığında birçok yönüyle enerji etkinliğinin düşünülmüş olduğu görülmektedir. Kenarları eğrisel üçgen formun seçilmesi yapıya etkiyen rüzgâr yüklerini azaltırken, daha fazla güneş ışığının içeri girmesini sağlayarak mekanik aydınlatma yükünün azalmasını sağlamıştır. Tasarlanan çift cephe uygulaması sayesinde bu yüksek yapıda pencerelerin açılmasına imkân verilerek doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bu çift cidar arasına

havanın geçmesini sağlayan hava delikleri bulunmaktadır. Yine doğal havalandırma ve doğal aydınlatma düşünülerek tasarlanmış kat bahçeleri aynı zamanda kullanıcıların birbirleriyle ve dışarıyla görsel temas kurması açısından önemlidir.

İkinci örnek Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretecek 3 adet rüzgâr türbini kullanılmasıyla ön plana çıkmaktadır. İki kule arasına yerleştirilmiş bu türbinler yapının enerji ihtiyacın %15'lik kısmını karşılamaktadır. Yelken şeklini andıran iki kule denizden esen rüzgârı sıkıştırarak etkisini arttırmakta ve bu sayede türbinlerin verimi artmaktadır.

Üçüncü örnek Şanghay Kulesi dünyanın en uzun ikinci kulesidir. Parapetlerine yerleştirilmiş rüzgâr türbinleri, yüksek performanslı cephe, yağmur suyu geri dönüşüm sistemi gibi enerji etkin tasarım kararları alınmıştır. Aynı zamanda dış katmanında yağmur, rüzgâr ve güneşi filtreleyen lamine cam, iç katmanda ise güneş kontrollü low-E camlar kullanılan çift cephe uygulaması yapılmıştır.

Dördüncü örnek Al Bahar Kulelerinin en belirgin özelliği otomasyon sistemi tarafından kontrol edilen ve şeklini İslam mimarisinde bir motif olan 'mashrabiya'dan olan hareketli parçalara sahip cephesinin olmasıdır. Bu sistem sayesinde güneşin ısıtıcı etkisinin önüne geçilerek klima sistemlerinden tasarruf sağlanmaktadır.

Beşinci örnek olan Strata Kulesi üst bölgesine yerleştirilen üç adet rüzgar türbiniyle yapının enerji ihtiyacının bir bölümünü rüzgar enerjisini dönüştürerek karşılamaktadır. Rüzgar türbinlerinin daha az gürültü çıkarması için 5 kanatlı olarak seçilmiştir.

Altıncı örnek Unicredit kulesi Leed altın sertifikasına sahiptir. Üst düzey aydınlatma ve gün ışığı denetimleri aracılığıyla enerji tüketimi %37 oranında azaltan üst düzey performanslı camlar kullanılmıştır.

Yedinci örnek Türkiye'den İstanbul Sapphire Kulesi seçilmiştir. Yapının cephesi her türlü olumsuz meteorolojik durumdan etkilenmemek için birbirinden bağımsız iki kabuktan oluşmaktadır. Bu iki kabuk arasında tampon bölge oluşturularak doğal havalandırma ile binanın nefes almasını, binanın mekanik olarak daha az enerji tüketilmesi sağlanmıştır.





## 5. SONUÇ

Enerji ihtiyacının fosil kaynaklardan karşılandığı takdirde çevre üzerinde oluşturduğu yıkımlar görülmüştür. Bu yıkımlar neticesinde çözüm arayışlarına gidilmiş, malzemenin, suyun, enerjinin etkin kullanılması düşünceleri sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmıştır. Sürdürülebilirlik düşüncesi yaşamın olduğu her yerde var olan herhangi bir ülkeye bağlı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını gerektirmektedir. Çevreye ve dolayısıyla insana zarar veren anlayıştan vazgeçilmeli fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır.

Sürdürülebilirlik düşüncesinin farklı boyutları vardır. Ekolojik, sosyal ve ekonomik boyutu bir bütün olarak düşünülmeli, üçünün aynı birbirine paralel gerçekleşmesine dikkat edilmez. Ancak bu şekilde olduğuna tam bir sürdürülebilirlikten bahsetmek doğru olacaktır.

Sürdürülebilir mimarlık kapsamında dünya genelinde uygulanan yeşil bina sertifika sistemlerini almak için çeşitli yükümlülükleri yerine getirmek zorunludur. Bu sertifikaların geneline bakıldığında asıl amaçlarının hem kullanıcı konforunu arttırmak hem de çevreye verilen zararları azaltmak olduğu görülmektedir.

