

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
KULLANAN ENERJİ ETKİN BİNALARIN YAPI
BİLEŞENİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Selma USLUSOY

Ağustos,2012

İZMİR

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
KULLANAN ENERJİ ETKİN BİNALARIN YAPI
BİLEŞENİ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

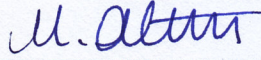
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı**

Selma USLUSOY

**Ağustos,2012
İZMİR**

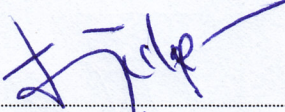
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SELMA USLUSOY, tarafından YARD. DOÇ. DR. MÜJDE ALTIN yönetiminde hazırlanan “YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANAN ENERJİ ETKİN BİNALARIN YAPI BİLEŞENİ AÇISINDAN İRDELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yard. Doç. Dr. Müjde ALTIN

Yönetici



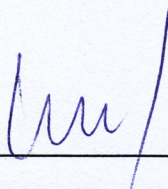
Yrd. Doç. Dr. Koray ÜLGEN

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. A. Vefa ORHON

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

“YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANAN ENERJİ ETKİN BİNALARIN YAPI BİLEŞENİ AÇISINDAN İRDELENMESİ” başlıklı çalışmamın her aşamasında yanımda olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan tez danışmanım sayın **Yard. Doç. Dr. Müjde ALTIN** hocama bana göstermiş olduğu sabır ve desteğinden ötürü çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca büyük bir özveri ile beni destekleyen, maddi manevi yardımları ile hep yanımda olan annem Canan USLUSOY, babam Abdurahman USLUSOY, kardeşim Cihangir USLUSOY, diğer aile bireylerine ve tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Mimar Selma USLUSOY

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANAN ENERJİ ETKİN BİNALARIN YAPI BİLEŞENİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

ÖZ

Günümüzde ekonomik ve teknolojik gelişmelere bağlı enerji talebindeki artış, bu enerjinin yanlış kaynaklardan sağlanması sonucunda çevreye ve ülkelerin ekonomisine verilen zarar her geçen gün artmaktadır. Enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından, çevreye zarar vermeyen yöntemlerle sağlanması bir çözüm önerisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mimari yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasını sağlayan ekolojik tasarım kriterleri ve yapı bileşeni ölçeğinde çözüm önerilerinin tanıtılmasını amaçlayan çalışma beş bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde, problem tanımlanmış olup, çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde çevre bilincinin vurgulanması açısından enerji, çevre sorunları, fosil enerji kaynakları ve çevreye tahribat konularının üzerinde durulmuştur. Bu sorunların çözümüne yönelik ortaya çıkan yenilenebilir enerji kaynakları kavramı açıklanarak bu enerji türleri sınıflandırılmıştır. Enerji etkin bina kavramı üzerinde durularak gelişim süreci ele alınmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanım sistemleri açıklanmış, yapı bileşenleri üzerindeki uygulamalar ve teknolojik gelişmelerin bu sistemler üzerindeki etkisi ele alınmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, üçüncü bölümde anlatılan kriterler ışığında son 15 yıl içerisinde inşa edilen enerji etkin binalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşeni ölçeğinde nasıl kullanıldığı detaylı olarak incelenmiştir. Tüm incelenen örnekler bir tabloda bir araya getirilerek karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji etkin bina, aktif sistemler, pasif sistemler

EXAMINATION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS THAT USE RENEWABLE ENERGY RESOURCES FROM THE VIEWPOINT OF BUILDING COMPONENTS

ABSTRACT

Today, the rise in energy demand due to economical and technological developments and the damage given to the environment and state economy as a result of providing this energy from wrong resources increase day by day. Providing energy from renewable sources without giving harm to environment appears as a solution to this problem.

This study, which aims at introducing ecological design criteria to ensure negative effects of architectural structures on environment and solution offers in terms of building components, consists of five parts.

In the first part, the problem is defined and the purpose and method of the study is determined.

The second part of the study is about energy and environmental problems and fossil energy resources and its devastating effects on environment. The term of renewable energy resources emerging as a solution to solve these problems is explained and these energy types are classified thereafter. It also focuses on the concept of energy efficient building, the development process of which is described in detail.

In the third part of the study, the utilization systems of renewable energy resources in buildings are explained and applications on building components and effect of technological developments on these systems are discussed.

In the fourth part, in the view of criteria provided in the third part, use of renewable energy resources as building components in the energy efficient buildings

built within the last 10-15 years is examined in detail. All the casestudies examined are gathered together and explicated thereafter.

In the final part, the results obtained are assessed.

Keywords: Renewable energy resources, energy efficient building, active systems, passive systems

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Problemin Tanımlanması	1
1.2 Amaç	1
1.3 Kapsam.....	2
1.4 Yöntem.....	2

BÖLÜM İKİ-ENERJİ, YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI, ENERJİ ETKİN BİNA KAVRAMLARI 3

2.1 Enerji Ve Çevre Sorunları	3
2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	5
2.2.1 Biyokütle	6
2.2.2 Su Enerjisi	7
2.2.3 Hidroelektrik Enerjisi.....	7
2.2.4 Dalga Enerjisi.....	8
2.2.5 Hidrojen Enerjisi	8
2.2.6 Jeotermal Enerji	9
2.2.7 Rüzgâr Enerjisi.....	11
2.2.8 Güneş Enerjisi	12
2.3 Ekoloji Kavramı	13
2.4 Enerji Etkin Bina.....	14

BÖLÜM ÜÇ - YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ ETKİN BİNALARDA KULLANIM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ 16

3.1 Rüzgâr Enerjisinin Yapı Bileşenlerinde Kullanımı.....	16
3.1.1 Pasif Rüzgâr Enerji Sistemleri	16
3.1.1.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Pasif Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Kullanımı	17
3.1.1.1.1 Rüzgâr Kuleleri.	18
3.1.1.1.2 Fanlar.	19
3.1.1.1.3 Havalandırma Bacası ve Atrium.	20
3.1.1.1.4 Çift Tabakalı Cephe Uygulaması.	21
3.1.1.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Pasif Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Kullanımı	22
3.1.1.2.1 Venturi Bacası ve Rüzgâr Kepçesi.....	22
3.1.2 Aktif Rüzgâr Enerji Sistemleri.....	24
3.1.2.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Rüzgâr Türbinlerinin Kullanımı.....	26
3.1.2.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Rüzgâr Türbinlerinin Kullanımı	27
3.2 Jeotermal Enerjinin Yapı Bileşenlerinde Kullanımı	27
3.2.1 Döşemede Jeotermal Enerjinin Döşemede Kullanımı	28
3.2.1.1 Direkt Kullanım.....	28
3.2.1.2 Elektrik üretimi	31
3.2.1.3 Jeotermal Isı Pompaları.....	32
3.3 Güneş Enerjisinin Yapı Bileşenlerinde Kullanımı	36
3.3.1 Pasif Güneş Enerji Sistemleri	37
3.3.1.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Pasif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı	38
3.3.1.1.1 ETFE Kullanımı.	39
3.3.1.1.2 Güneş Pencereleri.....	41
3.3.1.1.3 Tromb Duvarı.....	41
3.3.1.1.4 Su Duvarı.	42

3.3.1.1.5 Kış Bahçesi	42
3.3.1.1.6 Isısal Baca Uygulamaları	43
3.3.1.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Pasif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı	44
3.3.1.2.1 Çatı Pencereleleri	44
3.3.1.2.2 Çatı Açıklıkları.....	45
3.3.1.3 Döşemede Yapı Bileşeni Olarak Pasif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı	45
3.3.1.3.1 Isı Depolayıcı Döşemeler	45
3.3.1.3.2 Ayrık Açıklıklar.	46
3.3.1.3.3 Kaya Zemin-Kış Bahçesi	46
3.3.2. Aktif Güneş Enerji Sistemleri	46
3.3.2.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Aktif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı	47
3.3.2.1.1 Fotovoltaik Sistemler	47
3.3.2.1.2. PV/Isıtma Sistemler (PV/T sistemler).....	61
3.3.2.1.3.Güneş Kollektörleri (Güneş duvarı sistemleri).	61
3.3.2.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Aktif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı	63
3.3.2.2.1 PV Çatı Uygulamaları	64
3.3.2.2.2 PV/Isıtma Kollektörler (PV/T kollektörler)	66
3.3.2.2.3 Güneş Kollektörleri.....	68

BÖLÜM DÖRT - EKOLOJİK YAPI ÖRNEKLERİNİN YAPI BİLEŞENİ ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ..... 69

4.1 Dünyadan Örnekler	69
4.1.1 BedZed Konutlar	70
4.1.1.1 Genel Özellikler	70
4.1.1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	71
4.1.1.2.1 Cephe.	71

4.1.1.2.1 Çatı	72
4.1.2. Kaliforniya Bilim Akademisi	74
4.1.2.1 Genel Özellikler	74
4.1.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	75
4.1.2.2.1 Cephe.	75
4.1.2.2.2 Çatı	76
4.1.3 Canton Tower.....	77
4.1.3.1 Genel Özellikler	77
4.1.3.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	78
4.1.3.2.1 Cephe	78
4.1.4 CH ₂ Yerel Yönetim Binası.....	80
4.1.4.1 Genel Özellikler	80
4.1.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	82
4.1.4.2.1 Cephe.	82
4.1.4.2.2 Çatı	84
4.1.4.2.3 Döşeme.....	85
4.1.5 Concordia Üniversitesi.....	87
4.1.5.1 Genel Özellikler	87
4.1.5.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	87
4.1.5.2.1 Cephe	87
4.1.6.Devonshire Üniversitesi Araştırma Merkezi.....	89
4.1.6.1 Genel Özellikler	90
4.6.1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	90
4.6.1.2.1 Cephe.	90
4.6.1.2.2 Çatı.....	91
4.6.1.2.3 Döşeme.....	91
4.1.7 Duales System Pavilion.....	92
4.1.7.1 Genel Özellikler	92
4.1.7.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	93
4.1.7.2.1 Cephe	93
4.1.7.2.2 Çatı	95
4.1.8 Green Pix Eğlence Merkezi	96

4.1.8.1 Genel Özellikler	97
4.1.8.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	98
4.1.8.2.1 Cephe.	98
4.1.9 İğuzzini Genel Merkezi	100
4.1.9.1 Genel Özellikler	100
4.1.9.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı	101
4.1.9.2.1 Cephe	101
4.1.9.2.2 Çatı	102
4.1.10 Kuzey Apartmanları	103
4.1.10.1 Genel Özellikler	103
4.1.10.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	104
4.1.10.2.1 Cephe..	104
4.1.10.2.2 Çatı	104
4.1.11 K2 Apartmanları.....	106
4.1.11.1 Genel Özellikler	106
4.1.11.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	107
4.1.11.2.1 Cephe.	107
4.1.11.2.2 Çatı	109
4.1.12 Kaohsiung Stadyumu	111
4.1.12.1 Genel Özellikler	111
4.1.12.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	112
4.1.12.2.1 Çatı	112
4.1.13 Strata Tower	113
4.1.13.1 Genel Özellikler	113
4.1.13.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	114
4.1.13.2.1 Çatı	114
4.1.13.2.2 Cephe	115
4.1.14 Mataro Kütüphanesi	116
4.1.14.1 Genel Özellikler	116
4.1.14.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	117
4.1.14.2.1 Cephe	117
4.1.14.2.2 Çatı	119

4.1.15 Media- İct Ofis Binası	
4.1.15.1 Genel Özellikler	120
4.1.15.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	121
4.1.15.2.1 Cephe	121
4.1.15.2.2 Çatı	125
4.1.16 Monitoba Hydro Ofis Binası	126
4.1.16.1 Genel Özellikler	126
4.1.16.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	128
4.1.16.2.1 Cephe.	128
4.1.16.2.2 Döşeme.....	131
4.1.17 Reichstag Alman Parlamento Binası.....	132
4.1.17.1 Genel Özellikler	133
4.1.17.2.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	134
4.1.17.2.1 Cephe-Çatı.....	134
4.1.18 Sieeb Araştırma ve Eğitim Merkezi.....	138
4.1.18.1 Genel Özellikler	138
4.1.18.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	138
4.1.18.2.1 Cephe.	138
4.1.19 Su Kübü.....	142
4.1.19.1 Genel Özellikler	142
4.1.19.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	144
4.1.19.2.1 Cephe-Çatı.....	144
4.1.20 Suvarhonabı Havalimanı.....	147
4.1.20.1 Genel Özellikler	147
4.1.20.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	147
4.1.20.2.1 Cephe-Çatı.....	147
4.1.20.2.2 Döşeme.....	148
4.1.21 Twelve West.....	150
4.1.21.1 Genel Özellikler	150
4.1.21.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı ..	150
4.1.21.2.1 Cephe	150
4.1.21.2.2 Çatı	151

4.2 İncelenen Örneklerin Karşılaştırılması	152
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ	164
KAYNAKLAR	168

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımlanması

Yirminci yüzyılda teknolojiye yaşanan gelişmeler ve buna bağlı enerji kullanımındaki artış, bu enerjinin fosil kaynaklar gibi sınırlı kaynaklardan elde edilmesi ve çevre kirliliği gibi olumsuz gelişmeler, dünyadaki ekolojik dengede geri dönüşü olmayan tahribatlara neden olmaktadır. Sınırlı kaynakların yakın zamanda tükenecek olması, yaşanabilecek enerji krizi ve çevresel felaketler göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynakları gibi temiz ve alternatif enerji çözümlerine gidilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Küresel olarak kullanılan enerjinin %40'ını tüketen ve bu şekilde doğaya doğrudan müdahalesi olan mimarlık disiplininin bu sorunlardan bağımsız olması beklenemez. Buna bağlı olarak tasarım ilkeleri yeniden sorgulanmakta, çevre kirliliğini en aza indirecek, insan sağlığına uygun ortam şartlarını gerçekleştirecek, ekolojik dengeyi koruyan yapılara yönelik enerji, eleman ve malzeme seçimi mimarının hedefi olmaktadır. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda kullanımı ve enerji etkin bina uygulamalarının yaygınlaştırılması kaçınılmazdır.

1.2 Amaç

İnsanoğlunun, varlığını sürdürebilmek için binlerce yıldır ekosistemle kurduğu ilişkinin son iki asırda büründüğü biçimin, ekosistem üzerindeki tahribatı her geçen gün ivme kazanmaktadır. Dünya genelinde pek çok gelişmiş ülke ve bu ülkelerde çok sayıda şehir tarafından, yeni kanunlar, yönetmelikler, çevresel politikalar geliştirilmektedir. Bu politikaların yapısal ve mimari ayağını oluşturan gelişmeler ve sürdürülebilirlik politikalarına bakıldığında fosil kaynakların kullanımının azaltılmasına yönelik olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı ölçeğinde kullanımının ve enerji etkin bina tasarımının yaygınlaştırılmasının önemi ortaya konmaktadır.

Bu çalışmada amaç, çevresel sorunların geldiği noktada, enerji kullanımında büyük paya sahip yapıların, çevreye olumsuz etkilerinin en aza indirilmesini öngören kavram ve sistemlerin tanıtılmasıdır. Literatürde bu alanda yapılmış çalışmalardan farklı olarak, yapı bileşeni ölçeğinde bu sistemlerin ve malzemelerin incelenmesidir.

İncelenen enerji etkin binalarda, yapı bileşenlerinde kullanılan temiz enerji teknolojilerinin tanıtılarak, ülkemiz açısından yapılacak uygulamalara örnek olması ve var olan teknolojiyi ülkemize uyarlamak hedeflenmiştir.

1.3 Kapsam

Bu çalışma kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan enerji etkin binalar, çatı, cephe gibi yapı bileşenleri ölçeğinde ele alınmıştır. Ele alınan yapılar, teknolojik gelişmelerin bu alanda geldiği noktanın incelenmesi açısından güncel örneklerden seçilmiştir.

1.4 Yöntem

Çalışmada konu ile ilgili kaynak ve literatür taraması yapılarak makale ve tezler incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında,

- Enerji, çevre sorunları ve bu sorunlara çözüm önerisi olarak ortaya konan yenilenebilir enerji kaynakları tanımlanmış,
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile doğaya duyarlı tutum sergileyen enerji etkin bina ve gelişim süreci incelenmiş,
- Yenilenebilir enerji kaynak kullanımının çalışma kapsamında belirlenen yapılarda, yapı elemanlarında kullanım sistemleri irdelenmiş,
- İncelenen yapı ve sistemlerin karşılaştırma tablosu oluşturularak kategorize edilmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilerek araştırmanın sonuçlarına ulaşılmıştır.

BÖLÜM İKİ

ENERJİ, YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI, ENERJİ ETKİN BİNA KAVRAMLARI

2.1 Enerji ve Çevre Sorunları

Enerji, günlük yaşamın her anında insanların ihtiyaçlarının karşılanması ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesi için gerekli olan kaynaktır. Genel olarak enerji kavramının tanımlaması yapıldığında,

“Enerji, iş yapabilme gücüdür. Bu nedenle çevreci ve ekolojist gruplar, enerjiyi, diğer çevre sorunlarında da olduğu gibi küresel ve bütünsel bir bakış açısı ile ele alırlar” (Gürsoy, 2000).

Sanayi, konut, ulaştırma gibi pek çok sektörde kullanılan enerji, yaşamın sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır. Ancak enerji üretim, çevrim, taşınım ve tüketim aşamalarında büyük oranda çevre kirliliğine neden olmaktadır. Nüfus artışına, sanayileşmenin gelişimine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim stratejileri, ekolojik dengeyi büyük ölçüde etkilemektedir. Yeterli düzeyde ve çevresel değerleri tehdit etmeyen enerji sağlama ve kullanma toplumun en önemli sorunlarından biridir. Bu nedenle çevre sorunları hem ulusal hem de uluslararası ölçekte tartışılmaktadır.

Yenilenemeyen ve sınırlı olan enerji kaynakları olarak tanımlanan kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerjinin kullanımı, birçok açıdan çevresel olumsuzluğu beraberinde getirmektedir.

Son iki yüzyıllık süreçte fosil kökenli yakıtlar, üretim teknolojilerinde meydana gelen gelişmelerle ve ucuz olmaları nedeniyle yaygın bir kullanım alanı bulmuşlardır. Kömür, petrol gibi fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarındaki artış, çevre kirliliğini arttırmaktadır. Atmosferdeki CO₂, sera etkisi

yaparak yerkürenin aşırı ısınmasına neden olmaktadır. Fosil yakıtların kullanımıyla elektrik üretilen termik santrallerin oluşturduğu katı atıklar ise toprak kirliliğine neden olmaktadır.

Çağımızda artan enerji talebini karşılamak için başvurulacak diğer bir kaynak nükleer enerji olmaktadır. Dünya genelinde tüketilen enerji talebi %90 oranında fosil yakıtlardan, geri kalan bölümü ise hidrolik ve nükleer enerjiden karşılanmaktadır. Dünyada elektrik üretimi içinde önemli bir pay, nükleer enerjiden sağlanmaktadır. Özellikle Japonya, Fransa ve Amerika gibi gelişmiş ülkelerde nükleer enerji kullanım oranı çok yüksek paya sahiptir. Nükleer enerji kullanımı ile CO₂ emisyonunda azalma sağlanabilmektedir. Ancak nükleer güç reaktörlerinde meydana gelen artıklar ve radyasyon sızıntısı tehlikesi, olası kaza durumunda çevresel ve insan sağlığına etkisi açısından olumsuz sonuçlar ortaya koymaktadır.

Tablo 2.1. Kaynaklara Göre Dünya Enerji Arzı Tahminleri (Devlet Planlama Teşkilatı[DPT], VII. Beşyılık Kalkınma Planı, 1995).

	1980	2000	2010	2020
Enerji Kaynakları	10 ⁶ TEP	10 ⁶ TEP	10 ⁶ TEP	10 ⁶ TEP
Kömür	1830	2930	2820	3350
Petrol	3100	3415	4589	5494
Doğalgaz	1301	1885	2724	3551
Hidrolik	383	650	287	336
Nükleer	156	845	690	617
Yeni Enerji			279	361

Yenilenemez enerji kaynakların üretim ve taşınım metodları çevre üzerinde olumsuz etki yaratmakta; hava, iklim, su, toprak gibi tüm ekosistemi etkilemektedir. Buna ek olarak zararlı radyasyon oranını yükseltmektedir. Kullanılan kaynağın yerel olmaması sonucunda dışa bağımlılık artmakta ve bu durum ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Fosil tabanlı yenilenemez enerji kaynaklarının ciddi boyutta çevre sorunlarına neden olması, alternatiflerinin bulunmasını zorunlu kılmıştır. Alternatif enerji olarak tanımlanan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, yerel olmaları nedeniyle, enerji ithalatına olan bağımlılığın azaltılmasına ve istihdamın gelişmesine önemli oranda katkıları da bulunmaktadır. Çevre kirliliğini

azaltılması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının yadsınamaz bir yeri bulunmaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006).

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

20. yüzyılda enerji kullanımındaki artış, kitlesel üretim ve ürünlerin hızlı bir şekilde tüketimi, doğal kaynakların hızlı şekilde tükenmesine neden olmuştur. Enerji talebinin fosil tabanlı enerjilerden kaynaklanması ile atmosfere salınan CO₂ ve diğer sera gazları, küresel ısınmanın başlıca nedeni olmaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaza dayalı geleneksel enerji kaynaklarının, ekonomik ilerlemenin son derece etkili sürücüleri olduğu kanıtlanmıştır, fakat aynı zamanda çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir.