Ekolojik yapılar, tasarım özellikleri ve inşaatında kullanılan malzemeler ile gerek duyulan enerjinin en aza indirilmesini sağlamaktadır. Dünyada geneline bakıldığında harcanan enerjinin %30-%40 gibisi binalarda tüketildiği düşünülürse, enerji tüketiminin minimuma düşürülmesini sağlayan her yaklaşım, hayat standartlarının yükseltilmesi için bir adım olacaktır.

Yüksek yapılar bünyesine birçok insana yaşam alanı oluşturmaktadır. Bu yüzden insanların doğal havalandırma, doğal aydınlatma gibi ihtiyaçlarına cevap verebilecek yapıda tasarlanmalıdırlar. Ofis olarak tasarlanan yüksek yapılarda çalışanların dışarıyla ve birbiriyle olan görsel iletişiminin yüksek olması performanslarını olumlu yönde etkileyecektir. Çünkü dışarıyla görsel temas kuramayan çalışanlar hava durumunu algılayamamakla beraber gece-gündüz ayrımı da yapamamakta ve bu durumdan olumsuz etkilenmektedirler.

Yüksek yapılar nüfus itibariyle bir hayli kalabalık olduğundan enerji ihtiyacı da fazla olmaktadır. Bu durum enerji ihtiyacını azaltma adına pasif ve aktif sistemler

kullanarak enerji ihtiyacını azaltma ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanma yoluna gitmeyi gerektirmektedir.

Pasif sistemler olarak çift cidarlı cephe, atrium ve gökyüzü bahçeleri tasarımı yüksek yapılar da enerji korunumu açısından son derece önemlidir. Dünya geneline bakıldığında bu sistemleri bünyesinde barındıran yüksek yapılar enerji kayıplarını azaltmada fark yaratmıştır. Bundan dolayı tasarımcılar bu sistemleri projelerinde uygulamalı, enerji kayıplarını azaltacak yeni sistemler geliştirmeli dolayısıyla çevreye ve insana karşı görevini yerine getirmelidir.

Aktif sistemlerin başında yapıya kolayca monte edilebilen fotovoltaik teknolojisi gelmektedir. Fotovoltaik hücreler güneşten aldığı enerji ile gerilim oluşturarak akım meydana getirir. Böylelikle güneş enerjisinden pv modüller sayesinde doğrudan elektrik üretilmiş olur. Yapıya uygulanırken üzerine düşen güneş ışığının engellenmeyecek şekilde monte edilmesi gerekmektedir.

Diğer bir aktif sistem olan rüzgâr türbinleri, kanatların, göbek ve şaftın monte edildiği rüzgârda dönen bir rotor, dişli kutusu ve generatörün bulunduğu mekanizma ile havadaki kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgar türbinleri son yıllarda yüksek yapılara entegre edilmeye başlanmıştır. Yapı ile uyum içinde olmasına dikkat edilirken yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir kısmını üretebilmektedir. Özellikle yükseklik arttıkça rüzgâr hızının artmasından kaynaklı yapının üst kısımlarına yerleştirilen rüzgâr türbinleri daha etkili olmaktadır.

Yüksek yapılarda kullanılan bir diğer sistem olan ısı pompaları binanın enerji ihtiyacını düşürmektedir. Toprak, hava ya da su kaynaklı olabilen ısı pompaları ortamdaki ısıyı alarak içindeki akışkanın kompresörde basınç ve sıcaklığı arttırılarak binada ısıtma sağlamış olur. Ayrıca bu sistemler, elektrikli sistemlere göre 2,5 kat daha az kaynak kullanarak istenilen enerjiyi sağlayabilmekte ve herhangi bir kirlilik teşkil etmemektedir. Enerjinin pahalı olduğu günümüz şartlarında ısı pompalarının daha da geliştirilerek yapılara entegre edilmesi önem arz etmektedir.

Aktif olarak enerji üretmekte alglerin cam paneller içerisinde kullanıldığı biyoreaktör cephe geliştirmekte olan bir sistemdir. Algler iyice çoğaldığında panel içinden alınıp başka yerde biyokütle olarak kullanılıp enerji üretilebilmektedir.

Aktif sistemler her yüksek yapıda muhakkak kullanılmalıdır. Hangi sistem ya da sistemlerin yapıya uygulanması gerektiği derin analizler sonucunda belirlenmelidir. İklim ve arazi verileri bu analizleri etkileyen önemli faktörler olmalıdır.