Endüstrileşme süreci ve hızla gelişen nüfusa bağlı olarak artan enerji talebine cevap verebilecek sürdürülebilir enerji politikalarına ihtiyaç duyulmaktadır ve bu enerji talebinin çevreye uyumlu olması gerekmektedir. Ayrıca Kyoto Protokolü gelişmiş ülkelerin 2008-2012 yılları arasında sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesine göre %5,4 oranında azaltmalarını öngörmektedir (Özmen,2009). Buna bağlı olarak fosil yakıt kullanımının kontrol altına alınarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada var olan ve kendini yenileyerek sürekliliğini devam ettiren, dünya var oldukça temin edilebilecek olan temiz enerji kaynaklarıdır. Bunların başlıcaları güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve su enerjisidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları dünya enerji talebini karşılama potansiyeline sahiptir. Biyokütle, hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir enerji hizmetleri sağlayabilen yerli kaynaklardır. Petrol ve gaz fiyatları dalgalanma devam ederken, güneş ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin

maliyetleri son 30 yılda önemli ölçüde düşmektedir, bu nedenle yenilenebilir enerji tabanlı sistemlere geçiş giderek büyümektedir (Herzog, Lipman & Kammen, 2001).

2.2.1 Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, tüm bitkiler (yosun dahil), ağaçlar ve bitkilerden kaynaklanan tüm organik madde için kullanılan ve fotosentez yoluyla güneş enerjisinin toplanma ve depolanması anlamına gelen bir terimdir. Biyokütle enerjisi, biyokütlenin ısı, elektrik ve sıvı yakıtlar gibi faydalı biçimlere dönüşmesidir. Biyokütle direk topraktan gelebildiği gibi ahşap endüstrisindeki kağıt ürünlerinden ya da yiyecekler için üretim sürecinde üretilen kalıntılardan elde edilebilmektedir. Biyokütle direk enerji üretmek için kullanılmamaktadır, bunun yerine ara enerji taşıyıcıları olarak adlandırılan biyoyakıtlara dönüştürülmektedir. Modernize edilmiş biyokütle enerji, fosil yakıtların neden olduğu küresel iklim değişikliği göz önüne alındığında geleceğin global enerji arzında önemli rol oynamaktadır. Doğaya atılan organik atıkların geri dönüşümünü sağlaması ve çevreci olması nedeniyle temiz enerji kaynakları arasında yer almaktadır.

Biyokütle enerjisi, ülkemizde yüzlerce yıldır yakıt olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de klasik çevrim teknolojileri ile enerji üretimi modern biyokütle çevrim teknolojilerine göre daha yaygındır. Özellikle kırsal kesimde odun ve tezek kullanımı büyük paya sahiptir. Orman miktarındaki azalma gözününe alındığında modern çevrim teknolojilerinin önemi artmaktadır.

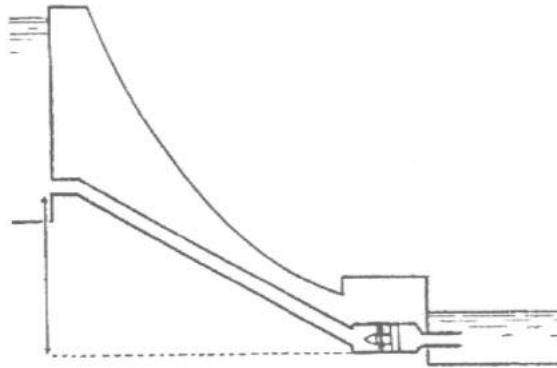
Günümüzde, havasız çürütme, piroliz, fermentasyon, gazlaştırma, biyofotoliz, doğrudan yakma gibi birçok modern biyokütle çevrim teknolojileri kullanılmaktadır. Konutlarda biyokütle kaynağından: havasız çürütme yöntemi ile elde edilen biyogaz elektrik üretiminde, piroliz yöntemi ile elde edilen etanol ısınma amaçlı, doğrudan yakma yöntemi ile elde edilen hidrojen su ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bunların dışında fermentasyon, gazlaştırma, hidroliz ve biyofotoliz yöntemleri de diğer sektörler tarafından uygulanmaktadır. (Herzog, Lipman,& Kammen,2001)

2.2.2 Su Enerjisi

Yeryüzünün $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturan su, karalara oranla daha fazla yer kapladığı için yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir paya sahiptir. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınları su yüzeyi tarafından emilerek, ısıya dönüşmektedir. Isıl tabakalaşma sonucu oluşan yoğunluk ve tuzluluk tabakalaşması su enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Su enerjisi, hidroelektrik ve dalga enerjisi olmak üzere iki sistem halinde incelenecektir.

2.2.3 Hidroelektrik Enerjisi

Akan suyun ürettiği enerji yakalanarak elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Su üzerinde kurulan baraj yardımıyla elektrik üretilmekte ve bu sistem hidroelektrik santralleri olarak adlandırılmaktadır. Barajdan bırakılan su bir türbini çevirmekte ve bu dönme hareketi jeneratörler ile elektriğe çevrilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Barajların genel çalışma prensibi (Bekar,2007)

Ülkemiz hidroelektrik enerjisi potansiyeli açısından Avrupa'da ikinci ve dünyada yirmi birinci sırada yer almaktadır. Var olan su kaynakları sayesinde dünya genelinde hidroelektrik enerjisi üretiminde büyük öneme sahip ülkemizde işletmede 267 adet hidroelektrik santral bulunmaktadır. Bu santrallerin kurulu gücü 15.660 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 54.000 GWh olup, toplam teknik potansiyelin %25'ine karşılık gelmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nca (IEA) 2020'de dünya enerji tüketimi içerisinde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının

payının bugüne göre %53 oranında artacağı öngörülmektedir (Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Temel Politikası, 2012).

Hidroelektrik santralleri büyük ölçekli sistemler olduğu için tek bir bina üzerinde uygulanması mümkün olmamaktadır.

2.2.4 Dalga Enerjisi

Dalgalar büyük oranda rüzgâra bağlı olarak oluşurlar. Dalga hareketi, rüzgârın sınır tabakası ile deniz yüzeyine olan sürtünme sonucu meydana gelmektedir. Bir baraj, deniz suyunu türbinleri çevirmeye zorlayarak dalga enerjisinden elektrik üretmeyi sağlar. Dalga enerjisinden elektrik üretmek için üç temel yöntem vardır:

- Suyu rezervuarlara yönlendiren kanal sistemleri
- Hidrolik pompalar kullanan yüzen sistemler
- Dalgaları bir haznedeki havayı sıkıştırmak için kullanan dalgalanan su sütunları sistemi.

Bu sistemler yardımı ile üretilen mekanik enerji ya doğrudan bir jeneratör ile elektrik üretiminde ya da bir sıvının aktarımı ile elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Tüm bu sistemlerin ortak özelliği dalga enerjisini önce mekanik sonra elektrik enerjisine dönüştürmesidir. Bu sistemlerin ekolojik mimarlık kapsamında henüz kullanımları mevcut değildir.

Dalga enerjisi çevreye zararının olmaması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki yerini almıştır. Gelişen dalga teknolojileri ile İngiltere, İrlanda gibi pek çok ülkede bu teknolojilerden yararlanılmaktadır. Üç tarafı denizle çevrili olan ülkemizde ise dalga enerjisi ekonomik olarak görülmemektedir.

2.2.5 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi sınırsız enerji kaynaklarından olup çevreye zarar vermemektedir. Hidrojen her zaman başka elementlerle birleşik halde bulunmaktadır. Hidrojen aynı zamanda birçok organik bileşikte de bulunur. Bunların önemlisi

günümüzde kullandığımız benzin, doğal gaz, metanol ve propan gibi yakıtları oluşturan hidrokarbonlardır. Hidrojen hidrokarbonlardan ısı yolu ile ayrıştırılabilir. Bu işleme ıslah etme işlemi denmektedir. Şu anda hidrojen ıslah etme işlemleri için çoğunlukla doğal gaz kullanılmaktadır.

NASA tarafından hidrojenden yakıt pili teknolojisi ile elektrik elde etme çalışmaları yürütülmüştür. Yakıt pili teknolojisi ile hidrojen, 1970'lerden beri uzay mekiklerinde yakıt ve elektronik sistemleri çalıştırmak için kullanılmaktadır. Enerji üretiminden sonra açığa çıkan atık madde olan sudan ise mekikteki astronotların su ihtiyacı karşılanmaktadır. Yapılan bu çalışmalar sonunda hidrojen enerjisinin önemi anlaşılmış ve günümüzde hidrojen enerjisi ülke enerji politikalarında yerini almıştır. (Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2010)

Son yıllarda geliştirilen yakıt hücresi teknolojisi ile hidrojenden enerji elde edilmektedir. Yakıt hücreleri, kimyasal reaksiyon sonucu açığa çıkan enerjiyi elektrik enerjisine çeviren elektrokimyasal dönüştürücülerdir. Sistem bileşenleri: yakıt dönüştürücüsü, yakıt hücresi modülü, güç dönüştürücü ve kontrol sisteminden oluşmaktadır. Bu sistem yapının bodrum katına ya da araziye kurulmaktadır. Sistemin maliyetinin yüksek olması nedeniyle mimaride ticari amaçlı kullanılamamaktadır. Sistemin bir diğer dezavantajı ise hidrojenin kolay taşınabilir olmamasıdır.

2.2.6 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji doğal bir enerji türüdür. Bu enerjinin oluşumunda kullanılan ısı kaynağı, yerkabuğunun derinliklerindeki magmadır. Isı enerjisini taşıyan akışkan ise magmadan ısıalan yağmur sularıdır. Yeraltındaki ısı ya doğal şekilde ya da yeraltında dolaştırılan akışkan vasıtasıyla toprağa yakın yüzeye çıkarılmaktadır. Akışkan sirkülasyonu iki mil kadar derinliğe kadar, derin kuyu sondaj yöntemi ile elde edilmektedir (Gevorkian,2006).



Şekil 2.2 Dünya'nın ısı adlandırılan jeotermal enerji,
Nevada'da bir kaplıca buhar çıkışı,(Geothermal Resources 2012)

Jeotermal enerji konutlarda ısıtma ve soğutmada, elektrik üretiminde, seraların ısıtılmasında, tarımsal kurutmada ve kaplıca turizminde kullanılmaktadır.

Bina ısıtmak amacıyla jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı olarak faydalanılmaktadır. Bu tip bir uygulama için jeotermal suyun sıcaklığı 80°C civarında olmalıdır. Bu yüzden sıcaklığı 50°C 'nin altındaki kaynaklar böyle bir uygulama için elverişli olmamaktadır. Jeotermal enerjiden elektrik elde edilmesi için su sıcaklığının 150°C 'den fazla olması gerekmektedir. Aksi takdirde maliyet artmaktadır (Eldem,2012).

Jeotermal enerji, az bir alan kullanarak güvenli ve temiz enerji sağlayan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Jeotermal projeler CO_2 emisyonu üretmektedir fakat bu oran fosil yakıtlara kıyasla 20 kat daha azdır (Gevorkian,2006).

Düşük sıcaklıktaki kaynaklar çoğunlukla ısıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Teknik, maliyet ve yönetim gibi nedenlerle jeotermal enerjiden ülkemizde yeterli düzeyde yararlanılmamaktadır (Türkiye'deki Jeotermal Kaynaklar, 2012).

2.2.7 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgârlar, yeryüzündeki farklı güneş ışıını dağılımının neden olduğı basınç ve sıcaklık farklarının dengelenmesiyle oluşan hava akımlarıdır. Yeryüzü kabuğı homojen ısınma ve soğuma davranışı göstermez. Bu nedenle büyük hava kütleleri hareket etmek zorundadır. Bu hava kütlelerinin hareketi rüzgâr olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğı hareket enerjisidir.

Rüzgâr enerjisi çok eski tarihlerden itibaren bilinmektedir. Rüzgâr gücünden ilk yararlanma şekli olarak yelkenli gemiler ve yel değirmenleri gösterilebilir.

1980’li yıllardan itibaren modern rüzgâr enerjisi çevrim sistemleri kurulmaya başlanmıştır. Günümüzde gelişmiş rüzgâr türbinleri sayesinde rüzgar enerjisi elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rüzgâr türbinleri ürettikleri enerji büyüklükleri açısından bakıldığında bireysel kullanıma uygun küçük ünitelerin yanında şehir şebekesine elektrik sağlayan rüzgâr çiftlikleri şeklinde olabilmektedir. İster büyük, ister küçük olsun rüzgar türbinlerinde çalışma mekanizması aynıdır. Atmosferdeki hava hareketleri türbinin kanatlarında bir dönme hareketi oluşturur. Türbinin bağlı olduğı jeneratörler bu hareketi elektrik akımına dönüştürürler. Rüzgar türbinleri ve yapılarda kullanımları ile ilgili bilgilere Bölüm 3.1’de değinilecektir (Günel ve Ilgın, 2008).

Rüzgar enerjisi, sektörde öncelikli olarak Kaliforniya’da ortaya çıkmış daha sonra Almanya, İngiltere, Hollanda, İspanya ve İsveç’te gelişim göstermiştir. Dünyada üretilen enerjinin %65’i fosil yakıtlardan elde edilirken, geri kalan enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu oran içerisinde rüzgar enerjisi %0.3’lük bir paya sahiptir (Günel ve Ilgın, 2008). Fosil yakıtların sebep olduğı CO₂ emisyonları, bu emisyonları üretmeyen enerji formlarının kullanımını zorunlu kılmakta, rüzgâr enerji sistemlerindeki teknolojik gelişmeler bu temiz enerjinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

2.2.8 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneş tarafından üretilen radyant enerji olarak tanımlanmaktadır. Her gün güneş tarafından büyük miktarda enerji yeryüzüne gönderilmektedir. Güneş çoğunlukla hidrojen ve helyum atomlarından oluşan büyük bir küttedir. Güneşin çekirdeğindeki hidrojen atomları helyum oluşturacak şekilde bir araya gelmekte, nükleer füzyon denilen bir süreçle enerji üretmektedir. (Varınca ve Gönüllü,2006)

Dünya ekonomisinin büyük ölçüde bağımlı olduğu fosil yakıtların yol açtıkları çevre kirliliği ve sonsuz bir kaynak olmayışları, insanlığı yenilenebilir enerji kaynakları arayışına itmiştir. Güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır. Güneş, büyük enerji potansiyeli ile alternatif yenilenebilir kaynakların başında gelmektedir. Dünyamızdan 150 milyon km uzaklıktaki güneş, dünyada bir yılda kullanılan toplam enerjinin yaklaşık 20 bin katı kadar enerji göndermektedir. Güneş enerjisi, sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek bir fırsata sahiptir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır (Varınca ve Varank, 2005).

1970 sonrasında yaşanan enerji krizi ile birlikte güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar hız kazanmış, güneş enerjisi teknolojilerinde ilerleme artmış ve bu konuda artan talep karşısında maliyet bakımından düşme göstermektedir. Güneş enerjisi konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma), sıcak su temini; deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi; güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamaları; sinyalizasyon ve otomasyon, elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri malzeme, uygulama ve teknolojik düzey bakımından çeşitlilik göstermektedir. Bu sistemleri güneş enerjisinden ısı ve elektrik enerjisi elde eden ısı güneş teknolojileri; günışığını doğrudan elektriğe çeviren güneş pilleri uygulamaları olarak iki kategoriye ayırmak mümkündür.

Yapılarda güneş enerjisi uygulamaları, teknolojileri ve malzemeler ile ilgili detaylı bilgilere Bölüm 3.3.'de değinilecektir.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır (Varınca ve Gönüllü,2006).

Türkiye ise hâlihazırda Güneş kuşağında olmasına rağmen sahip olduğu potansiyeli yeterli derecede etkin ve yaygın bir şekilde kullanamamaktadır. Türkiye'de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı sıcak su ısıtma sistemleridir. Güneş pili uygulamaları gibi maliyet açısından yüksek sistemler yaygın kullanılmamaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Güneş enerjisinden elektrik üretimi, ısıtma ve soğutma gibi işlevlerin sağlanması amaçlı gelişen sistemlerin ve ileri teknoloji ürünlerinin kurumlarca ve devlet tarafından desteklenerek tanıtılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir.

2.3 Ekoloji Kavramı

Ekoloji kelimesi Alman biyolog Haeckel tarafından 1866 yılında tanıtılmıştır. Yunanca 'oikos' yani 'yaşanılan yer' anlamına gelen kelimeden türetilmiştir. İnsan, bitki, hayvan ve çevreleriyle ve birbirleriyle olan ilişkileri ekolojiyi oluşturmaktadır. (Williams, 2007)

Günümüzde yaşanan çevre sorunlarının yaşam üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle ekoloji disiplini, insan-doğa ilişkilerini inceleyen bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekoloji, en genel tanımı ile bir ürünün üretiminden yok oluşuna kadar geçen süreçte, çevre sistemlerinin olumsuz etkilenmesini en aza indirgeyecek sistemlerin araştırılması olarak nitelendirilebilmektedir. Bitki, hayvan ve insan topluluklarının etkileşimini içeren ekoloji disiplini kapsamındaki genişleme ile insanın biyosfer üzerindeki etkisi, önem kazanmıştır. İnsanın en büyük

gereksinimi barınmadır. Barınma ihtiyacının karşılanması için oluşturulan yapılı çevre, ekosistemi doğrudan etkilemektedir. Yapılı çevrenin, yapıların yapım ve kullanım evresinde doğa üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Bu olumsuz etkilerin azaltılması, doğal olanakların sınırlılığı göz önünde alınarak ve doğa-insan arasındaki dengenin korunması prensibine dayanarak yapılaşma ihtiyacının karşılanması ile olanaklıdır. Mimarlık disiplininin ise, insanların sınırsız ihtiyaçlarını karşılarırken aynı zamanda insan ve doğa arasındaki dengeyi koruması gerekmektedir. Bu gerekliliğin bir sonucu olarak, günümüzde çevre sorunlarının çözümüne ilişkin olarak ekolojik ve enerji etkin bina kavramı ortaya çıkmıştır.

2.4 Enerji Etkin Bina

Günümüzde çevresel sorunların ivme kazanarak artması ve teknoloji toplumu olarak tükettiğimiz enerji miktarındaki artış ile yaşanan enerji krizi gibi bugünü olduğu olduğu kadar gelecek nesilleri de ilgilendiren bu küresel sorunların ortaya çıkışında yapılaşma faaliyetleri önemli bir rol oynamaktadır. Yapılar, yapı malzeme hammaddesinin kaynağından elde edilişinden başlayıp yapı ömrünün sona ermesine kadar geçen yaşam döngüsü boyunca, çevresel sorunların oluşumuna birçok yönden katkıda bulunmaktadır. Bunun başlıca nedeni, ısıtma-soğutma gereksiniminin fosil yakıtlardan karşılanması, özellikle yüksek yapı yoğunluğu fazla olan yerleşimlerde yapıların havalandırma amaçlı mekânîk sistemleri kullanılması sonucu enerji tüketimindeki artışa neden olması, yapılarda kullanılan sağlıksız malzeme ile insan sağlığının olumsuz etkilenmesi gibi sorunların bilinçsiz tasarımın bir sonucu olmasıdır. Yapıların, daha az çevresel etkiye sahip olmalarını sağlayan çözüm arayışları, mimari tasarımı ekolojik ve enerji etkin yaklaşımlara doğru yöneltmektedir. Enerji etkin tasarım, iç ve dış mekânlarda hava kirliliğini önlemek ve gelecekteki enerji ihtiyacımızı karşılamak açısından en ekonomik yol olmaktadır.

Enerji etkin bina; tasarım aşaması, 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 korunum, yapı kabuğuna ilişkin parametreler göz önüne alınmaktadır. Bu tasarım parametrelerinin uygun değerler ile oluşturduğu kombinasyona ek olarak

yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının entegrasyonu, enerji etkin binayı tanımlamaktadır.

Enerji etkin binalara olan eğilim, çevre sorunlarının çözümüne ilişkin ortaya çıkan doğal ve çağdaş bir sonuçtur. Bu yaklaşım ile mimarlık, sürdürülebilir çevre bilincinin topluma iletilmesinde önemli rol oynamaktadır.

BÖLÜM ÜÇ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ ETKİN BİNALARDA KULLANIM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarından binalarda en fazla kullanılan rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi sistemlerinin, yapı bileşenlerinde kullanım yöntemleri incelenmiştir.

3.1 Rüzgâr Enerjisinin Yapı Bileşenlerinde Kullanımı

Yapılarda rüzgâr enerjisinden yararlanmak için kullanılan sistemler *pasif rüzgâr enerji sistemleri* ve *aktif rüzgâr enerji sistemleri* olarak iki grupta incelenmektedir.

3.1.1 Pasif Rüzgâr Enerji Sistemleri

Tasarım aşamasında alınan kararlar ile mekanik sistem gerekmeksizin rüzgâr enerjisinden yararlanılması pasif rüzgâr sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Bu uygulamalar, iç mekânda kullanılan havanın, rüzgârın pasif kullanımı ile dışarı atılması ve dolayısıyla binanın havalandırılması prensipini üzerine kurulmuştur.

Yapılarda doğal havalandırma, açıklıklardan rüzgâr veya basınç farkı dolayısı ile oluşmaktadır. Hakim rüzgar yönünde konumlandırılan yapı ya da yapıların, üzerindeki açıklıklardan sağlanan hava akımı ile havalandırma ve soğutma sağlanmaktadır. (Healthy Buildings, Healthy People: A Vision for the 21st Century, 2001)

Tablo 3.1 Pasif rüzgar enerji sistemlerinin yapı bileşenlerinde kullanımı

Yapı bileşeni	Cephede	Çatıda	Döşemede
Pasif RüzgarEnerji Sistemleri	Çift tabakalı cephe	Venturi bacası Rüzgâr kepçesi	-
	Havalandırma bacası ve Atrium		
	Fanlar		
	Rüzgâr kuleleri		

3.1.1.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Pasif Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Kullanımı

Pasif rüzgar sistemleri, yapılarda havalandırma ve soğutma işlevinin ek bir mekanik sistem gerekmeksizin ve minimum enerji kullanımı ile karşılayan uygulamalardır. Yapının kendi elemanlarının kullanıldığı pasif rüzgâr sistemi, doğal havalandırma yöntemidir. Etkin doğal havalandırma, basit fiziksel kuralların uygulanabileceği uygun yapı elemanı tasarımı ile mümkün olabilmektedir.

Cephelerin bu noktada yapıyı çevreleyen strüktürel eleman olmalarının dışında enerji etkin yapı elemanı olarak görev almaları, yapının enerji gereksinimini azaltıcı rol oynamaktadır. Özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak aşırı sıcaklık artışı nedeniyle klima gibi mekanizmaların yapılarda zorunlu kullanımının kaçınılmaz olduğu gerçeği ortadadır. Buna bağlı elektrik gereksiniminin daha da arttığı günümüz koşullarında, cephede kullanılan birtakım elemanlarla ve pasif sistem yöntemleri ile yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmaktadır. Doğal havalandırma için cephede hakim rüzgar yönünde oluşturulan açılabilir pencereler en yaygın kullanımdır. Gece iç mekâna alınan soğuk hava, termal kütle vasıtasıyla depolanarak gündüz pencereler kapatılmakta ve termal kütle soğuk havayı iç mekâna vermektedir. Bir diğer yöntem ise ısınan havanın yükselmesi prensibine bağlı olarak baca etkisi ile havalandırmanın sağlanmasıdır. Bunun için yapının içinde atrium oluşturulabilmekte ya da cephede havalandırma bacası tasarlanabilmektedir. Rüzgârın yakalanamadığı durumlarda ise kullanılan yöntem rüzgâr kuleleridir.

Yapı cephesinde, rüzgâr enerjisinden pasif olarak yararlanılan sistemler: *rüzgâr kuleleri, fanlar, havalandırma bacası, atrium ve çift cephe uygulaması* 'dır.

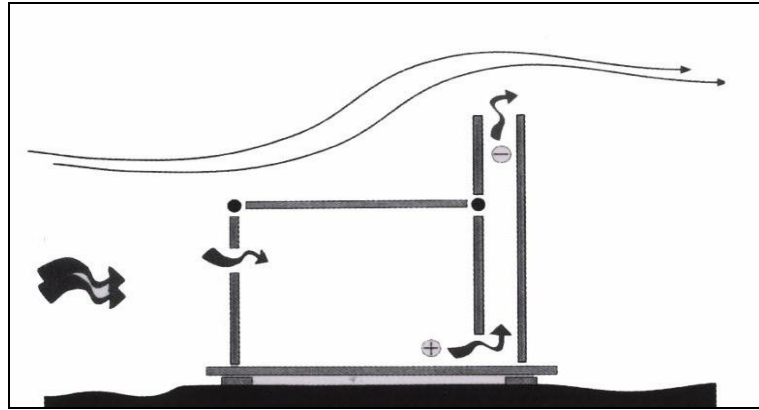
3.1.1.1.1 Rüzgâr Kuleleri. Doğal havalandırma yöntemlerinden birisi cephede tasarlanan rüzgâr kuleleridir. İlk kullanımına 13.yy'da İran'da rastlanmaktadır. Yapıda oluşturulan açıklıklardan rüzgârın yakalanamadığı durumlarda, bu yöntem ile çatı üstü seviyesinden geçen rüzgâr esintileri yakalanabilmektedir. Rüzgâr kuleleri pozitif hava basıncı tarafından yönlendirilen soğuk dış havanın kule açıklıklarından içeri alınması prensibine dayanmaktadır. Kulenin rüzgâr almayan tarafındaki iç kısmındaki düşük basınç yapının içinden havanın çekilmesini sağlamaktadır. Rüzgâr kuleleri rüzgâr olsun ya da olmasın her zaman hava sirkülasyonuna tabidirler. Çünkü çekim etkisi, hava yoğunluğundaki değişim ile yaratılmaktadır(Yüksek,2011).

Rüzgârsız bir yaz gününde, sıcak hava kulenin duvarına temas etmekte ve soğutulmaktadır. Dışarıdaki hava soğuduğunda yoğunlaşmakta ve bu soğuk hava kuleden aşağıya inmektedir. Baca etkisinin tam tersi bir etki oluşturmaktadır. Havanın rüzgârlı olduğu durumlarda ise soğutma hızı artmaktadır(Chen, Sun.& Liu,2008).



Şekil 3.2 Hochhaus Uptown cephesinde yer alan fanlar (Sev, 2009).

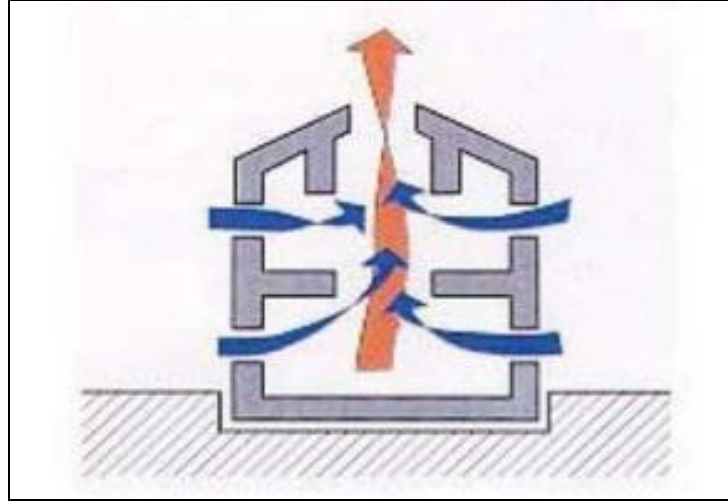
3.1.1.1.3 Havalandırma Bacası ve Atrium. Hava hareketlerinin yetersiz olduğu durumda kullanılan yöntemdir. Havalandırma bacasının çalışma prensibi, ısınan sıcak hava yükselir ve bacadan dışarı atılır ilkesine dayanmaktadır (Şekil 3.3). Oluşan basınç farkı ile iç mekânda hava dolaşımı sağlanmaktadır. Sistemde, kuzey cephesinde oluşturulan açıklıklardan alınan hava, iç mekânı serinletmektedir. İç mekândaki sıcak hava yükselerek üst kotta oluşturulan açıklıktan cephede tasarlanan havalandırma bacası ile dışarı verilmektedir (Yüksek, 2011).



Şekil 3.3 Havalandırma bacası çalışma prensibi (Yüksek, 2011).

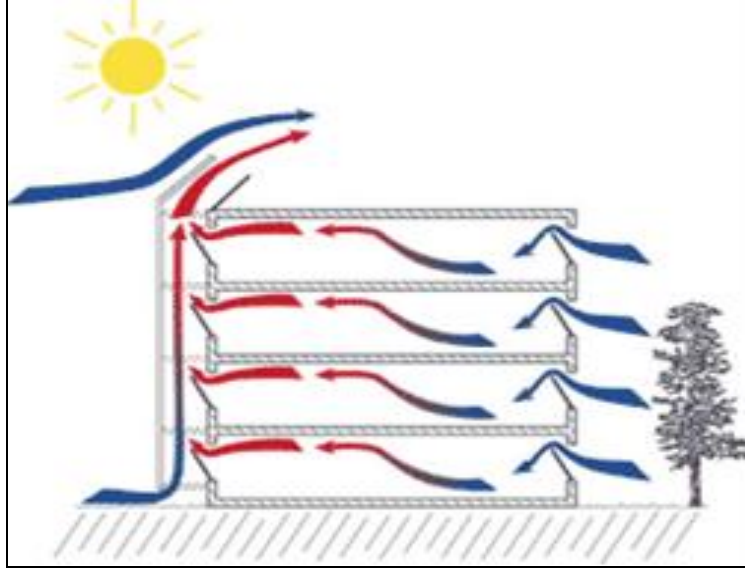
Pasif sistemler ile doğal havalandırma sağlamak için bir diğer yöntem, yapı içinde hakim rüzgar yönünde bir atrium tasarlamaktır. Bina içine alınan soğuk havanın

sirkülasyonu, karşılıklı açılan boşluklar sayesinde sağlanmakta, ısınan hava ise atrium içine alınmaktadır. Burada hava genleşmekte, yükselmekte ve bu doğal sirkülasyon kulesinden dışarı atılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Atrium uygulaması çalışma prensibi (Yüksek, 2011).

3.1.1.1.4 Çift Tabakalı Cephe Uygulaması. Yapılarda uygulanan çift tabakalı cephe uygulamaları ile doğal havalandırma sağlama da etkili bir yöntem olmaktadır. Bu sistem aynı zamanda güneş enerjisinin kullanımı ile hibrid sistem olarak da kullanılmaktadır. Kuzey yönünden alınan temiz hava iç mekânı serinletmektedir. Sıcak hava çift cidar arasındaki boşlukta toplanmaktadır. Güneş tarafından ısıtılan ve genleşen sıcak hava, doğal bir çekim yaratılması ile yükselerek üst noktadaki menfezden dışarı verilmektedir (Şekil 3.5).

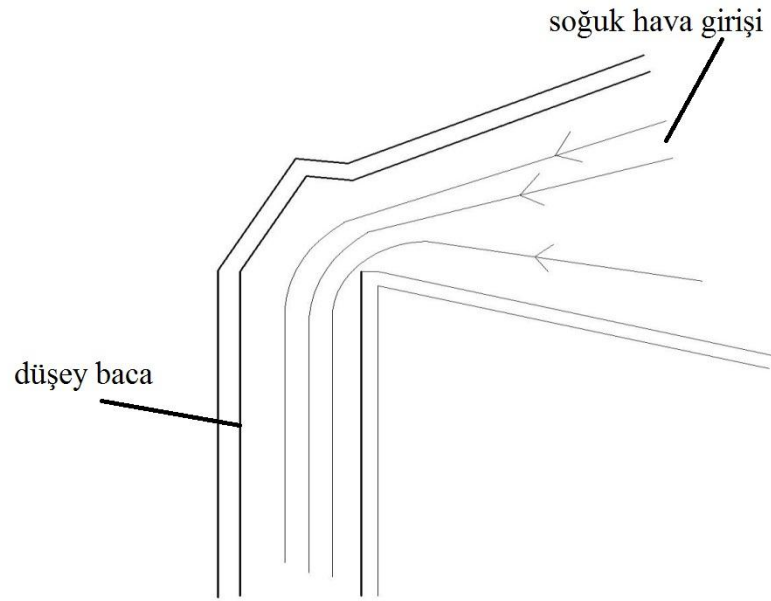


Şekil 3.5 Çift tabakalı cephe uygulaması çalışma prensibi (Yüksek, 2011).

3.1.1.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Pasif Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Kullanımı

Yapılarda rüzgâr enerjisinin pasif olarak kullanımı, çatıda oluşturulan bir takım elemanlar ile mümkün olabilmekte ve doğal havalandırma, enerji gereksinimi olmadan sağlanabilmektedir. Çatıda yapı bileşeni olarak tasarlanan doğal havalandırma sistemleri, *venturi bacası* ve *rüzgâr kepçesi*dir.

3.1.1.2.1 Venturi Bacası ve Rüzgâr Kepçesi. Rüzgâr enerjisinden çatıda uygulanan sistem ile pasif yararlanılan bir yöntem, rüzgâr kepçesi ve venturi bacasıdır. Esen rüzgâr, ağzı daraltılmış huni benzeri bir düzeneden geçerken hızlanmaktadır. Rüzgâr kepçesi, oluşan esintinin düşey yöndeki kanal aracılığı ile iç mekâna girmesini sağlamaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Rüzgâr kepçesi kesiti

İç mekânda ısınan ve genleşen hava ise yükselmektedir. Venturi bacası olarak adlandırılan ağız daraltılmış bir düzenden geçen hava, rüzgârın bu kez yatay geçiş yaparken yarattığı vakum aracılığı ile yapıdan uzaklaştırılarak doğal havalandırma sağlanmaktadır (Şekil 3.7) (Erengözgin,2012).



Şekil 3.7 Venturi Bacası (Erengözgin,2012)

3.1.2 Aktif Rüzgâr Enerji Sistemleri

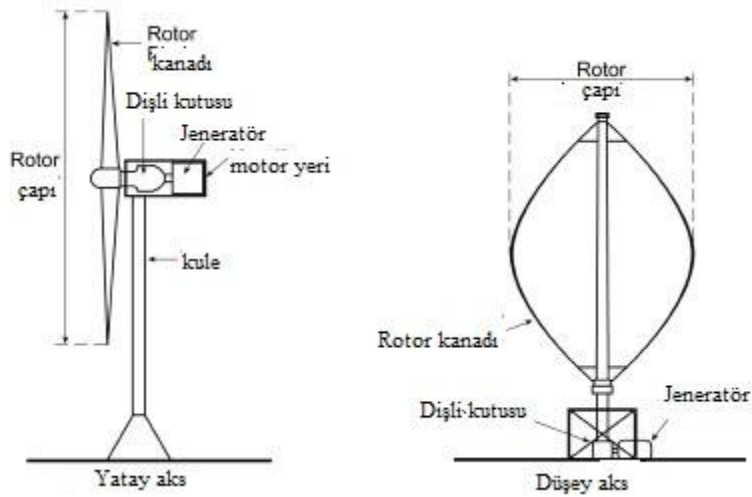
Aktif rüzgâr enerji sistemlerinden enerji elde edilmesi rüzgâr türbinleri ile gerçekleşmektedir.

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. *‘Rüzgâr türbinleri bir rotor(pervane), güç şaftı ve rüzgârın kinetik enerjisini elektrik enerjisine çevirecek bir jeneratör kullanırlar. Rüzgâr rotordan geçerken, aerodinamik bir kaldırma gücü oluşturur ve rotoru döndürür. Bu dönel hareket jeneratörü hareket ettirir ve elektrik üretir. Türbinlerde ayrıca, dönme oranını ayarlayacak ve kanatların hareketini durduracak bir rotor kontrolü bulunur’* (Bekar, 2007).

Rüzgâr türbinlerinin ürettiği enerji türbin kapasitesi, güç oranı ve rüzgâr hızına bağlıdır. Rüzgârın sahip olduğu enerji hızının küpü oranında değişmektedir. Yani rüzgar türbininin 12 m/sn rüzgar hızı ile çalışması 11m/sn çalışmasına oranla %33 daha fazla enerji çıkışı sağlamaktadır. Rüzgâr türbinlerinin kurulumundan önce bölgedeki rüzgâr hızı saptanmalıdır. Rüzgâr türbinlerinin kullanımı 1970 öncesinde dayanmaktadır. Amerika’da 1939 yılında inşa edilen 53 m çaplı ve 1.25 MW gücündeki rüzgâr türbini rüzgâr enerjisi üretiminin öncülerindendir. Bu alandaki

teknolojik gelişmelere bağlı olarak türbin kanat teknolojisi, türbin boyutları ve enerji güçlerinde ilerleme kaydedilmiştir (Gevorkian, 2006).

Rüzgâr türbinleri dönme eksenine göre iki temel tasarıma sahiptir; yatay eksenli ve dikey eksenli rüzgâr türbinleri (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Yatay eksenli ve dikey eksenli rüzgar türbinleri
(Wind Turbines and Wind Energy Buzz: mart 2012)

Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde yer konumuna göre rotor(kanat), yatay eksende hareket etmektedir. Bu sistemde rüzgâr önden alınmaktadır. Enerji üretiminin maksimum seviyede sağlanması için rotor daima akış yönünde olmalıdır. Yatay eksenli türbinleri enerji verimliliği açısından yüksek potansiyele sahip olduğu için rüzgâr enerjisi pazarında daha fazla tercih edilmektedir. Dikey eksenli türbinlerde rotor, dikey eksende hareket etmektedir. Dönme hızı düşük olduğu için daha sessizdir.

Rüzgâr türbinleri yapıda:

- Bina-monte rüzgâr türbinleri
- Bina-entegre rüzgar türbinleri

Bina-monte rüzgâr türbinleri, binanın mimari formundan bağımsız olan, yapıyı kule olarak kullanan türbinlerdir. Yapı formu rüzgâr enerjisini kullanmak, rüzgâr akışını değiştirmek amacıyla şekillenmemektedir. Bu sistem mevcut yapılarda kullanılabildiği gibi tasarım aşamasındaki yapılara da entegre edilebilmektedir.

Bina-entegre rüzgar türbinleri, tasarım aşamasında rüzgar enerjisinin kullanımının esas alındığı yapıların bu tasarımla şekillendiği sistem biçimidir.

3.1.2.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Rüzgâr Türbinlerinin Kullanımı

Yapı cephesinde rüzgârdan elektrik elde edilmesi bina-entegre ve bina-monte rüzgar türbinleri ile sağlanmaktadır. Her iki sistemde de kullanılan rüzgâr türbinleri yatay eksenli olmaktadır (Şekil 3.9). Bina-monte rüzgâr türbinleri uygulama örnekleri yaygın olmamakla birlikte estetik açıdan iyi sonuç vermeyen bir sistemdir. Yapı cephesinde en yaygın kullanılan Bina-entegre rüzgar türbinleridir. Yapı cephesi rüzgârı en iyi alacak şekilde ve rüzgârı türbinlere yönlendirecek şekilde tasarlanmaktadır. Cephede rüzgâr türbinlerinin kullanımında dikkat edilmesi gereken bir nokta rüzgâr türbinlerine yakın mekânların organizasyonudur. Türbinlerden kaynaklı gürültü nedeniyle türbinlere yakın yerlerde sık kullanılmayan mekân organizasyonları yapılmalıdır (Günel, Ilgın ve Sorguç 2007).



Şekil 3. 9 COR binası rüzgar türbinlerinin cepheye entegrasi
(COR – Green Building that Stands Out,2012)

3.1.2.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Rüzgâr Türbinlerinin Kullanımı

Çatıda rüzgârdan elektrik elde edilmesi bina-entegre ve bina-monte rüzgar türbinleri ile sağlanmaktadır. Binalardaki çatı uygulamaları için yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbinleri kullanılabilir. Rüzgâr türbinlerinin çatıda kullanımı ile çevre binaların yaratabileceği rüzgâr engeli etkisi ortadan kalmaktadır.

Alman Pavyonu (Expo 2000) 'da yapının çatısında bina- monte rüzgâr türbinleri tasarlanmıştır. Yatay eksenli 6 adet rüzgâr türbinlerinin kullanıldığı yapıda türbinlerin kullanımında mimari tasarıma uyum kaygısı taşımamaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Dutch Pavilion Bina-monte rüzgar türbinleri
(Blue,2008)

3.2 Jeotermal Enerjinin Yapı Bileşenlerinde Kullanımı

Jeotermal enerjinin yapılarda kullanımı sadece döşemede oluşturulan sistemle sağlanmaktadır.

3.2.1 Döşemede Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Jeotermal kelimesi yer anlamına gelen jeo ve ısı anlamına gelen termal kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu enerji yer kabuğunun kilometrelerce derinliğindeki erimiş kayalardan oluşan mağmanın ısısından oluşmaktadır. Hemen her yerde, yeraltı sıcaklığı yaklaşık 10 metre derinlikten sonra, 10° ve 16°C arasında sıcaklık sabit değerdedir. Tıpkı bir mağara gibi yazları yer altı ısısı havadan daha düşük sıcaklıkta, kışları ise havadan daha yüksek sıcaklıkta olmaktadır.

Yeryüzünün altında sabit dereceli bu ısıyı kaynak olarak kullanan jeotermal sistemler, sabit ısıdan faydalanarak yapılarda ısıtma ve soğutma işlevini gerçekleştirmektedir. Yapılarda jeotermal enerjinin kullanımı döşemeler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan sistemler; **jeotermal enerjinin direk kullanımı, ısı pompaları, elektrik üretimi** şeklinde sınıflandırılmaktadır.

- Direkt Kullanım- sıcak sudan ısı üretimi,
- Elektrik üretimi- yer ısısından elektrik üretimi,
- Isı pompası - ısıtma ve soğutma için yeraltı ısısını kullanmaktadır.

Tablo 3.2 Jeotermal enerjinin yapı bileşenlerinde kullanımı

Yapı bileşeni	Cephede	Çatıda	Döşemede
Jeotermal Enerji	-	-	Direk Kullanım Elektrik üretimi Isı pompası

3.2.1.1 Direkt Kullanım

Jeotermal sıcak su kaynakları yer kabuğuna yakın 2 mil kadar uzakta bulunmaktadır. Bu sıcak su kaynağı ısı sağlamak amacı ile direk kullanılabilir. Jeotermal rezervlerin oldukları yerlere sondaj yapılarak enerji

açığa çıkarılabilmektedir. Ve bu jeotermal enerjinin direk kullanımı olarak adlandırılmaktadır.