Tezin son bölümünde dünya genelinden yüksek yapı uygulamaları verilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle beraber sürdürülebilir tasarım sistemlerinde de gelişmeler yaşandığı görülmektedir. Örneklere bakıldığında çoğunlukla çift cidarlı cephelerin yüksek yapılarda tercih edildiği görülmektedir. Yine örnekler değerlendirildiğinde birçoğunun şeklinin rüzgâr etkisini azaltmaya yönelik oval, üçgen ya da dairesel yapıldığı görülmektedir. Yapı yükseldikçe tasarım kararlarında rüzgâr etkisi ön planda tutulmaktadır.

Commerzbank binasında çift cidarlı cephe, atrium ve gökyüzü bahçeleri başarılı şekilde uygulanmıştır. Bu sistemler sayesinde doğal havalandırma ve doğal ışıktan maksimum seviyede yararlanılmıştır. Böylece enerji harcamasından tasarruf edilmiştir.

Bahreyn Dünya Ticaret Merkezinde üç adet rüzgâr türbini kullanılarak yapı arazisinin rüzgâr potansiyelinden faydalanılmıştır.

Şanghai Kulesinde çift cidarlı cephe kullanılarak enerji tüketimi azaltılmıştır. Tepe noktasındaki 200 adet rüzgar türbiniyle de binanın elektrik ihtiyacının %10 karşılanmaktadır.

Al Bahar Kuleleri otomasyon sistemi vasıtasıyla kontrol edilen hareketli cephesiyle enerji kayıplarını %50 oranında azaltmıştır.

Strata Kulesi'nin tepesindeki 3 adet rüzgar türbini enerji üretmek için tasarlanırsa da bir müddet sonra türbinlerin yüksek bakım-onarım maliyetleri ve oluşturduğu yüksek sestten dolayı çalışmaları durdurulmuştur. Bu sebepten tasarım aşamasında iyi şekilde analiz etmek gereklidir.

Unicredit Kulesi yüksek performanslı camları vasıtasıyla enerji kayıplarını %37 oranında azaltmıştır.

Sapphire Kulesi'nde çift cidarlı cephe sayesinde enerji kayıpları azaltılmış ve doğal ışıktan yararlanılmıştır.

İncelenen yüksek yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ön planda tutulduğu görölmüştür. Genel olarak örneklere bakıldığında yüksek yapıların enerji ihtiyacının düşürölmeye çalışıldığı ve çevreye verilen zararı azaltmaya yönelik çalışmalar yapıldığı görölmektedir.



## KAYNAKLAR

- Akova, İ.** (2008). “Yenilenebilir enerji kaynakları”, Nobel Yayın Dağıtım, s:34
- Alptekin, G.** (2015). “Küresel ısınma ve sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji”, [www.academia.edu](http://www.academia.edu).
- Altın, M. & Orhon, A. V.** (2014). “Akıllı Yapı Cepheleeri ve Sürdürülebilirlik”, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu.
- Aygün, O. D.** (2012). Mevcut konut yapılarına fotovoltaik panel sistemlerin entegre edilmesi, İzmir örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ayhan, D.** (2011). Bina montajlı güneş-rüzgâr hibrid elektrik güç sistemlerinin analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balci, S. B.** (2013). Yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri ve mimari tasarımla olan etkileşimi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayraktar, M. & Yılmaz, M.** (2007). Bina enerji tasarrufunda pasif akıllılığın önemi. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Teknolojik araştırma bildirisi. s:117-118.
- Baysan, O.** (2003). Sürdürülebilirlik kavramı ve mimarlıkta tasarıma yansması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Bektaş, A.** (2013). Binalarda rüzgâr enerjisi kullanımının farklı bölgeler açısından değerlendirilmesine yönelik bir çalışma: toki Tarımköy projesi örneği. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Berber, F.** (2012). Ekolojik malzemenin tasarımdaki yeri ve ekolojik malzemeyle mimari konut tasarımı. (Yüksek Lisans Tezi). Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cleveland, C.** (2004), “Encyclopedia of Energy”, Boston, Elsevier Academic Press.

**Çelebi, G.Ü. & Tosun, S.** (2011). “Bütünleşik mimarlık sistemleri: rüzgar türbinlerinin yüksek binalar ile bütünleşik tasarımı”, Politeknik Dergisi, Cilt.14, Sayı.3, s:179-186.

**Çelik, Y.** (2006). “Sürdürülebilir kalkınma kavramı ve sağlık”, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi Sayısı, Cilt.9, Sayı.1

**Çetin, A. C.** (2009), “Rüzgâr enerjisi ve Isparta ilinde rüzgâr enerji santrali kuruluş yeri seçimi”, Uluslararası Davraz Kongresi Bildiriler Kitabı, Oturum: Enerji ve Enerji Kaynakları, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s. 368-389.

**Demir, N.** (2011). Yüksek yapılar ve sürdürülebilir enerji. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Develioğlu, M.** (2012). Yer kaynaklı ısı pompalarının teknolojik gelişimi ve Türkiye’deki uygulanabilirliği. (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Doğan, A.** (2008). Metropollerde prestij göstergesi olarak yüksek yapılar. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Dur, F.** (2005). Stokastik ve çok kriterli karar yöntemlerinin jeotermal enerji projelerinin değerlendirilmesi kullanımı. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Erdim, B.** (2010). Binalarda enerji korunumu açısından ısı pompalarının farklı iklim bölgelerinde uygulanması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Erengözgin, Ç.** (2005). “Enerji mimarlığı”, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildiri Özetleri.

**Erkınay, P. U.** (2012). Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin Türkiye’de binalarda kullanımı üzerine bir inceleme (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

**Eryıldız, D.I.** (2003). “Çevreci mimarlık”, Tmmob Mimarlar Odası Bülten Dergisi Ekoloji Ve Mimarlık Sayısı, s:5.

**Göçer, Ö.(2006).** Atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama ve denetim sistemi modeli. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Gültekin A. B. & Bulut, B. (2015)** “Yeşil bina sertifika sistemleri: Türkiye için bir sistem önerisi”, II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu , Gazi Üniversitesi, Ankara, s:813 - 824 ,

**Günel, H.M. & Iğın, E. & Sorguç, A.G. (2007).** “Rüzgâr enerjisi ve bina tasarımı”, ODTU Mimarlık Fakültesi Yayınları, Ankara.

**Güven, E.G. (2010).** Mimari tasarımda ekoloji ve sürdürülebilirlik düşüncesi ve bu çerçevede toplumsal boyutun incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Hasol, D. (2007).** “Yüksek daha yüksek en yüksek!”, Mimarist Dergisi, Sayı.24, s: 44- 45.

**İnce, U. (2005).** Düşük sıcaklıklı jeotermal sistemlerde korozyon açısından malzeme testinin örnek bir çalışması.(Yüksek Lisans Tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**İnan, T. & Başaran, T. (2014).** “Çift cidarlı cepheler üzerine bir araştırma”, Megaron Dergisi, Cilt. 9., Sayı.2, s:132-142.

**İnan, T. & Başaran, T. (2015).** “Çift cidarlı cepheler: avantajları ve dezavantajları”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı.146, s:81.

**Karakan, A. & Oğuz, Y. & Şihab, R. (2015).** “Dünyada ve türkiyede binalarda kullanılan yenilenebilir enerji (güneş ve rüzgâr) sistemlerinin incelenmesi”, Ejoir Dergisi, Iwcea özel sayısı, cilt.2, s:87.

**Karşlı H. U. (2008).** Sürdürülebilir mimarlık çerçevesinde ofis yapılarının değerlendirilmesi ve çevresel performans analizi için bir model önerisi. (Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

**Keskinel, S. (2015).** Enerji verimliliği kapsamında binalarda fotovoltaik güç sistemlerinin uygulamalı analizi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

**Kılıç, F.Ç.** (2011) “Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri”, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt.52, Sayı. 617, s: 94-106

**Kılıç, S.** (2012). “Sürdürülebilir kalkınma anlayışının ekonomik boyutuna ekolojik bir yaklaşım”, İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, Sayı. 47, s:220.

**Kıncay, O. & Bekiroğlu, N. & Yumurtacı, Z.** (2013). Güneş pilleri( Fotovoltaik piller). Yıldız Teknik Üniversitesi, Ders notu, 1. Bölüm

**Kıyak, İ. & Oral, B. & Topuz, V.** (2010). “Yerleşim bölgelerinde rüzgâr enerjisi kullanımının yaygınlaştırılması: bina montajlı rüzgâr türbinleri”. Enerji Kongresi.

**Kim, J. J. & Rigdon, B.** (1998). Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design. Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education.

**Kumbur, H. & Özer, Z. & Özsoy, D. H. & Avcı, E. D.** (2005). “Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler.