Jeotermal enerjinin direk kullanımı binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. İlk olarak banyo yapma, yemeklerin pişirilmesinde kullanılmaktadır. Günümüzde seracılık, balık çiftliklerinde ve kaplıcalarda kullanımı devam etmektedir. Güncel olarak ise yapıların ısıtılması ya da bir bölgenin ısıtılmasında jeotermal kaynaktan yararlanılmaktadır. Bu uygulamalar tüketilen enerji maliyetinde tasarruf sağlarken aynı zamanda yanan fosil yakıtlar tarafından yayılan hava kirliliğinin sadece küçük bir yüzdesini üretmektedirler.

Jeotermal enerjinin günümüzde modern kullanım sistemlerinde, kuyular jeotermal rezervlerinde açılmaktadır. Sıcak su ve akıntı bu şekilde sağlanmaktadır.

Düşük ve orta sıcaklıktaki (20° – 150° C) , jeotermal akışkanının direk kullanım sistem bileşenleri;

- Üretim tesisi(alanı)

-Sirkülasyon pompaları ve kuyusu(well) / kuyu içi pompası(downhole)

- Mekanik sistem

-İletim hatları(boruları) pipelines ve dağıtım şebekesi

-ısı değiştirici

-soğutma sistemleri(soğutucu)

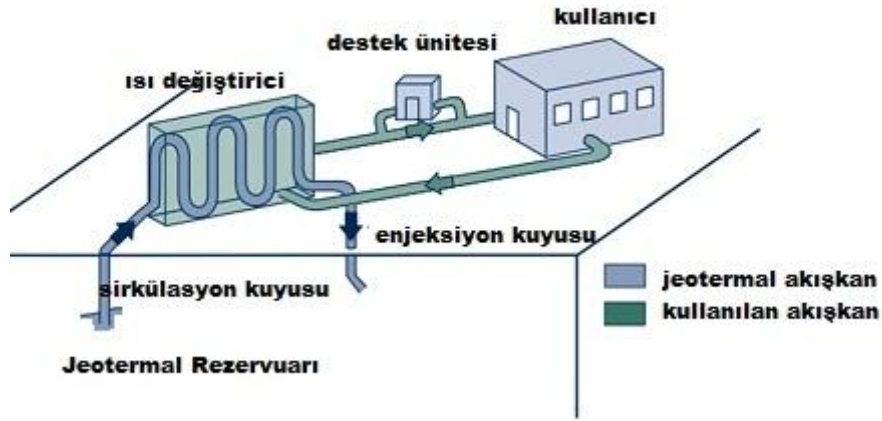
- Destek ünitesi

- Tasfiye sistemi (Disposal)

-depolama havuzu

-enjeksiyon kuyusu

Mekânîk sistem, boru, ısı değıştirici, kontrol mekânizması ve borular(well) aracılığı ile getirilen su, amaçlanan doğrultuda kullanım için dağıtılmaktadır. Kullanılan soğuk yeraltı suyu bir bertaraf sistemi (disposal system) tarafından geri enjekte edilmektedir ya da depolama havuzuna gönderilmektedir (Şekil 3.11) (Geothermal energy,2012).



Şekil 3.11 Jeotermal enerjinin direk kullanımı.(Geothermal energy,2012)

Kuyu içi pompası (downhole pump)

Akışkanın borulardan yüzeye çekilmesini sağlamaktadır. Özellikle geniş ölçekli yüzey uygulamalarında, kuyu içi eşanjörlerinin kullanımı gerekli olmaktadır. Akışkanın durumu, sıvı, buhar veya iki fazlı bir karışım olabilmektedir.

İletim hatları,

Akışkanı kaynağından uygulama sahasına taşımaktadır. Metal iletim hatlarındaki genleşme, akışkan sıcaklığını hızlı bir şekilde ısıtmaktadır. Ortaya çıkan basıncın karşılanması gerekmekte ve buda dikkatli mühendislik tasarımı gerektirmektedir. Jeotermal akışkanının doğrudan kullanım projelerinde iletim boru hatları ve dağıtım şebekelerinin maliyeti önemlidir. Özellikle jeotermal kaynağı ve uygulama sahası arasındaki mesafelerde bu maliyet önem taşımaktadır (Geothermal energy, 2012).

Isı değiştiriciler,

Jeotermal direk kullanım sistemleri jeotermal akışkanını kullanılan akışkandan ayırmak ve ısıyı yapıya göndermek için ısı değiştirici kullanmaktadır. Yani jeotermal akışkanından elde ettiği ısıyı ikincil bir akışkana iletme için kullanılmaktadır. Bireysel olarak bir oda ya da binanın ısıtılması, her odada bulunan ısı konvektörleri veya ısı yayıcı aracılığıyla bu ısıtılmış ikincil suyun geçirilmesi ile elde edilmektedir. Soğutma ise bir emme soğutma sistemi vasıtasıyla sağlanmaktadır.

Destek ünitesi,

Bu birim maksimum yükleme durumunu karşılamak için gerekli olabilmektedir. Bu, su sıcaklığını artırarak veya tank depolama sağlayarak yapılabilmektedir.

3.2.1.2 Elektrik üretimi

Jeotermal enerjinin doğrudan olmayan kullanımı elektrik enerjisine çevrilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Elektrik üretimi için sondaj kuyuları yer altı rezervuarlarında oluşturulmaktadır. Jeotermal alana bir kuyu açılmakta ve kuyudan alınan buharın bir jeneratörü alıştırması sağlanmaktadır. Hidroelektrik santrallerde yüksekten hızla düşen suyun enerjisinden yararlanıldığı gibi, jeotermal tesislerde de buharın enerjisinden yararlanılmaktadır. Buhar bir türbine yollanır ve türbinin dönmesi sağlanır. Hareket eden türbin elektrik üreten bir jeneratörü çalıştırmaktadır. Bunun sonucunda da elektrik üretilmektedir.

İlk jeotermal güç jeneratör 1904 yılında İtalya'da test edilmiştir. ABD'de ilk büyük ölçekli jeotermal elektrik santrali 1960 yılında faaliyete geçmiştir. 30 yıl sonunda net 11 megavat(MW) üretim gücü ile sonuçlanmıştır (Geothermal energy,2012).

Genellikle jeotermal elektrik santrallerinde kullanılan teknolojilerin türleri; ikili döngü, kuru buhar ve hava buhar santralleridir. Kuru buhar santralleri 150°C

jeotermal buharı, hava buhar 180°C, ikili döngü santralleri ise 100°C'deki jeotermal kaynağını kullanmaktadır.

Her jeotermal elektrik sistemi birkaç anahtar bileşenlerden oluşmaktadır:

- Üretim kuyusu
- Türbin
- Jeneratör
- Enjeksiyon kuyusu



Şekil 3.12 Kuzey Kaliforniya'da Santa Rosa yakınlarındaki Gayzer, dünyanın en büyük elektrik üreten jeotermal gelişmedir. (Geothermal energy,2012)

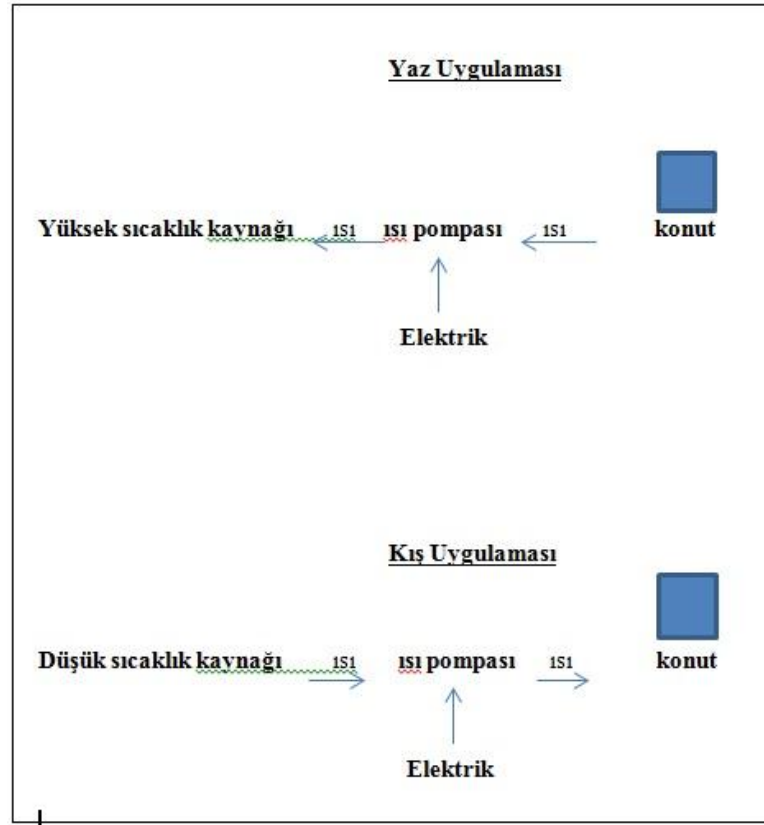
Çoğu binalar için bir jeotermal kaynağa doğrudan ulaşım durumu olmadığı için Jeotermal elektrik yeni inşaat veya büyük yenileme projeleri için yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji teknolojisi olmamaktadır. Jeotermal elektrik santralleri büyük yatırım gerektirdiği için bina ölçeğinde kullanıma imkan tanımamaktadır. Bir site, ancak, mevcut bir jeotermal elektrik santrali varsa kendi elektriğini buradan satın alabilmektedir.

3.2.1.3 Jeotermal Isı Pompaları

Jeotermal ısı pompaları, yeraltı ısıdan yapıların ısıtılması ve soğutulması amacıyla faydalanmaktadır. Mimaride en yaygın kullanılan sistem ısı pompalarıdır. Jeotermal ısı pompalarının verimlilik seviyeleri yüksektir ve bu nedenle tercih edilmektedir.

Kazılan her bir metreden alınabilecek ısı verimlilik katsayısı, yöreye göre toprağın nemine veya kuruluşuna bağlı olarak değişkenlik göstermekte ve yaklaşık olarak metre başına en az 65W ile en çok 100W arasında enerji elde edilebilmektedir (Renewable energy, 2012).

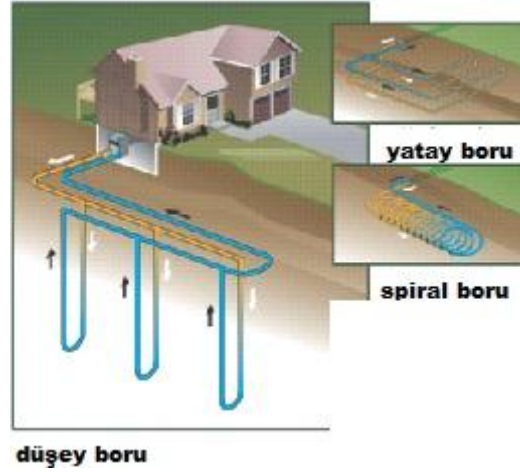
Jeotermal ısı pompası sistemleri temelde üç bölümden oluşmaktadır: zeminde yer alan ısı değiştirici, ısı pompa birimi ve hava dağıtım sistemi (kanal). Isı değiştirici temelde bir loop(döngü) olarak adlandırılan borulardan oluşan bir sistemdir ve yapı yakınında sığ bir yere gömülmektedir. Sıvı (genellikle su veya su ve antifriz karışımı) zemin içinde ısıyı emmek ya da bırakmak için borularda dolaşmaktadır. Kışın ısı pompası, ısıyı ısı değiştiriciden uzaklaştırmakta ve kapalı(iç mekân)hava dağıtım sistemi içine pompalamaktadır. Yazın ise süreç tersine işlemekte ve ısı pompası ısıyı iç mekândan çekerek ısı değiştiriciye iletmektedir. Yaz boyunca iç mekândan çıkarılan ısı, sıcak su elde etmek amacı ile kullanılabilir. Jeotermal ısı pompaları yeraltı ısını kullandığı için geleneksel ısıtma sistemlerinden daha az enerji kullanmaktadır. Sistem konutta soğutma amaçlı kullanıldığında daha verimli olmaktadır. Isı pompaları enerji ve ekonomi açısından tasarruf sağlamanın yanı sıra hava kirliliğinin azaltılmasına da yardımcı olmaktadır (Renewable energy, 2012).



Şekil 3.13 Isı pompası yaz ve kış uygulaması

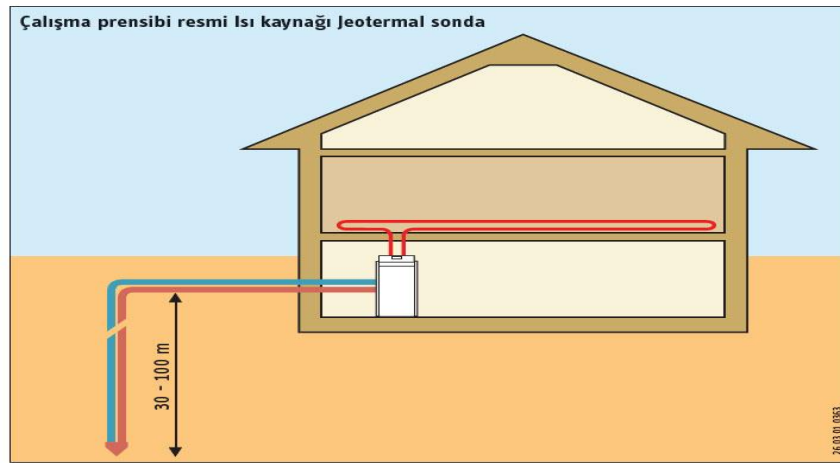
Isı iletim aracı olarak sistem içinde pompalanan sıvı, bu boru sisteminden geçip toprakla ısı değişimi yapmaktadır. Pompa sistemi borular içindeki ısı iletmekle görevli sıvıya hareket kazandırarak iç mekâna yönlendirmekle görevlidir.

Jeotermal ısı pompası üç türden oluşmaktadır: yatay, düşey ve spiral borulardan oluşan bu sistem arazi koşullarına göre yerleştirilmektedir (Şekil 3.14). Dikey döşeme maliyetin yüksek olması nedeniyle arazinin dar olduğu yerde kullanılmaktadır. Dikey tip uygulaması yeraltında ısının belli derinlikten sonra sabit olması sebebiyle daha verimlidir. Yatay tip uygulamalarda ise ısı değişimi sistemin verimini olumsuz etkilemektedir.



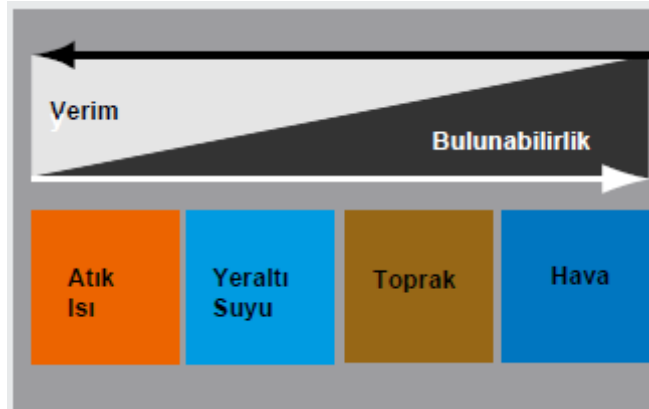
Şekil 3.14 Isı pompası uygulamaları
(Geothermal energy, 2012)

Jeotermal ısı pompasının kullanımı için yapılarda depo ve çevrim mekanizmasının kurulumu amaçlı bodrum kat gerekli olmaktadır. Toprak altında kalan borular ve açılan kuyu bu noktadan birbirine bağlanmaktadır. Sistem geniş yer kapladığı için bitişik nizam yerleşimler için uygun olmamaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Isı pompası bina bağlantısı (Isı pompası sistemleri, 2011)

Isı pompası, toprak, yeraltı ve yer üstü suları, çevre havası veya atık ısıyı enerji kaynağı olarak kullanabilmektedir (Şekil 3.16). Hangi enerji kaynağının kullanılacağı ısıtılacak mahalin yerleşimine, kaynağın elverişliliğine ve sürekliliğine bağlıdır.



Şekil 3.16 Isı Pompaları için Enerji Kaynakları
(Isı pompası sistemleri, 2011)

Hava: Kolaylıkla bulunabilir, ilk yatırım maliyeti düşüktür. Düşük dış hava sıcaklıklarında elektrikli ısıtıcı takviyesi gereklidir.

Toprak: Yeni binalarda en çok tercih edilen enerji kaynağıdır. Yüksek verime sahiptir. Toprak altına döşenen borular vasıtasıyla boru içerisindeki sıvı ile ısı yapıya iletilmektedir. Yazın iç mekândaki ısı çekilerek daha serin olan toprağa aktarılmaktadır. Kışın ise boru içindeki sıvı toprak altı ısınısını yakalayıp binaya getirmektedir.

Su: Su kalitesi ve özellikleri önemlidir. Genel olarak yüksek verimlidir.

Atık Isı: Kolaylıkla bulunabilir olmasına rağmen miktar ve sıcaklık seviyelerinin elverişsiz olması sebebi ile tercih edilmemektedir.

Jeotermal ısı pompaları geleneksel ısıtma sistemlerinden %25-%50 arası daha az elektrik harcamaktadırlar. Bu sistem yeni binalara kolayca entegre edilebildiği gibi eski binalarda da kullanılabilir.

3.3 Güneş Enerjisinin Yapı Bileşenlerinde Kullanımı

Tükenmez enerji kaynaklarından güneş enerjisi, yapılarda en kolay kullanılabilen ve kullanım alanı en geniş olan enerjidir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik açıdan pek çok çeşitliliğe sahiptir. Güneş enerjisi;

- Binaların iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma)

- Yapılarda, ısı ve elektriğe dayalı enerji sisteminin bir kısmının karşılanması,
- Kullanım suyu ısıtma, yüzme havuzu suyu ısıtma,
- Deniz suyu ya da kirli suyun arıtılması,
- Gündüz ve gece aydınlatması,
- Tarımsal teknolojide, sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulması,
- Güneş pilleri, güneş havuzları uygulaması,
- Ulaşım iletişim araçları, sinyalizyon ve otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinin mimaride kullanım şekilleri kullanım amaçlarına bağlı olarak değişmektedir. Güneş enerjisinden ısıtma ve soğutma amaçlı yararlanıldığı gibi, elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin mimaride kullanım sistemleri *pasif güneş enerji sistemleri* ve *aktif güneş enerji sistemleri* olarak ikiye ayrılmaktadır. Yapının tasarım aşamasında alınan kararlar ve önlemlerle güneş enerjisinden yararlanılması pasif sistemler olarak tanımlanırken, teknolojik ürünlerin kullanılmasına bağlı olarak güneşten yararlanılan sistemler ise aktif sistemlerdir.

3.3.1 Pasif Güneş Enerji Sistemleri

Pasif güneş sistemleri, güneş enerjisinden yararlanmada kullanılan en basit yoldur. Mimaride pasif sistem uygulamaları ile kış aylarında güneşten ısı kazançlarını arttırma, yaz aylarında ise doğal havalandırma, aydınlatma ve soğutma amaçlı faydalanılabilmektedir. Pasif güneş sistemleri, yapının tasarım aşamasında alınan kararlar ve bu kararlar doğrultusunda seçilen yapı malzemesi ile güneş enerjisinden etkin bir şekilde yararlanılmasıdır. Bu sistemler, ısı kaybına toleranslı ılıman iklim bölgeleri için uygundur. Sistemde kullanılan üç temel öge vardır. Bunlar:

- Toplama: Yapının güney-doğu ve güney-batı aksında açılan pencereler ile seralar, galeri, kış bahçeleri ve atriumlarla güneş enerjisinin toplanması ve ısıya dönüştürülmesidir.
- Depolama: Güneş enerjisi depolandıktan sonra ısının bir kısmı anında

kullanılmakta, kalan kısmı ise daha sonra kullanılmak üzere termal kütle olarak adlandırılan zemin ve duvarlara yayılmaktadır. Bu termal kütle, taş, tuğla veya sudan oluşturulabilmektedir.

- Dağıtım: Zeminde ve duvarlarda depolanan ısı, ısıtım ve taşıma yolu ile mekâna dağıtılmasıdır. Taşıma için fanlar, vantilatörler de kullanılmaktadır.

Pasif sistemler doğrudan ve dolaylı pasif sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrudan pasif sistemlerde güneş ışığı mekâna direkt alınarak kullanılmaktadır. Gündüz kullanılmayan enerji duvar ve döşemede depolanarak gece mekâna verilmektedir. Güneş enerjisinden yararlanılan en eski ve basit yöntemdir. Dolaylı pasif sistemlerde ise güneş enerjisi mekâna alınırken aynı zamanda depolanmaktadır.

Pasif sistemler yapı bileşenlerinde kullanılma olanaklarına göre üç başlık altında incelenecektir.

Tablo 3.3 Pasif güneş enerji sistemlerinin yapı bileşenlerinde kullanımı

Yapı bileşeni	Cephede	Çatıda	Döşemede
Pasif Güneş Enerji Sistemleri	ETFE Panel	Çatı pencereleri	Isı depolayıcı döşemeler
	Güneş Pencereleri		Ayrık açıklıklar
	Tromb Duvarı		
	Su Duvarı	Çatı açıklıkları	Kaya zemin-kış bahçesi
	Kış Bahçesi		
	Isısal Baca		

3.3.1.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Pasif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı

Günümüz çevresel sorunların mimaride etkisine bakıldığında, formun fonksiyonu izlediği değil aynı zamanda çevresel şartlara uyumu gerektiren bir yol izlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Çevreye duyarlı, ekolojik tasarım parametrelerine bağlı gerçekleşen mimari, doğayı ve çevreyi sömüren yapı olmaktan çıkıp, çevre şartlarına uyumlu bir sisteme dönüşme şansı yakalamaktadır. Bu amaçla yapıda güneş kontrolü, enerji tasarrufu ve bina içi konforu gibi kritik konular yapı

cephesinde uygulanan sistemlerle çözümlenmektedir. Bu çözümlerden biri yapıda güneş ışığından hem faydalanılması hem de konforlu iç mekân sıcaklığının sağlanması amaçlı cephede seçilen yapı malzemesi olarak *ETFE* kullanımıdır. Buna ek olarak, yapının güney cephesinde yapılan çeşitli uygulamalarla güneşten ısı kazanımı ve doğal havalandırma sağlanmaktadır. Mimaride kullanılan bu sistemler *güneş pencereleri, Tromb duvarı, su duvarı, kış bahçesi, termosifon sistemi, kaya zemin-kış bahçesi ısısal baca uygulamaları* gibi güneş sistem mantığı ile geliştirilen çözümlerdir. Yapılarda ısıtma enerjisi yükünü azaltan kontrollü ısı kazanımı, havalandırma ve aydınlatma enerjisi yükünü azaltan, doğal havalandırma sağlayan bu çözümler önemli yapı elemanlarıdır.

3.3.1.1.1 ETFE Kullanımı. Cephe sistemlerinin ve kullanılan malzemenin, yapının enerji etkinliğinde önemli rolü bulunmaktadır. Özellikle ofis binaları, alışveriş merkezleri, eğitim yapıları, sergi yapıları gibi kamusal yapılar ısınma, soğutma ve aydınlatma için gereksinim duydukları enerjiyi gün boyunca tüketirler. Bu açıdan yapılarda güneş enerjisinin kullanımı önemli boyutlarda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Yapı cephesi ve kullanılan malzeme bu noktada önemli olmaktadır. Özellikle kamu yapılarında kullanılan cam giydirme malzemeler güneş ışığından kazanım sağlarken istenmeyen ışığa ve ısı kayıplarına karşı önlem almayı da gerektirmektedir. Bu noktada çevresel açıdan daha sürdürülebilir malzeme olan ETFE, günümüzde enerji etkin binalarda kullanım olanağı açısından yaygınlaşmaktadır.

ETFE, yapı endüstrisinde modern yapılarda, kaplama malzeme olarak popülerlik kazanan yeni malzemedir. ETFE yapı endüstrisinde yeni olmasına rağmen plastik endüstrisinde yeni değildir. Kablo yalıtımında, yemek paketlemede kullanılmaktadır. İlk defa 1938’de Dr. Plunkett tarafından bulunmuştur. Mimaride, şeffaf olması, yüksek ısı yalıtımı özelliği, kendini temizleme özelliği, hafif ve enerji etkin olması sebebiyle cama alternatif olarak 1980’lerden bu yana kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. ETFE’nin yapı örtüsüne entegresi ile daha etkin ve düşük bakım gerektiren sonuç elde edilmektedir (Robinson,2005).

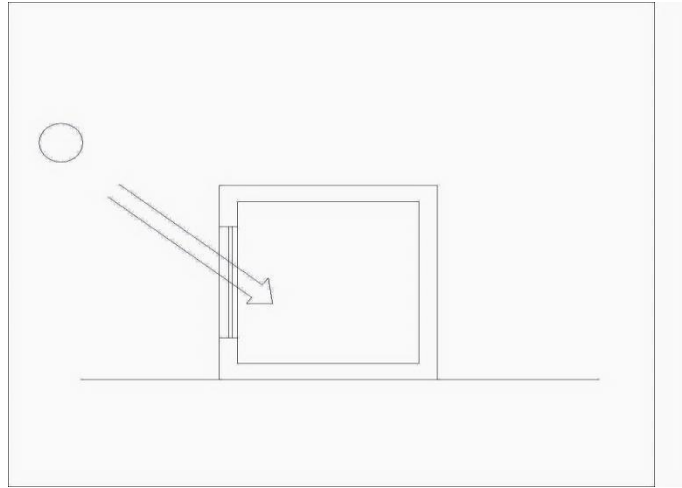
ETFE hava boşluklarından oluşan çeşitli katmanları içermektedir. Katmanlar arasındaki boşluk üzerine gelen yükleri taşımak için basınçlandırılmaktadır. Tipik ETFE tabakasının genişliği 1.2-1.55m'dir. ETFE film üç türde üretilebilmektedir; transparan, yarı-saydam ve çizgisel desen baskılıdır. Buna ek olarak renkli olarak da üretilebilmektedir. ETFE %94-97 ışık geçirgenliğine ve %83-88 ultraviyole ışık geçirgenliğine sahiptir. Bu yüksek ışık geçiş performansı ETFE'yi, sera ve botanik bahçelerde kullanımını popüler hale getirmektedir. Tamamen ışık geçirimi istenmediği için bu filmler farklı doku ve renklerde üretilebilmektedir. Solar kazancın azaltılması için yeni çözüm aktif olarak kontrol edilen farklı basınçlandırılmış hava boşluklarını içeren ETFE yastıklarıdır(pillow). Ortadaki katmanlar opak desenli olabilir ve sıra ile açılıp kapanarak uyarlanabilir gölgeleme sağlamaktadır. ETFE folyo yastık üç katmanlı camdan daha yüksek yalıtım göstermektedir. Tampon yüksek yalıtım sağlamaktadır, çünkü film katmanları arasında hava tutulmaktadır. ETFE filme eklenen ek katmanlarla yalıtım artırılmaktadır (Robinson,2005).

ETFE'nin sahip olduğu avantajlar; yüksek UV geçirimi, yüksek yalıtım, hafiflik, kendini temizleme, uzun ömürlü olmasıdır. Ekolojik özelliklere sahip bu yenilikçi malzeme bazı dezavantajlara sahiptir. ETFE boşluklarının fiziksel karakteristiği nedeniyle net bir görünüm sunmamaktadır, bu nedenle şeffaf yüzey uygulamaları için uygun olmamaktadır. ETFE kaplama sistemi yüksek ses geçişine sahiptir. Yastıklar dışardaki tüm sesi iletmektedir ve çatı yüzeyindeki yağmur damlaları gibi ek gürültü yaratmaktadır. Bu olumsuz etki akustik yalıtımı ile azaltılabilmektedir (Robinson,2005).

ETFE folyo birçok açıdan yapının çevresel performansını arttırmaktadır: ETFE şişme yastığının ağırlığı cam kaplama malzemedan %2 daha az olmakla birlikte sistemi oluşturan taşıyıcı sisteminin ağırlığı ise geleneksel cam-cephe strüktürün %10 ve %50'si kadardır. ETFE folyo şişme yastığının kullanımı, strüktürel kaplamayı destekleyen çelik, alüminyum gibi malzemelerin miktarını azaltmaktadır. Cama kıyasla şişme yastıklar oldukça iyi yalıtım özelliğine sahiptir. Bu sayede ısıtma ve soğutma için gerekli enerji tüketimi azaltılmaktadır Solar kazanç ETFE filmin

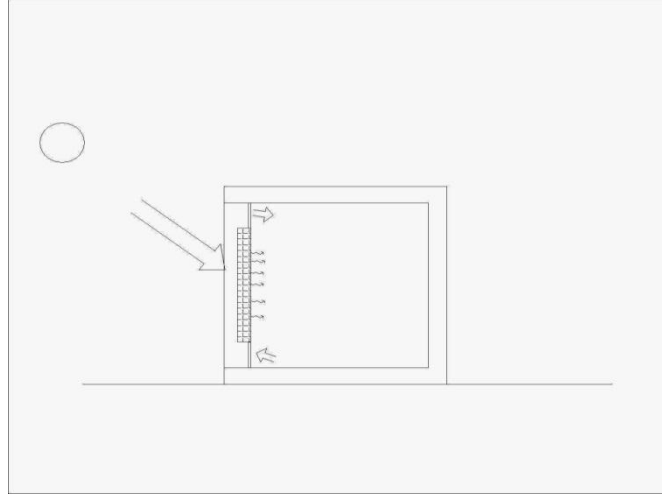
üzerine yerleştirilen low-E kaplama ile ya da desenli film kullanımı ile değiştirilebilmektedir. ETFE' nin ışığı yüksek oranda geçirmesi ile yapay aydınlatmaya olan ihtiyaç azalmaktadır. Sonuç olarak ETFE materyal cam malzemeye kıyasla daha çok sürdürülebilir alternatif sağlamaktadır (Robinson ,2005).

3.3.1.1.2 Güneş Pencereleeri. En basit ve etkin olan doğrudan kazanç sistemidir. Pencereleerin güneye yönlendirilmesi koşuldur. Güneş ışınları saydam yüzeyden içeri girerek mekânın masif duvarları ve döşemeleri tarafından absorbe edilerek ısı enerjisine dönüştürölmektedir. Mekân sıcaklığının azaldığı durumlarda, ısı masif duvarlardan taşınım ve ışınlım yolu ile geri verilir. Bu sistemin dezavantajı, yalıtım söz konusu olduğunda ısı korunumunun duvara göre zor olmasıdır. Isı korunumu için çift cam kullanılmalıdır (Şekil 3.17).



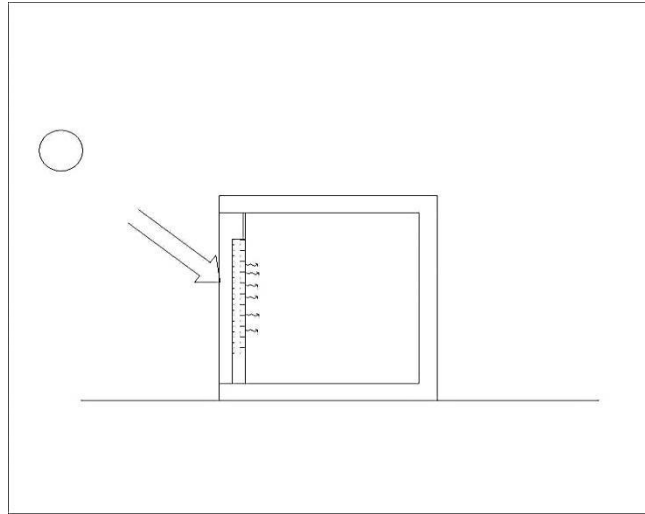
Şekil 3.17 Güneş penceresi uygulaması

3.3.1.1.3 Tromb Duvarı. Güneş penceresi uygulamalarında yansıtma, parlama, aşırı sıcaklık farklılıkları oluşması gibi sorunlar olabilmektedir. Bu tür sorunlar depolayıcı olarak işlev gören ve güneş ışınlarını direkt olarak alan cam yüzeyin arkasında ısı depolama özelliği olan ısı kütle düzenlenmesi ile oluşturulan kuruluşlar aracılığıyla çözülebilir. Tromb duvarı enerji etkin tasarımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş duvarının etkinliği direkt güneş ışınlım oranı, duvar yüzeyinin absorpsiyon gücü, duvar kalınlığı ve duvar malzemesinin yoğunluğu ve ısı depolama kapasitesi ile düzenlenen güneş kırıcı elemanlara bağılıdır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Tromb duvarı uygulaması

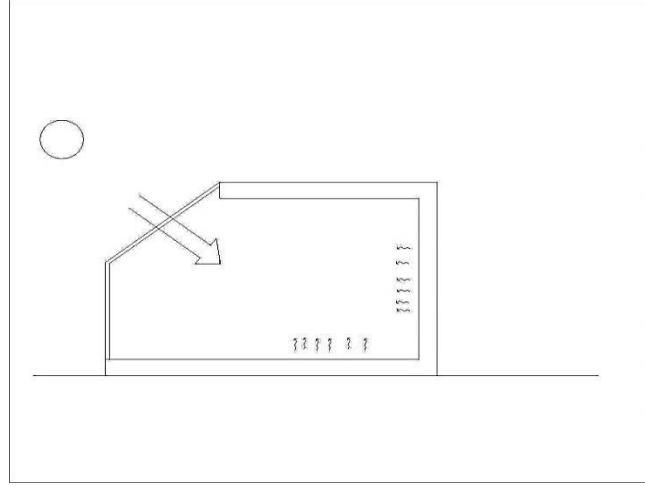
3.3.1.1.4 Su Duvarı. Masif duvara göre ısı tutuculuğu daha fazla olan su kütleleri termal kütle olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Su duvarı uygulaması

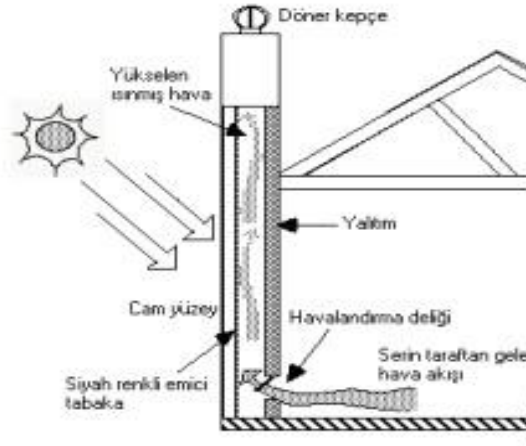
3.3.1.1.5 Kış Bahçesi. Kış bahçeleri güneye yönlendirilmiş, camın yoğun olarak kullanıldığı, içinde yaşanabilen sıcak hava toplaçları şeklinde tanımlanabilen mekânlardır. Kış bahçesi yapımıyla daha fazla ışınlım içeriye alınmakta ve ısıtılacak mekânlara direkt olarak ilişki kurulmaktadır (Şekil 3.20). Bu şekilde kendileri ile ilişkili mekân ikliminin dengede kalmasına katkıda bulunurlar. Sistemin en önemli yararlarından biri, ilave tesisat olmaksızın enerji kazancını artırmasıdır. Kış bahçeleri

mekânlardan taşınım yoluyla ısı kaybını engelleyerek tampon bölgeleri oluşturmaktadır. Ayrıca çevre ile direkt bağlantı sağlaması, aydınlık olması ve diğer mekânlara nazaran daha serin olması gibi özellikleri nedeniyle konfor sunarak, yaşam kalitesini arttırmaya katkıda bulunmaktadır. Tek kat yüksekliğinde düzenlenmesinin yanında, çok kat yüksekliğinde de düzenlenerek birden fazla mekâna hizmet verebilmektedir. (Danacı, Gültekin,2009)



Şekil 3.20 .Kış bahçesi uygulaması

3.3.1.1.6 Isısal Baca Uygulamaları. Isısal baca uygulaması ile güneş enerjisinden pasif yöntemlerle havalandırma ve soğutma amaçlı faydalanılabilmektedir. Bu yöntem yapının güney cephesinde düzenlenen çatı yüksekliğindeki bacadan oluşmaktadır(Şekil 3.21). Bacanın dış yüzeyi şeffaf cam kaplama olurken iç kısmı güneş ışınlarını emme amaçlı koyu metal malzeme ile kaplanmaktadır. Baca içerisindeki hava güneşin etkisiyle ısınarak yükselmekte ve bacadan dışarı çıkmaktadır. Rüzgâr hızı düşük olduğu zamanlarda, bacanın üst kısmına yerleştirilen dönen rüzgâr kepçesi ile havanın dışarı atılması hızlandırılmaktadır. Bacanın alt noktasından giren serin hava, hava sirkülasyonu oluşturmakta ve doğal havalandırma sağlanmaktadır (Esin, 2006).

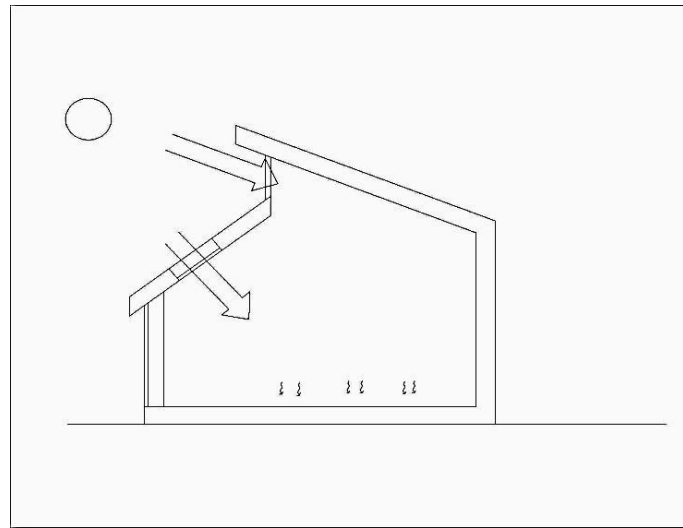


Şekil 3.21 Isısal baca uygulaması (Esin, 2006)

3.3.1.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Pasif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı

3.3.1.2.1 Çatı Pencereleeri. Güneş enerjisinden yararlanmak için cephede yeterli alanın olmadığı ya da cephenin önünde güneşten yararlanmayı engelleyen başka bir yapının bulunması durumunda çatı pencerelerinden yararlanılabilmektedir(Şekil 3.22).

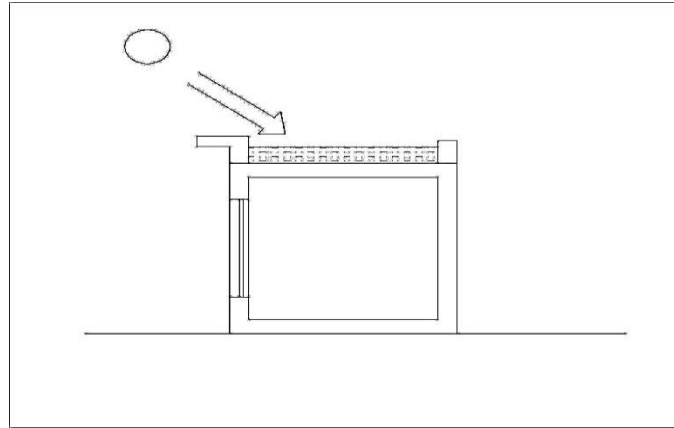
Bu sistem ısınan havanın yükselmesi ilkesine bağlı olarak, doğal havalandırma için çok uygun olmasına karşın kış mevsimi için ideal olmamaktadır. Kışın ısı yalıtımının yetersiz olduğu durumlarda ısısal konfor sağlanamamaktadır.



Şekil 3.22.Çatı pencereleri uygulaması

3.3.1.2.2 Çatı Açıklıkları. Çatıda ısıtma ve soğutma amaçlı olarak kullanılan bir diğer sistem ısıl kütle olarak suyun kullanıldığı çatı havuzu olarak adlandırılan çatı açıklıklarıdır (Şekil 3.23). Isıl kütle su olduğundan dolayı yapının üst döşemesi için iyi bir yalıtım şarttır.

Güneş enerjisinin içi su dolu havuz ya da plastik torbalar tarafından depolanması ve mekânın tavanlarından içeriye ısı olarak aktarılması ilkesine bağlıdır. Kış geceleri ısı kayıplarını engellemek amaçlı ısıl kütlenin üzeri kepenklerle kapatılırken, gündüzleri açılarak ısı kazancı sağlamaktadır. Yazın ise gündüzleri kepenkler kapatılarak aşırı ısı engellenmekte, gece açılarak yapının içinden ısı geçişi ile mekânın serinlemesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.23. Çatı açıklıkları uygulaması

3.3.1.3 Döşemede Yapı Bileşeni Olarak Pasif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı

3.3.1.3.1 Isı Depolayıcı Döşemeler. Pasif sistemler yoluyla güneşten ısı kazanımı yöntemlerinden biri ısı depolayıcı döşemelerdir. Eğik gelen kış güneşi mimari elemanlarıyla iç mekâna alınarak döşemelerde depolanmaktadır. Depolanan ısı, ışıınım ve taşınım yoluyla mekâna dağıtılmaktadır.

3.3.1.3.2 Ayrık Açıklıklar. Binanın üzerinde bulunduğu arazinin eğiminden faydalanılan bu sistem, binadan daha düşük bir koda yerleştirilen toplaç ile havanın ısıtılarak mekâna aktarılması ve mekânın ısıtılması ilkesine dayanmaktadır.

Toplaçta ısınan hava, doğal olarak yükselerek bina içine alınmakta ya da kanallar aracılığıyla bina zeminin altından geçirilerek zeminin ısınması, ardından yapı içine alınması, içerideki serin havanın ise toplaca iletilmesi prensibiyle sistem çalışmaktadır.

3.3.1.3.3 Kaya Zemin-Kış Bahçesi. Kış bahçesi destekli bu sistemde, kış bahçesinde yakalanan ısı, fanlar yardımıyla döşeme altındaki kayalarda depolanmak üzere pompalanmaktadır. Gece sıcak olması gereken hacmin küçültülmesi ve şeffaf bölümdeki ısı kayıplarını engellemek amacıyla havalandırma kapaklarının kapatılması gerekmektedir.

Sera etkisi yaratan kış bahçeleri kış ayları için uygun olmakla birlikte, yaz aylarında aşırı ısınmaya önlemek amaçlı güneş kırıcı gibi elemanlar kullanılmalıdır.