**Manioğlu, G.** (2011). “Enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarının örneklerle değerlendirilmesi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı. 126.

**Öke, A.** 1992, Yüksek Binaların Yararları ve Sakıncaları Konusunda Bazı Düşünceler, Yüksek Binalar 2.Ulusal Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, s:9–18.

**Örkmez, A.S. & Çetiner, İ.** (2012). “Çift kabuk cephe sistemlerinin iç mekan ısı konforuna etkisi”, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu

**Özcan, U.** (2013). Konutlarda sürdürülebilir mimarlık açısından iklimsel konfor kriterlerinin değerlendirilmesi için bir model önerisi. (Doktora Tezi). Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Özden, K. & Kumbasar, N. & Sariakçalı, S.** (1988). “Betonarme yüksek yapılar”, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını.



**Özdoğan, H. P.** (2005). Ekolojik binalarda bina kabuğunda kullanılan fotovoltaik panellerin tasarım bağlamında incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Özdoğan, H. P. & Hıraoğlu E. E.** (2011). “Bina kabuğunda kullanılan fotovoltaik paneller ve Türkiye uygulamalarından örnekler”, Çevre-Tasarım Kongresi.

**Sağlam, M. & Uyar, T.S.** (2005). “Dalga enerjisi ve türkiye'nin dalga enerjisi teknik potansiyeli” . [www.emo.org](http://www.emo.org). s:2

**Semizolu, R.** (2009). Rüzgar türbinlerinin gökdelen mimarisine etkisinin tipolojik incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Sev, A.** (2009). Sürdürülebilir Mimarlık (1. Baskı). İstanbul: YEM Yayınları.

**Sev,A. & Başarır, B.** (2011). “Geçmişten geleceğe enerji etkin yüksek yapılar ve uygulama örnekleri”, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bina fiziği sempozyumu.

**Sev, A. & Canbay, N.** (2009) “ Dünya genelinde uygulanan yeşil bina değerlendirme ve sertifika sistemleri”, Yapı Dergisi, Yapıda Ekoloji Eki, Sayı. 329, s:44-45

**Seymen, Ü.B.** (1993). “Planlama kapsamında ekoloji kavramının içeriği”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Belediyeler Dergisi, Sayı.20, s:17.

**Seyrek, A.** (2010). Mahal ısıtmasında toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanımı. (Yüksek Lisans Tezi). Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

**Soysal, S.** (2008). Konut binalarında tasarım parametreleri ile enerji tüketimi ilişkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Şenel, A.** (2010). Sürdürülebilir bina yapım ilkelerinin ve yeni yaklaşımların incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Taşkın, A.** (2013). Rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin yaşam döngü analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

**Temel, Ö.** (2016). Türkiye’de Bölgelere Göre Isı Pompası Seçim Kriterleri. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

**Terekli, G. & Özkan, O. & Bayın, G.** (2013). “Çevre Dostu Hastaneler: Hastaneden Yeşil Hastaneye”, Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, Cilt.12, Sayı.2, s:38-39.

**Tokabaş, P.** (2005). Kapalı atrium tasarımı ve yapısal özelliklerinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Toprak, A.** (2011). Elektrik üretimi için düşük güçlü rüzgar enerji sistemi tasarımı (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.

**Torunoğlu, E.** (2014). “ Sürdürülebilir kalkınma paradigması üzerine ön notlar”, Tübitak Vizyon 2023 Panel İçin Notlar.

**Turhal, S.** (2009). Rüzgâr türbinleri ve kontrol sistemleri. (Yüksek Lisans Tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

**Tügiad,** (2004). Türkiye’nin Enerji Sorunları ve Çözüm Önerileri. Ankara: Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş.

**Umut, İ.** (2008). Elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan yöntemler ve örnek uygulamalar. (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

**Uslusoy, S.** (2012). Yenilenebilir enerji kaynakları kullanan enerji etkin binaların yapı bileşeni açısından irdelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Yeang, K.** (2012). Ekotasarım-Ekolojik Tasarım Rehberi. İstanbul : YEM Yayınları.

**Yeşilli, G.** (2016). Gelişmiş cephe sistemlerinin ekolojik enerji etkin tasarım çerçevesinde incelenmesi, iklim verilerine göre değişimi ve geleceğe yönelik öngörüler. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Yücel, F. B.** (1994). Enerji Ekonomisi, Ankara: Febel Ltd. Şti.