3.3.2. Aktif Güneş Enerji Sistemleri

Aktif güneş enerji sistemleri, güneş enerjisinin yapılarda etkin bir şekilde kullanımına olanak veren, amaca göre üretilmiş toplama sistemleri aracılığıyla, alınan güneş ışınlarını elektrik ve ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemler, çeşitli mekânîk ve elektronik sistemler bütünüdür. Mimaride aktif güneş enerjisi sistemleri üç başlık altında toplanabilmektedir.

- Fotovoltaik Sistemler(elektrik enerjisi üreten sistemler)
- PV/ Isıtma Sistemler (hem elektrik hem ısı enerjisi üreten sistemler)
- Güneş Enerjisi Toplayıcısı (güneş enerjili ısıtma sistemleri)

Tablo 3.4 Aktif güneş enerji sistemlerinin yapı bileşenlerinde kullanımı

Yapı bileşeni	Cephede	Çatıda	Döşemede
Aktif Güneş Enerji Sistemleri	Fotovoltaik Sistemler	PV Çatı Uygulamaları	-
	PV/Isıtma Sistemler	PV/Isıtma Kollektörler	-
	Güneş Kollektörleri	Güneş Kollektörleri	-

3.3.2.1 Cephede Yapı Bileşeni Olarak Aktif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı

Ekolojik bina anlayışının getirdiği enerji etkin yapı ilkeleri ile birlikte bütüncül tasarım yaklaşımının kabul görmesi, yasal düzenlemeler ve yaptırımlar, aktif güneş sistemlerinin üretiminde sağlanan teknolojik gelişmelerle birlikte, yapı kabuğu bileşenlerinde yapıyla bütünleşik aktif sistem uygulamaları hızla artmaktadır. Cephede tasarlanan aktif güneş sistemleri ile yapının ihtiyacı olan enerji sağlanmaktadır. Yapı kabuğu, doğrudan güneş ışınlarına maruz kaldığı için PV panellerin yapıda kullanımında en uygun bileşen olmaktadır. Bu sistemler özensiz kullanıldığında görsel açıdan uygun olmayan bir etki yaratabilmektedir. Aktif sistemlerin cephelere entegrasyonunda hem yeterli verimin alınabilmesi hem de yapı estetiğinde istenmeyen sonuçların doğmaması için bu sistemlerin yapının bir parçası olarak yani mimari öge olarak ele alınması olanaklıdır. Cephede yapı bileşeni olarak kullanılan ve enerji sağlayan aktif sistemler; *Fotovoltaik Sistemler* ve *Isıtma/PV Sistemler*'dir.

3.3.2.1.1 Fotovoltaik Sistemler. Güneş Pili veya Güneş Elektrliği olarak da bilinen fotovoltaik paneller, güneş ışığını elektrik akımına dönüştürerek elektrik enerjisi üreten yarı iletken sistemlerdir. PV' ler ilk kez 1839 yılında fizikçi Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Modern anlamda ilk güneş pili hücreleri, 1954 yılında uzay teknolojisi uydu araçlarında elektrik üretmek amaçlı kullanılmıştır. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bir PV hücrenin çıkış voltajı yaklaşık olarak 0.5 volt civarındadır. Güç çıkışını arttırmak için çok sayıdaki hücreler seri veya paralel bağlanarak fotovoltaik modülleri, modüller birleştirilerek panelleri, paneller birleşerek solar dizisini oluşturmaktadır (Uğur, 2006). Binalarda ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere bir çok sistemin ihtiyacı olan elektrliği sağlamaktadır. Ayrıca kırsal kesim elektrifikasyonu, şebekeden uzak çiftlikler, tarım sulaması, su pompalama, ikaz sistemlerinin çalıştırılması, haberleşme, hesap makineleri ve genel aydınlatma amaçlı olmak üzere uygulama alanı oldukça geniş sistemlerdir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak 1981 yılından itibaren yapılarda cephe ve çatılarda kullanılmaya başlanmıştır (Sick .& Erge 1996).

Boyutları ve formları üretim özelliklerine bağlı olarak değişen fotovoltaik hücreler genellikle 10x10 cm, yüzeyleri ise kare, dikdörtgen, daire şeklinde olabilmektedir.

PV paneller, yapımında kullanılan kristalin yapısına bağlı olarak farklı türlerde üretilmektedir. Genellikle tek kristal silisyum, çok kristal silisyum ve amorf silisyum olmak üzere üç farklı türde üretilir. Bunlara ek olarak son dönemde nanoPV üretimi gelişmektedir. PV hücreleri üretim teknolojilerine göre 3 başlık altında toplamak mümkündür:

İlki 1.nesil fotovoltaik olarak adlandırılan metal tabanlı teknolojilerdir. Güneş hücrelerin eldesi için kristal silikon kalıp kullanılmaktadır. Mono-kristal, poli-kristal PV paneller mimaride en yaygın kullanılan türlerdir. Mono-kristal panellerden %15 'in üzerinde verim elde edilebilmektedir. Poli-kristal paneller ise daha düşük maliyetle üretilmektedirler. Verimlilikleri ise mono-kristale oranla daha düşüktür ve %14 verim elde edilmektedir (Farkas, Andresen, Hestnes, 2009).

2.nesil ince film teknolojisi ise PV üretimindeki maliyeti düşürmek için daha az malzeme kullanımı ve daha hızlı üretim süreci ile geliştirilmiştir (Şekil 3.24). Homojen ince katman yaratmak için amorf silikon kullanılmaktadır. Bu şekilde hücre boyutundaki sınır kalkmaktadır. İnce film teknolojisi 1-2 mikrometre kalınlığında tabakalar üzerinde yarı iletken malzeme uygulanarak yapılan fotovoltaik üretim teknolojisidir. Bunun sonucu olarak fotovoltaik üretim maliyeti düşürülebilmektedir.. Bunun yanısıra eğimli, kıvrımlı yüzeyler için esnek tasarım imkanı sağlamaktadır. Bu panellerin verimlilik oranları %7-14 arasında değişmektedir (Farkas, Andresen, Hestnes,2009).



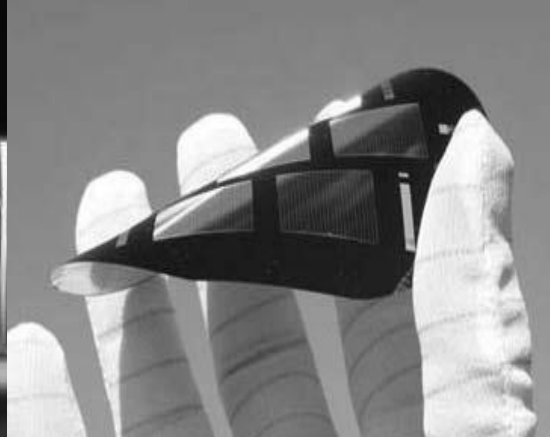
Şekil 3.24 İnce film PV panel görünüş
(PV.mitsubishielectric.co.uk)

3.nesil fotovoltaikler ise yukarda bahsedilen teknolojilere alternatif olarak ortaya nanoPV'ler (Nanotüp güneş hücreleri) çıkmıştır. Yarı iletken madde olarak TiO_2 (Titanyum Oksit) kullanılan NanoPV, mevcut güneş pili malzemelerine göre daha ince, daha esnek, daha hafif ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme verimi %8-%10 daha fazladır. Titanyum oksit, üzerine gelen güneş ışığını elektrik enerjisine çevirmekte, antibakteriyel özelliği sayesinde açığa çıkan enerjinin bir kısmını kullanarak kendini temizlemektedir. Bunun sonucunda binanın bakım giderlerinin azalmasına yardımcı olmaktadır (Köklü, 2011).

Yapıda kullanılacak olan güneş pili türüne bağlı olarak elde edilen enerji verimliliği de değişmektedir. Güneş pili seçiminde yapının çevresel etmenleri, mimari tasarım, yapının fonksiyonu, gerekli enerji ihtiyacı gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.25 Nano ince film yapısı
(Ayçam ve Kanan,2009)



Şekil 3.26 İnce film fotovoltaik örneği

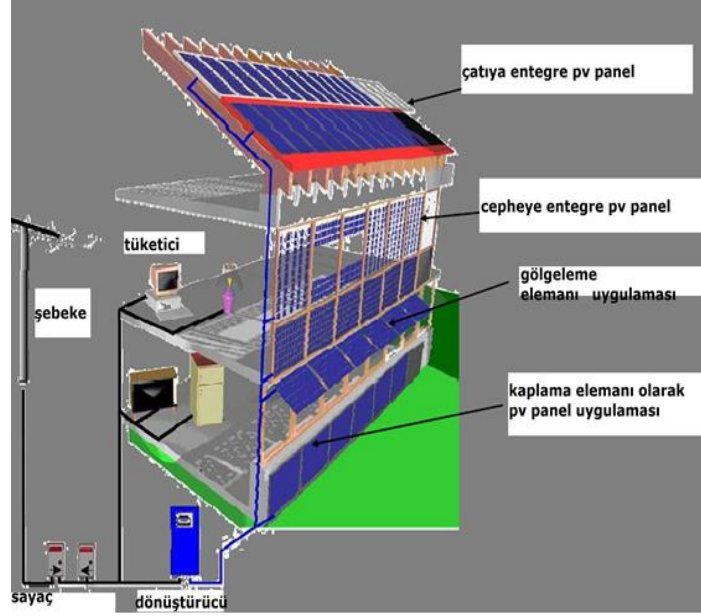
PV Panellerin Performansını Etkileyen Faktörler:

PV panellerin, güneşten aldığı enerjiyi etkin bir şekilde kullanıma aktarması, sistemin verimini belirleyen etkenlerin anlaşılması, uygulanmasına bağlıdır. Bu etkenleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Güneş pillerinin verim oranları, çalışma prensipleri bakımından maruz kaldıkları güneş ışınım değerlerinden ve güneş ışınlarının geliş açısından doğrudan etkilenirler. Uygulanacağı yerin yıllık güneş alma süresi, şiddeti, tasarım aşamasında etüt edilmelidir ve paneller güneş ışığını dik alacak şekilde uygun açıyla konumlandırılmalıdır. Kuzey-yarım kürede güneye, güney-yarım kürede kuzeye yerleştirilmelidir.
- Yapı üzerinde konumlandırılacağı yerin gölgede kalmayacak biçimde iyi belirlenmesi gerekmektedir.
- PV panellerin aşırı ısınması sistemi olumsuz etkilemektedir. Panellerin ısınmasını engellemek için panellerle yapı yüzeyi arasında boşluk bırakılarak havalandırma sağlanmalıdır. Panellerin aşırı ısınması sistemi olumsuz etkilediği gibi sert rüzgarlar da sistemin verimini düşürmektedir. Tasarım aşamasında yerel rüzgar rejimi göz önünde bulundurulmalıdır. Doğru tasarım kararları ile yerel rüzgar rejiminden faydalanılarak panellerdeki aşırı ısınma engellenebilmektedir.

Fotovoltaik Panellerin Yapı Bileşeni Olarak Cephede Kullanım Olanakları:

1. Duvar
2. Atrium ve saçaklar



Şekil 3.27 PV panellerin yapı bileşenlerinde kullanım metodları genel şeması (Green Retrofit Conference,2009)

1.Duvar

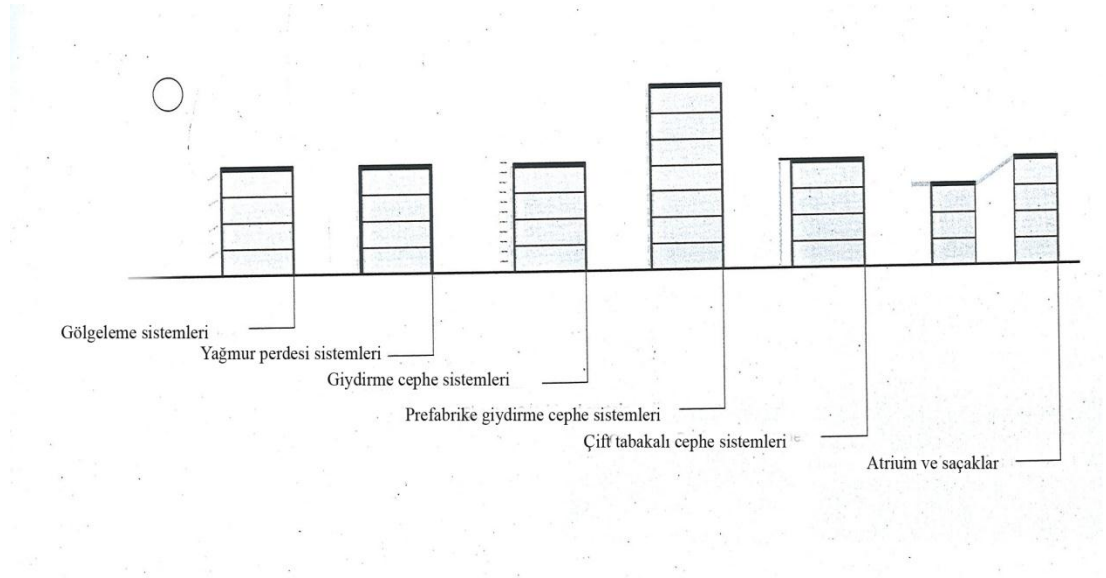
Duvarlar bir yapının düşey bölücü öğeleri olup yapıyı kapatarak her türlü dış etkenlere karşı korurlar (Türkçü, 2010).

Bina kabuğu iç mekân ve dış hava koşulları arasında arayüz oluşturmaktadır. Yapının dış çeperini oluşturan bu yapı elemanı, güneş ışığı, havalandırma, ısı kazancı kontrolü, koruma, sınırlama gibi pek çok fonksiyona sahiptir. PV paneller cepheye entegre edildiğinde yapının ihtiyaçlarını karşılayan fonksiyonu yerine getirmekte, aynı zamanda elektrik enerjisi üretmektedir. Farklı cephe sistemlerinde PV paneller uygulanabilmektedir (Şekil 3.28)(Roberts & Guariento 2009). Bu sistemler:

- Gölgeleme elemanı, (strüktüre eklendiği için en basit şekilde yapıya entegre

olabilmektedir. Elektrik üretiminin yanında güneşten koruma sağladığı için çift fonksiyon yerine getirmektedir).

- Yağmur perdesi, (geleneksel yapı elemanına dış yüzeyden monte edilmektedir.),
- Giydirme cephe sistemleri,(hafif giydirme cephe sistemlerinde opak yada şeffaf cam panel yerine PV panel uygulamasıdır),
- Çift tabakalı cephe sistemleri,
- Atrium ve saçaktır.



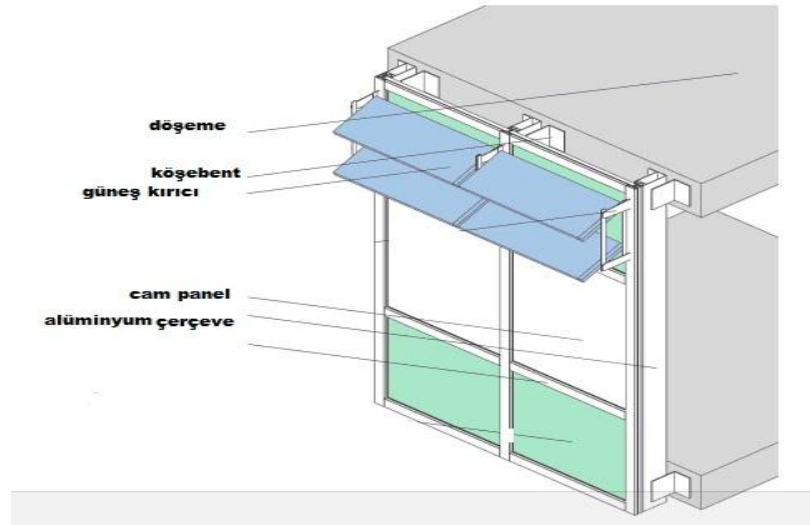
Şekil 3.28 Yapı bileşenlerinde PV panel entegrasyon seçenekleri (Roberts & Guariento 2009)

Gölgeleme Elemanı

Günümüz mimarisinde, yapı kullanıcılarının doğal ışıktan etkin bir şekilde faydalanması ve manzara gibi etkenlerden ötürü, şeffaf yüzeyler büyümekte, duvarların tamamı veya büyük bir bölümü cam olarak tasarlanmaktadır. Bu durum sıklıkla aşırı güneş ışığını engelleyici önlemleri gerektirmektedir.

Güneş kontrolü sağlamak için yatay, eğik veya düşey güneş kırıcılar tercih edilmektedir. PV modüllerin güneş kırıcılarla kombinasyonu, cam yüzey kullanımının arttığı yapılar için enerji etkinliği açısından iyi imkânlar sunmaktadır. PV modüllerin gölgeleme elemanı olarak kullanımı hem soğutma yükünün azaltılması hem de güneş enerjisinin kullanımı açısından somut şekilde enerji

korunumu sağlamaktadır. Bu gölgeleme elemanları PV modüllerden oluşturulduğunda hem bina konfor şartları sağlanmakta hem de elektrik enerjisi üretilmektedir (Şekil 3.29). Bu solar kontrol sistemleri güneye yönelmiş olan cephede yatay şekilde, batıya yönelmiş alan cephede ise düşey şekilde tasarlanmaktadır. Bazı güneş kırıcı sistemler otomatik olarak dönmekte, güneşin açısına göre uyarlanarak maksimum gölge sağlamaktadır (Roberts & Guariento 2009).



Şekil 3.29 Güneş kırıcı PV sistem detayı (Roberts & Guariento 2009)

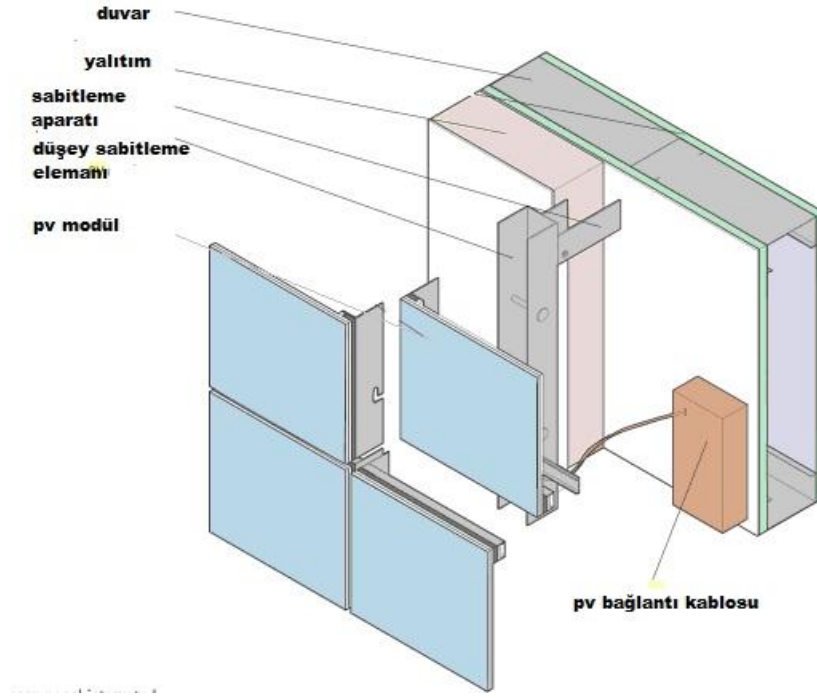
Gölgeleme elemanları direk yapı strüktürüne ya da kaplamanın çerçevesine monte edilmektedir. Yapının dışında olması nedeniyle rüzgâr yüküne karşı dayanıklı ve kolay bakım için ulaşılabilir olması gerekmektedir. Geniş kesitli güneş kırıcılar sıklıkla ana cepheye monte edilen yürüyüş platformuna entegre edilmektedir. Bu şekilde güneş kırıcıların bakımı sağlanmaktadır. Gölgeleme elemanlarının eğimli ve havalandırılabilir olması, verimliliği artırması açısından cephede kullanım için avantaj sağlamaktadır. Güneş kırıcılar bazı güneş açılarında kendi aralarında gölgeleme yarattığında elektrik üretiminde performansı düşürebilmektedir.



Şekil 3.30 Los Angeles’da bulunan Caltrans binasındaki PV modül entegre güneş kırıcılardan görünüm (Roberts & Guariento 2009)

Yağmur Perdesi

Yağmur perdesi, yapının dış yüzeyini yağmur, kar, aşırı güneş ısısı gibi atmosferik dış etkilerden koruyan yapı bileşenidir. Özellikle nemli iklim bölgelerinde yoğun yağmura maruz kalan dış kabuk, nem tarafından bozulmaya uğramaktadır. Nemin dış ortamdan iç ortama nüfuz etmesini engellemek için iç ve dış yüzey arasında hava boşluğu oluşturulması gerekmektedir. Yani dış duvarla yağmur perdesi hava boşluğu ile ayrılarak, dış hava koşullarına karşı bariyer oluşturmaktadır. Yağmur perdesi uygulamasında, farklı kaplama malzemesi çözümleri bulunmaktadır. Ahşap kaplama, taş ve plastik paneller, renkli cam kaplama yağmur perdesinde kullanılan panellerdir. Yağmur perdesi yeni ve mevcut binaların dış yüzeyine monte edilmektedir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 PV modül entegre yağmur perdesi detayı (Roberts & Guariento 2009)

Yağmur perdesi sistemleri opak birimlerden oluştuğunda, özellikle mevcut yapılarda PV modül entegrasyonunda çok değişiklik gerekmemektedir. Sistem, fotovoltaiik modüllerin duvar üzerinde oluşturulan ızgaraya yerleştirilmesiyle elde edilebilir. Panel arkasında bulunan havalandırma boşlukları, PV modüllerin açığa çıkardığı ısıyı azaltarak PV panellerin performansını artırmaktadır (Roberts & Guariento 2009).



Şekil 3.32 PV entegre yağmur perdesi uygulaması, Manchester College
(Manchester College of Arts and Technology, 2012)

Giydirme Cephe Sistemleri

Giydirme cepheler; bina taşıyıcı sisteminden bağımsız olup, bina dış yüzeylerine giydirilen, kendi yükü dışında yük taşımayan, binanın dış ortam ile ilişkisini iki yönlü bir filtre görevi görerek sağlayan dış örtü sistemleridir.

Giydirme cephe sistemlerinde, cam ya da kompozit panel yerine PV panel uygulanabilmektedir. Bu şekilde PV paneller yapı bileşenlerinin bir parçasına adapte olabilmekte, ayrıca bir strüktür gerektirmemektedir. Giydirme cephelerde farklı türde PV panel birlikte kullanılabilir. Yapının estetik kurgusu değişmeden enerji kazanımı sağlanmaktadır.

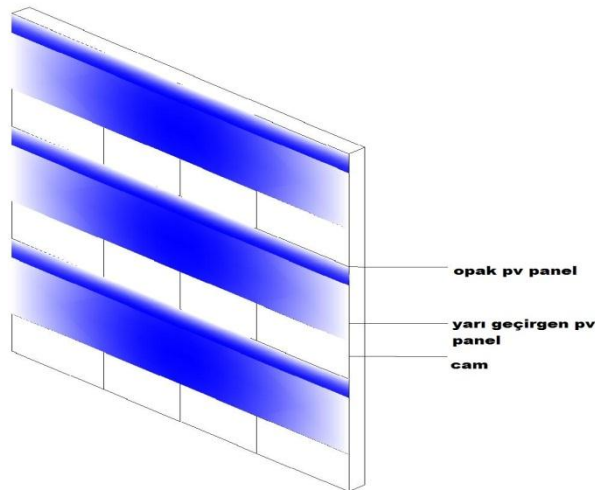
PV modüller binanın strüktürel sistemine taşınan metal ızgaraya monte edilmektedir. Giydirme cephe sisteminde güneş ışınlamından en iyi şekilde yararlanılması ve istenmeyen etkilerinden korunulması için kullanım amacına bağlı olarak opak, geçirgen ve yarı geçirgen PV panel organizasyonu kurgulanmaktadır. PV panellerin ısı geçirgenlik direnci ve güneş ışınlamını karşılayabilme açısı, sistemin performansını etkilemektedir. Bu kabuğun performansı güneş ışınlamalarını denetleme kapasitesi ve su/hava sızdırmazlık özelliği ile doğrudan bağlantılıdır. Yağmur perdesi

uygulamasına kıyasla, PV modüllerin arkasında havalandırma boşluğunun eksikliği durumunda enerji çıkışında azalma olabilmektedir. Giydirme cephe tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, paneller arasındaki bağlantı kutularının ve kablo geçişlerinin uygun şekilde yerleştirilebilmesi, güç kaybına neden olmayacak şekilde çözülebilesidir. Giydirme cephe PV sistemler uygulanma şekline göre ikiye ayrılmaktadır; çubuk sistem ve modüler sistem. Geleneksel giydirme cephe PV sistemleri çubuk sistemler olarak adlandırılmaktadır. Az katlı yapılarda, PV panellerin sahada taşıyıcı strüktüre monte edildiği sistemlerdir. Bu sistem, küçük ya da orta boyuttaki uygulamalar için ideal olmaktadır. Modüler sistemler, önüretimli sistemler olup yüksek yapılarda kullanılmaktadır (Roberts & Guariento 2009).

PV panellerin doğrudan bina düşey kabuğunu oluşturduğu giydirme cephe uygulamaları, biçimsel olarak düzlemsel, açılı/eğimli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Düzlemsel PV Panel Entegre Giydirme Cepheler

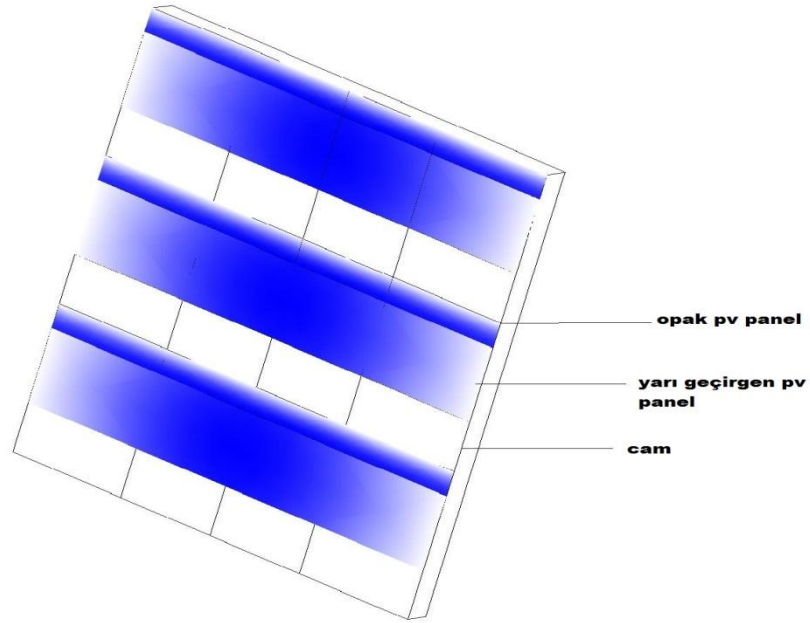
Düz kesitli giydirme cephelerde uygulanan PV panel uygulamalarıdır(Şekil 3.33). Uygun açıyla yönlenme olmaması açısından eğimli uygulamalara oranla güneşten enerji kazanımı daha azdır.



Şekil 3.33 Düzlemsel giydirme cephe uygulaması

Eğimli PV Panel Entegre Giydirme Cepheler

Yapım sistemlerindeki gelişime bağlı olarak giydirme cephe sistemlerinde özgür tasarımlar ortaya çıkmaktadır. Eğimli yüzeylerde kullanılan giydirme cephelerde cam yerine PV modüllerin kullanımına bağlı olarak güneş enerjisinden enerji elde edilmekte ve bu enerji güneş ışınları dik alındığı için düz yüzeyli cephelere oranla daha fazla olmaktadır. 40-60° eğimli yüzeylerde PV performansı optimum olmaktadır (Şekil 3.34)(Çelebi,2002).



Şekil 3.34 Eğimli giydirme cephe uygulaması

Çift Tabakalı Cephe Sistemleri

Yapı cephesinde, mimari öge olarak mimar ve müşteriler tarafından genellikle tercih edilen yapı elemanı, tek tabakalı geniş cam yüzey kullanımları olmaktadır. Cam yüzeyler yalıtımla duvara göre ısı kayıplarına daha az engel olabilmektedir. Kullanılan camın fiziksel özelliğine bağlı olarak, tamamen opak malzeme kaplı binaya kıyasla kışın ısıtma, yazın ise soğutma yükü fazla olmaktadır. Cephede, cam

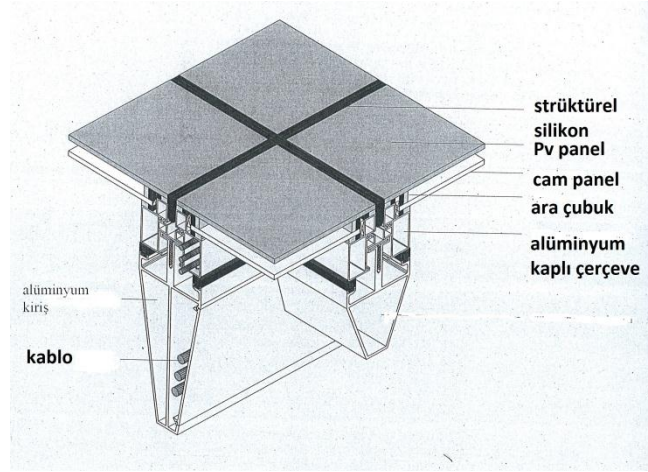
yüzey kullanımını, ısı kaçışlarını engelleyerek sağlamak için geliştirilen uygulamalardan biri çift tabakalı cephe sistemleridir.

Çift tabakalı cephe sistemleri, ‘yapı için de yapı’ olarak tanımlanabilmektedir. Bu cephe sisteminde iç yüzey bir hava boşluğu ile dış yüzeyden ayrılmaktadır. Yüksek cam bölmeli yapıların cephesindeki ısısal performansı artırmak amaçlı ilk kez 1970’de kullanılmaya başlanmıştır. Cam cepheler arasındaki tampon bölge doğal yollarla ya da mekanik sistemle havalandırıldığında yapının ısı yükünün azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

PV paneller havalandırma boşluğuna sahip çift tabakalı cephe sistemleriyle entegre olabilmektedir (Setting a new world standard in green building design, 2006). PV paneller temel fonksiyonu elektrik üretimi olmasının yanında, güneş kırıcı gibi davranarak iç mekânı aşırı güneş ısısından korumaktadır. PV panellerin arkasında kalan tampon bölgedeki etkin havalandırma sayesinde performansı artmaktadır. PV paneller katlar arasında döşemenin denk geldiği yerde opak ya da yarı-saydam olarak kullanılabilir.

2.Atrium ve Saçaklar

PV panellerden yüksek performans eldesi için en uygun yapı bileşeni yapıların yatay yüzeyleri olmaktadır. Bu sistem, atrium ve saçaklarda kullanıldığında, üzerine gölge düşmemesi, optimal eğim açısının yakalanabilir olması ve kolay havalandırılması nedeniyle performansı artmaktadır. PV panellerin birleşimi, iç mekândan görünmektedir (Şekil 3.35). Kullanılacak opak modül oranı güneşin uygun açısına göre ayarlanmaktadır. Özellikle camlı yüzey alanının yüzdesinin fazla olduğu durumlarda iç mekân konfor şartlarının kontrolü tasarımda önemli bir parametre olmaktadır. Yalıtımlı ya da opak bir yüzeye göre kışları ısı kayıpları, yazları ise ısı kazancı artmaktadır. Eğimin az olduğu durumlarda yaşanacak olumsuzluklar, cam yüzeyin altının yoğuşma olması ve üst yüzeyde kir birikme riski taşımasıdır (Roberts & Guariento 2009).



Şekil 3.35 Atrium ve saçaklara entegre PV panel detayı
(Roberts & Guariento 2009)



Şekil 3.36 Nottingham Üniversitesi'nde atriumda 450 m²'lik
PV panel kullanımı ile yıllık 52 MWh enerji elde edilmektedir.
(Gan& Riffat, 2001)

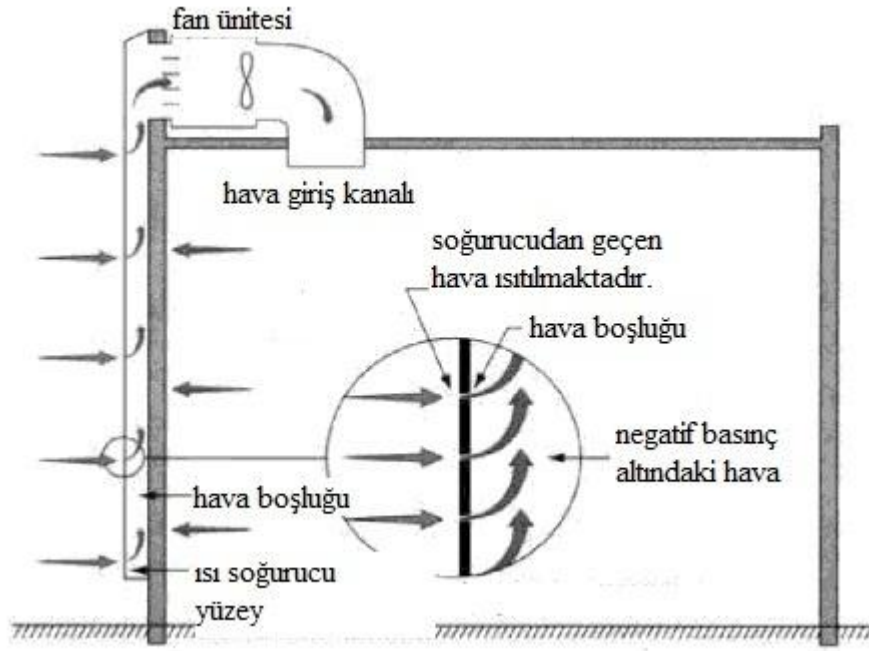
3.3.2.1.2. *PV/Isıtma Sistemler (PV/T sistemler)*.Güneş enerjisinin yapılarda aktif kullanım sistemlerinden PV paneller ile enerji sağlanmakta, buna bağlı olarak CO₂ emisyonu azaltılarak doğal çevre korunmaktadır. PV panellerin temiz enerji çözümü avantajlarının yanında sistemin bazı olumsuz yönleri bulunmaktadır. PV panellerin çalışma prensibine bakıldığında, bu sistemler ortam sıcaklığının yaklaşık 50° C üzerinde çalışmaktadır ki bu da %25’den daha fazla oranda performansın azalmasına neden olmaktadır. PV panellerde her 1°C derecelik artış için elektrik çıkış verimliliğinde %0.4 ve % 0.5 arasında düşüş yaşanmaktadır. Geleneksel PV paneller, güneş ışınımının %15’ini elektrik enerjisine çevirmekte, geri kalan %90’ı ısıya dönüşmektedir. PV panellerdeki bu problemler elektrik verimliliğinde azalmaya neden olmaktadır. PV panellerin soğutulması ile sorun ortadan kalkabilmektedir. Bu problemin çözümüne bağlı olarak PV/T sistemler geliştirilmiştir. PV/T (Termal /Fotovoltaik) sistemler, PV panelin arkasında oluşturulan hava boşluğundaki ısınan havanın, mekânîk yollarla ısı dönüşüm sistemine aktarılmasıdır. Bu ısı kışın, iç mekâna alınan temiz havanın ısıtılmasında kullanılmaktadır. PV’ lerde üretilen/açığa çıkan ısı enerjisinin kullanımıyla PV/T’ler yalnızca elektrik enerjisi değil ısı enerjisi de üretebilmektedir. Yazın ise, dışardan alınan hava PV paneli soğutarak dış mekâna verilmektedir (Roberts & Guariento 2009).

Sistemin avantajları ise şunlardır:

- PV/T sisteminin uygulanmasıyla hem ısı hem elektrik enerjisi sağlanmakta, enerji verimliliği arttırılabilmektedir.
- Isı ve elektrik enerjisi için kullanılan toplam alan ayrı sistem için gerekli olan alandan daha az olabilmektedir.
- Cephe estetik açıdan daha düzgün bir görünüme sahip olmaktadır.

3.3.2.1.3 *Güneş Kollektörleri (Güneş duvar sistemleri)*.Enerji kaynaklarının sınırlı olması ve kullanılan fosil yakıtların olumsuz çevresel etkileri insan sağlığı, ekoloji ve ekonomik gelişme gibi pek çok alanı etkilemektedir. Bu sorun modern yapı teknolojilerindeki gelişmeleri, fosil tabanlı enerji kaynaklarının yerini yenilenebilir enerji kaynaklarının alması gerekliliği doğrultusunda yönlendirmektedir. Güneş kolektörlerinin bir türevi olan solar duvar uygulamaları, bu soruna istinaden son

dönemde üzerinde çalışılan güneş enerjisi teknolojileridir. Çevre kirliliğini azaltması, kışları ısıtma maliyetini düşürmesi, iç mekâna temiz hava sağlaması sürdürülebilir enerji kullanımı açısından pozitif etki yaratmaktadır. Bu sistem iç mekâna sıcak hava sağlamasının yanında, havalandırmada, fabrikaların ısıtılmasında, tarımsal kurutma işlemlerinde kullanılmaktadır. Güneş kolektörleri yapının bir parçası olarak tasarlanmaktadır. Pasif güneş sistemi uygulamalarında gördüğümüz güneş duvarı prensibi ile aynı doğrultuda geliştirilen uygulamadır. Güneş duvarından farklı olarak güneş ışınımı masif duvarla değil delikli metal yüzeyle alınmakta ve teknik mekanizma ile yapı içine iletilmektedir.

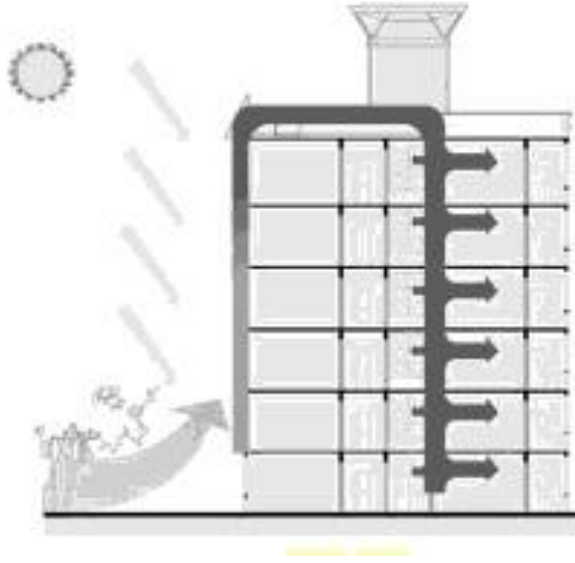


Şekil 3.37 Güneş kolektörü ısıtma-havalandırma sistemi (Chongjie, & Yibing, 2009).

Sistem güneş enerjisinden yararlanma amaçlı metal duvar, hava boşluğu ve fanlardan oluşmaktadır. Metal paneller üzerinde güneş ısısının soğurulduğu delikler bulunmaktadır. Panellerin arkasında oluşturulan negatif basınç sayesinde soğurulan hava, paneller tarafından emilen güneş enerjisi ile ısıtılmaktadır. Isıtılan hava, binanın mevcut havalandırma sistemi ile ya da fan kanalı ile yapıya aktarılmaktadır. (Şekil 3.37)

Kışları; Hava güneşli olduğunda sistem havanın ısısını 17°C'den 45°C'ye kadar yükseltebilmektedir. Bulutlu günlerde de etkin bir şekilde çalışarak %25 oranında güneş ısısını soğurmaktadır. (Chongjie, & Yibing, 2009).

Yazları; Solar duvar, ısı dönüştürücü sistem tarafından kontrol edilmekte, bu şekilde soğuk rüzgar iç mekana verilerek soğutma yükü hafifletilmektedir.



Şekil 3.38 Shandong JJianzhu Üniversitesi öğrenci yurdunda güney cephesinde 143m² güneş kolektörü uygulaması (Chongjie, & Yibing, 2009)

Sistem tek başına havalandırma ve ısıtma amaçlı kullanıldığı gibi üzerine PV panel entegrasyonu sağlanabilmektedir. Bu sistem PV panellerin ısısını azalttığı için verimliliği artırmaktadır.

3.3.2.2 Çatıda Yapı Bileşeni Olarak Aktif Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımı

Çatılar yapıyı dış atmosferik etkilerden koruyan yatay yapı elemanı olmaktadır. Binanın yer aldığı iklim koşullarına bağlı olarak, eğim açısı ve kullanılan malzeme farklılık göstermektedir. Aktif güneş enerji sistemleri, yapı cephelerinde uygulanabildiği gibi çatılarda da farklı sistemler ile güneş enerjisinin kullanımı ve

enerji eldesi mümkün olmaktadır. Çatıda uygulanan aktif güneş sistemleri *PV Çatı Uygulamaları, PV/Isıtma Kolektörler ve Güneş Kollektörleri*’dir.

3.3.2.2.1 PV Çatı Uygulamaları. Yapılı çevre, birçok PV uygulamasının yapı kabuğunun farklı bileşenlerine entegrasyonuna imkân tanımaktadır. Çatılar, binanın güneşe maruz kalan elemanı olarak PV entegrasyonu için uygun yapı bileşenidir. PV paneller çatıya uygulandığı zaman cephede kullanımına oranla daha yüksek verim elde edilmektedir. Bunun nedeni, çatıda kullanımın PV panellere eğim verme imkânını tanınmasıdır. Bu şekilde güneş ışınları panel yüzeyine dik olarak gelmektedir ve verim artmaktadır. Diğer avantajı ise çatıda kullanılan PV panellerin üzerine gölge düşme oranının daha düşük olmasıdır. Fotovoltaik paneller çatı üzerine uygulanırken, çatının konstrüksiyon ve yalıtım katmanlarına zarar vermeyecek şekilde montaj detaylarının belirlenmesi gerekmektedir (Bekar, 2007).

PV panellerin çatı uygulamaları *Bina Monte PV Sistemler ve Bina Entegre PV Sistemler* olarak ikiye ayrılmaktadır.

Bina Monte PV Sistemler

PV panellerin yapılarda çatıda kullanımı genellikle çatı kaplamasının üzerine monte edilerek sağlanmaktadır. PV paneller mevcut binanın çatısına sonradan uygulanabilmekte ya da tasarım aşamasında alınan kararlar ile çatı kaplama malzemesinin üzerine monte edilebilmektedir.