Url-1 <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>>  
erişim tarihi 11.02.2017

Url-2 <<http://www.cedbik.org/>> erişim tarihi 15.01.2017

- Url-3 <<http://www.breeam.com/>> erişim tarihi 10.02.2017
- Url-4 <[http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-design-and-construction-ballot version](http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-design-and-construction-ballot-version)> erişim tarihi 14.02.2017
- Url-5 <<http://new.gbca.org.au/green-star/>> erişim tarihi 12.02.2017
- Url-6 <<http://www.dgnb.de/en/>> erişim tarihi 13.02.2017
- Url-7 <<http://www.iisbe.org/sbmethod>> erişim tarihi 25.01.2017
- Url-8 <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/statistics.htm>> erişim tarihi 28.01.2017
- Url-9 <<http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/turkiyede-kullanilabilecek-dalga-enerjisi-donuturuculerinin-belirlenmesi-ve-analizi>> erişim tarihi 15.03.2017
- Url-10 <<https://ekonomist.co/is-dunyasi/ruzgar-enerjisi-alanindan-gelismeler-10513/>> erişim tarihi 10.03.2017
- Url-11 <<http://docplayer.biz.tr/203769-0124730-ruzgar-ve-gunes-enerjili-guc-sistemleri.html>> erişim tarihi 14.04.2017
- Url-12 <<https://cleantechnica.com/2011/06/28/hybrid-wind-solar-power-generators-for-homes-businesses/>> erişim tarihi 05.05.2017
- Url-13 <<http://www.wind-works.org/cms/>> erişim tarihi 27.04.2017
- Url-14 <<http://www.nytimes.com/2013/04/25/business/energy-environment/german-building-uses-algae-for-heating-and-cooling.html>> erişim tarihi 20.04.2017
- Url-15 <<http://newatlas.com/algae-powered-building/27118/>> erişim tarihi 07.04.2017
- Url-16 <<http://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>> erişim tarihi 20.04.2017
- Url-17 <<http://www.ctbuh.org/>> erişim tarihi 20.04.2017
- Url-18 <<https://www.commerzbank.com/en/hauptnavigation/konzern/commerzbank-im-berblick/hochhaus-1/zahlen-fakten-2.html>> erişim tarihi 20.04.2017

Url-19 <<https://skyscrapercenter.com/building/bahrain-world-trade-center-1/998>>

erişim tarihi 01.05.2017

Url-20 <<http://inhabitat.com/bahrain-world-trade-center-turbines-activate/>>

erişim tarihi 01.05.2017

Url-21 <<https://skyscrapercenter.com/building/shanghai-tower/56>> erişim tarihi

02.05.2017

Url-22 <<http://www.archdaily.com/783216/shanghai-tower-gensler>> erişim tarihi

02.05.2017

Url-23 <<https://www.slideshare.net/SanskritiJindal/shanghai-tower-40930153>>

erişim tarihi 02.05.2017

Url-24 <<http://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas>>

erişim tarihi 02.05.2017

Url-25 < <http://www.archdaily.com/70142/strata-se1-bfls> > erişim tarihi 03.05.2017

Url-26 < <https://skyscrapercenter.com/building/unicredit-tower/5292> > erişim tarihi

04.05.2017

Url-27 <<https://www.unicreditgroup.eu/en/press-media/press-releases/2013/unicredit-tower--nuova-direzione-generale.html>>

erişim tarihi 04.05.2017

Url-28 < <http://v2.arkiv.com.tr/p9568-istanbul-sapphire.html> > erişim tarihi

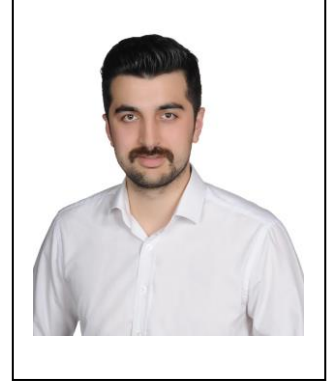
05.05.2017

Url-29 < <http://www.archdaily.com/141615/istanbul-sapphire-tabanlıoğlu-architects>>

erişim tarihi 05.05.2017



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Harun EROL  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 11.07.1990/ Kastamonu  
**E-posta** : haruneroll@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Lisans(Farabi Değişim Programı)** : 2011-2012, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.(1 Yıllık Değişim)
- **Yüksek Lisans** : Devam Ediyor, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı

### MESLEKİ DENEYİM:

- 2015'ten bu yana Harun EROL Mimarlık 'ta çalışıyor.