Çatının durumuna ve eğimine göre hazırlanan, standart boyuttaki çerçeveli PV paneller, özel destek ve bağlantı profilleri ile raylı sistem üzerine yerleştirilmektedir (Şekil 3.39). Bu birleşim farklı boyuttaki PV panellerin birçok çatı tipine monte edilme imkanı tanımaktadır. PV panellerden yeterli enerji sağlanabilmesi için gerekli eğim açısı, çatının mevcut eğimi ile sağlanmış olmaktadır. Bu uygulama çatı strüktürü ve panel arasında havalandırma boşluğu bırakılmasına olanak sağlamaktadır. Sonuç olarak PV panellerin ısısı azaltılmış olmakta ve enerji verimliliği de artmaktadır (Brownstone,2004).



Şekil 3.39 Eğimli çatıda PV panel kurulumu
(Roof Mounted Photo-Voltaics,n.d,2012)

Düz çatı uygulamalarında, panellerin güneşe uygun açıda konumlandırılabilmesi için açılı özel metal çerçevelere oturtulması gerekmektedir (Şekil 3.40). Sistem beton yapıya ya da yapı strüktürüne sabitlenebilmektedir. PV paneller, güneşten enerji kazanımını artırmak için 15 derece açı ile monte edilmektedir. PV paneller güneşe yönlendirildiğinde elektrik çıkış gücünde artış olmaktadır (Frame Mounted Pv Panels, 2012).



Şekil 3.40 Düz çatıda PV panel kurulumu
(Mounting a Solar PV System, 2012)

Bina Entegre PV Sistemler

Güneş enerjisinin kullanımındaki yenilikçi teknolojiler, PV ürünlerin yapı bileşenlerinin bir parçası şeklinde tasarlanmasına olanak tanımaktadır. Çatılar, normal çatı kaplama malzemeleri (kiremit, çatı membranı, asfalt shingle,cam) ile PV ürünlerin yer değiştirildiği alanlarda olabilmektedir. PV ürünler, çatı kaplamasının

yerine geçtiğinde, fonksiyonel olarak hem çatının dış atmosferik etkilerden korunması hem de güneş enerjisinden enerji üretimi sağlanması olanaklıdır. Bu sistem, enerji ve ekonomik etkinliğin sağlanması açısından yapıya pozitif etki sunmaktadır (Brownstone, 2004).

St. Peter's Katedral kabul salonu 5000 m² 'lik çatısı, yenileme projesi kapsamında, binaya entegre sistem ile 2394 adet PV modül ile kaplanmıştır (Şekil 3.41). Güneş panelleri, 4800 bozulmuş beton kiremit yerini almıştır ve 221.59 KWp enerji üretimi olmaktadır. Yeni çatı, optimum elektrik üretimi sağlayan yansıtıcı malzeme yardımı ile güneş ışınlarının toplanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, güneş panelleri ile çatı üzerinde oluşturulan gölge, klima için gerekli enerjiyi azaltmaktadır (Pagliaro, 2009).

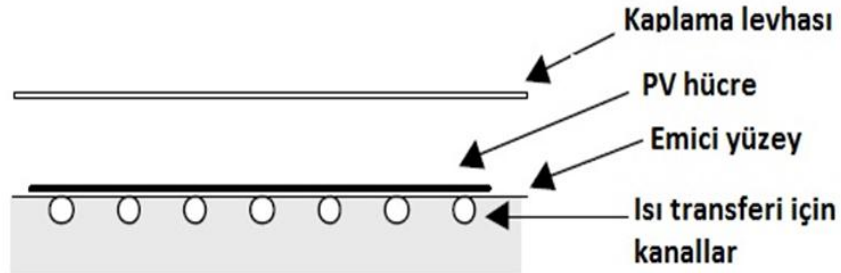


Şekil 3.41 St. Peter's Katedral PV panel entegre çatısından görünüm (Pagliaro, 2009)

3.3.2.2.2 PV/Isıtma Kollektörler(PV/T kollektörler). Temel olarak solar termal kollektörden geliştirilen, emici yüzeyle donatılan sistemlerdir. Kollektörler, güneş radyasyonunu absorbe ederek toplamaktadır. Elektrikli fanlar ya da pompalama sistemleri, kollektörden akışkan vasıtasıyla iletilen güneş ısını iç mekâna ya da depolama birimine aktarmaktadır. Sistem güneşten hem elektrik hem de iç mekân için ısı ya da sıcak su sağlamaktadır (Active solar heating, 2012).

Sıvı PV/T Kollektörler

Bu sistemler için su, ısı transferi sıvısı olarak kullanılır. PV hücreler ya doğrudan emici yüzey üzerine ya da kaplama malzemesinin iç kısmına yalıtkan(dielektrik) malzeme ile yapıştırılmaktadır. Isı transferi sıvısı emici kanallarda dolaşarak ısıyı toplamaktadır (Şekil 3.42). PV hücreler emici yüzey üzerine yapıştırılırsa, PV hücrelerden ısının çekilmesiyle PV hücrelerin elektriksel verimliliğinde artış olmaktadır. Kullanılabilir ısı enerjisi kanalların sonundan elde edilir. Kanallar seri ya da paralel şekilde bağlanabilmektedir ki bu da sistemin verimliliğini etkilemektedir. Isı transfer akışkanı ya pompa sistemi ya da ısı transfer sıvısının (yerçekimi sistemi) özgül ağırlık farkı ile dağıtılmaktadır. Sıvı PV/T kollektörler depolama sisteminin olduğu durumlarda daha fazla tercih edilmektedir ve yerden ısıtma sistemleri için uygun olmaktadır (Photovoltaics/thermal Solar Energy Systems Status of the technology and roadmap for future development.(n.d.),2010).

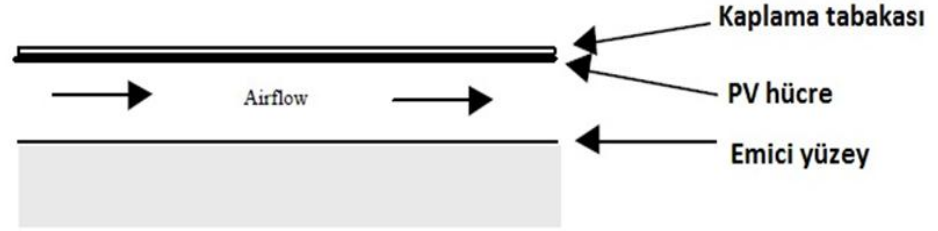


Şekil 3.42 Tipik Sıvı PV/T kollektör
(Photovoltaics/thermal Solar Energy Systems Status of the technology
and roadmap for future development.(n.d.)2010)

Havalı PV/T Kollektörler

Su yerine ısı iletim akışkanı olarak hava kullanılan sistemdir. Hem ısı hem elektrik enerjisi üretmektedir. Sistem fan ve fotovoltaik hücre ile entegre güneş kollektöründen oluşmaktadır. PV hücreler ya doğrudan emici yüzey üzerine ya da kaplama malzemesinin iç kısmına yapıştırılmaktadır veya kendisi emici yüzey ya da

kaplama tabakası olarak rol almaktadır (Şekil 3.43). Sistemdeki fan, dış havayı kollektörün arkasındaki delikli alüminyum panel vasıtasıyla çekmektedir. Kollektörlerde ısıtılan hava, doğal havalandırma ya da fan yardımıyla dağıtılmaktadır (Photovoltaics/thermal Solar Energy Systems Status of the technology and roadmap for future development.(n.d.),2010).



Şekil 3.43 Tipik Havalı PV/T kollektör
(Photovoltaics/thermal Solar Energy Systems Status of the technology and roadmap for future development.(n.d.)2010)

3.3.2.2.3 Güneş Kollektörleri.Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanılan bir başka yöntemdir. Güneş kollektörleri güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran, güneş enerjisinden sıcak su üreten aygıtlardır (Şekil 3.44). Güneşten yayılan radyasyonun toplanması ve yoğunlaştırılması prensibine dayanmaktadır. Elde edinilen ısı sistemdeki suyu ısıtmaktadır. Yaygın olarak konutlarda sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır. Güneş kollektörleri, güneşten en iyi şekilde verim almak için sabit açıyla çatıya yerleştirilmektedir.



Şekil 3.44 Güneş kollektörü çatı üstü montajı
(Güneş Kollektörü Montaj Kiti, 2012)

BÖLÜM DÖRT

EKOLOJİK YAPI ÖRNEKLERİNİN YAPI BİLEŞENİ ÖLÇEĞİNDE

İNCELENMESİ

4.1 Dünyadan Örnekler

Bu bölümde, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşenlerinde kullanım yöntemlerinin örneklerle somutlaştırılması amacı ile çeşitli yurtdışı bina örnekleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yapımı gerçekleşen projelerin yanı sıra yenileme projeleri de incelenen binalar arasında yerini almıştır. Ele alınan binalarda öncelikle, işlevi, yeri, yapım yılı, mimarın yer aldığı proje künyesi oluşturulmuştur. Her proje iki başlık altında incelenmiştir. İlk olarak genel özellikler başlığı altında yapının tasarım özellikleri, enerji etkin bina olma kriterleri ile ilgili bilgi verilmiştir. İkinci olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının, yapı bileşeni olarak tanımlanan cephe, çatı, döşemede hangi sistemler vasıtasıyla kullanıldığı, yapıya ne şekilde entegre olduğu açıklanmıştır. Her proje için oluşturulan tabloda, yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş, rüzgar ve jeotermal enerjinin aktif ve pasif kullanım sistemleri; cephe, çatı, döşeme gibi kullanıldığı yapı elemanı ile entegrasyon şekli ve kullanım amacı sınıflandırılmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşenlerinde kullanımı açısından incelenen projeler aşağıda listelenmiştir:

1. BedZed Konutları
2. Kaliforniya Bilim Akademisi
3. Canton Tower
4. CH₂ Yerel Yönetim Binası
5. Concordia Üniversitesi
6. Devonshire Üniversitesi Araştırma Merkezi
7. Duales System Pavilion
8. Green Pix Eğlence Merkezi
9. Iguzzini Genel Merkezi
10. Kuzey Apartmanları
11. K2 Apartmanları

12. Kaohsiung Stadyumu
13. Strata Tower
14. Mataro Kütüphanesi
15. Media- İct Ofis Binası
16. Monitoba Hydro Ofis Binası
17. Reichstag Alman Parlamento Binası
18. Sieeb Araştırma ve Eğitim Merkezi
19. Su Kübü
20. Suvarhonabi Havaalanı
21. Twelve West

4.1.1 BedZed Konutlar

İşlev	Rezidans
Yer	İngiltere
Yapım Yılı	2009
Mimari Tasarım	ZEDfactory
İnşaat Alanı	602 m ² (6 konut)



4.1.1.1 Genel Özellikler

BedZed konut yerleşimi, sürdürülebilir kentsel gelişme alanında, ulusal ölçekte uygulanan en iyi örnektir. Yapı çeşitli yenilenebilir enerji teknolojileri, ısı geri kazanımlı havalandırma, yüksek düzeyde ısı yalıtımı uygulamaları ile düşük enerjili termal performans sağlamayı hedeflemektedir. Aktif ve pasif yenilenebilir enerji sistem uygulamaları ile yapının ısıtma, soğutma, aydınlatma için gereken enerjinin karşılanması amaçlanmaktadır.

4.1.1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.1.2.1 Cephe.

Termal Kütle

Yıl boyunca pasif iklimlendirmeden yararlanıldığı, ısıtma ve soğutma için mekanik sistem ihtiyacının ortadan kalktığı projede cephe, yüksek yalıtım, yüksek ısıtılabilir kütlesiz (ağır agregalı beton duvar), enerji performansı yüksek yapısı ile güneş enerjisi ile ısıtılmakta, pasif yöntemlerle havalandırılıp soğutulmaktadır. Binalardaki termal kütle, güneş ısısın depolayarak mekâna vermekte ve iç mekan konfor sıcaklığını sürekli sağlamaktadır (Utkutuğ,2007).

PV Hücre

Güneş ışınımından yararlanmak için konut blokları güneye yönlendirilmiştir ve yüksek performanslı pencere ve geniş cam yüzeyler ile solar kazanç artırımı hedeflenmiştir. Güney cephesinde camlara lamine monokristalin PV hücreler elektrik kazanımının yanı sıra gölge de sağlamaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Güney cephesinde elektrik enerjisi ve gölgeleme fonksiyonunu sağlayan PV hücre lamine cam uygulaması (Twinn,2003)

4.1.1.2.1 Çatı.

Rüzgâr Kepçesi

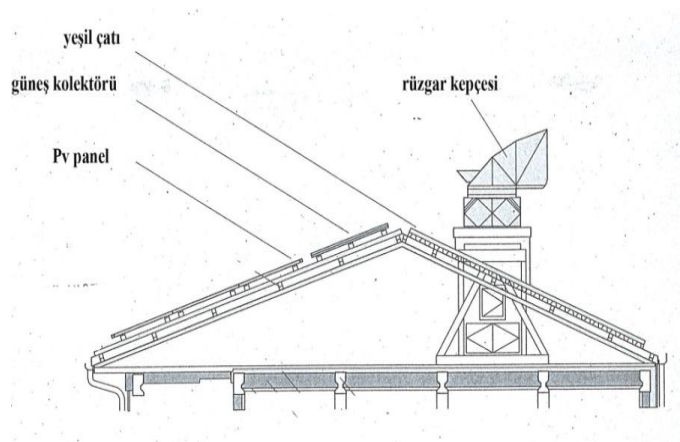
Yapıda, mekân serinletme için alışlagelmiş konvansiyonel havalandırma sistemi tercih edilmemiştir. Taze hava girişinin sağlaması, yoğunlaşma kontrolü açısından kontrollü havalandırma için havalandırma bacası tasarlanmıştır (Şekil 4.2). Bu bacalar rüzgarın pozitif ve negatif basıncından yararlanarak havayı emmekte ve dışarı atarak doğal havalandırma sağlamaktadır (Utkutuğ,G.2007).



Şekil 4.2. Çatıda yer alan Rüzgar kepçeleri (Twinn,2003)

Güneş Kollektörü.

Güneş kolektörlerinin çatıda kullanımı ve güneş enerjisi kazanımı ile evsel sıcak su ihtiyacının %45'i kolektörlerden elde edilmektedir (Şekil 4.3) (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.3 Çatıda yer alan Rüzgar kepçesi, Güneş kolektörü ve PV panel uygulaması (Roberts,& Guariento,2009)

PV Panel

Yapının enerji kazancının güneş enerjisinden sağlanması amaçlı 180 adet monokristalin PV modül çatıya monte edilmiştir (Şekil 4.4). 157m² 'lık alanı kaplayan PV modüllerden yıllık enerji kazanımı 16.230 kWh'dir. Modüller çerçeve sistem ile 19° açılı şekilde alüminyum çatıya monte edilmiştir. Çatı ve modül arasındaki 50 mm'lik havalandırma boşluğu, PV modüllerin ısını azaltarak performansı artırmaktadır (Roberts,& Guariento,2009).



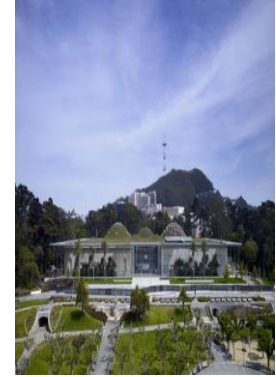
Şekil 4.4.PV panellerden görünüm(Twinn,2003)

Tablo 4. 1. Bedzed Konutları - Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Bedzed Konutları	Cephe	Duvar	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
		Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
				PV hücre lamine cam	Elektrik üretimi	aktif
				PV hücre lamine cam	Gölgeleme	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	Güneş Kollektörü	Sıcak su üretimi	aktif
				PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
			Rüzgâr	Rüzgâr Kepçesi	Doğal havalandırma	pasif

4.1.2. Kaliforniya Bilim Akademisi

İşlev	Müze
Yer	San Francisco
Yapım Yılı	2008
Mimari Tasarım	Renzo Piano
İnşaat Alanı	38.000 m ²



4.1.2.1 Genel Özellikler

Mimar Renzo Piano tarafından tasarlanan Kaliforniya Bilim Akademisi'nin yeni müze eki binası Golden Gate Park'ta yer almaktadır. Müze, akvaryum ve planetaryum, yapının ana öğeleridir. İç mekân organizasyonu, bu bölümlerin konumları olabildiğince net olacak, yapı içinde yönelim kolaylıkla sağlanacak ve program gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Müze binası, çevresel etkilerin ve bakım maliyetinin azaltılmasını başarmayı hedeflemektedir. Yapı; yeşil

çatı, doğal havalandırma, doğal aydınlatma, PV panel kullanımı gibi bir dizi sürdürülebilir özellikleri kapsamaktadır.

4.1.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.2.2.1 Cephe.

PV Panel Entegre Saçak

Yapının üst örtüsünü oluşturan yeşil çatının çevresi boyunca uzanan düzlemsel saçak PV panellerin entegrasyonu için en uygun yer olmaktadır. 77 monokristalin silikon hücre 1046x1559x8 mm boyutlarındaki cam modüle entegre edilmiştir (Şekil 4.5). 720 PV modül içeren saçak yılda yaklaşık olarak 213.000 kWh enerji üretmektedir. Bu enerji müze yapısının elektrik ihtiyacının %5'ini karşılamaktadır (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.5.Yapı saçağında bulunan PV paneller
(California Academy of Sciences, 2012)

4.1.2.2.2 *Çatı*. Solar saçak uygulamasına ek olarak müze yapısı, ısı ve nemi optimize eden, doğal havalandırma ve aydınlatmayı sağlayan teknolojileri de kapsamaktadır. Doğal havalandırma ve aydınlatma amaçlı çatıda ışıklıklar yer almaktadır. Gerekli durumlarda sıcak havanın çıkışına ve soğuk havanın girişine imkân tanımak için otomatik olarak açılıp kapanabilmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6.Yapı çatısında bulunan açılabilir ışıklıklar
(California Academy of Sciences, 2012)

Tablo 4.1.Kaliforniya Bilim Akademisi - Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Kaliforniya Bilim Akademisi	Cephe	Saçak	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
					Gölgeleme	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	Işıklık	Doğal havalandırma	pasif

4.1.3 Canton Tower

İşlev	Multi Merkez
Yer	Çin
Yapım Yılı	2010
Mimari Tasarım	Information Based Architecture
İnşaat Alanı	114.000 m2



4.1.3.1 Genel Özellikler

Çin’de bulunan gökdelen yapısı 600m uzunluğundadır. Yapı, Information Based Architecture (IBA) tarafından tasarlanmıştır. Kıvrımlı gökdelen konsepti sonucu oldukça kompleks ve iddialı bir form ortaya çıkmıştır. Yapısal konsept olarak üç temel eleman kullanılmıştır: sütun, elips ve çaprazlar. Form, hacim ve strüktür biri zemin seviyesinde yer alan diğeri 450 m yatay düzlemde yer alan iki elips tarafından üretilmektedir. Kafes strüktür, yapının alt kısmında gözenekli ve geniştir, orta seviyede ise daha yoğun hale gelmektedir. Yapının orta kısmı bükülmüş ip gibi daraldıkça şeffaflık azalmakta ve dış görüşü sınırlanmaktadır. Yapı yükseldikçe kafesler tekrar açılmakta ve giderek incelen yapısal sütunlar vurgulanmaktadır. Kulenin içi döner restoranlar, sergi alanları, konferans salonları, mağazalar ve

sinemalar dahil olmak üzere çeşitli fonksiyonlara bölünmüştür. Yapının çekirdeği asansör şaftları ve yangın merdivenini kapsarken, 15.6m çapındadır ve mümkün olduğunca küçük olarak tasarlanmıştır (Canton Tower Has Complex BIPV System,2011).

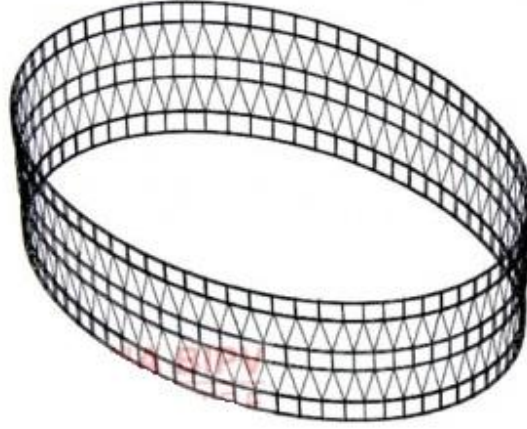
4.1.3.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.3.2.1 *Cephe.* Canton Tower'da güneş enerjisinden aktif yöntemle yararlanılmaktadır. BIPV(binaya entegre fotovoltaik) sistemin kaplama malzemesinin bir kısmında dev kafes çerçeve altına uygulandığı dünyadaki en kompleks projelerinden biridir (Şekil 4.7). Güneş enerjisi sistemi amorf silikon ince film modülden oluşmaktadır ve cephede 438.4m yükseklikten 446.8m yüksekliğe kadar uygulanmıştır. Bir halkada iki tip modül uygulanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.7 Canton Tower binaya entegre PV panel cephe uygulaması (Canton Tower Has Complex BIPV System,2011)

Bunlardan biri birbirine paralel bağlı yedi hücreden oluşan üçgen şekilli modüldür ve aynı yükseklik ve gerilime sahiptir. Diğer modül ise birbirine seri ve paralel bağlı altı hücreden oluşan paralel kenar şeklindedir ve aynı yüksekliğe sahiptir.



Şekil 4.8 Farklı boyuttaki PV modüllerin cephedeki konumu
(Canton Tower Has Complex BIPV System,2011)

Kullanılan modüllerin boyutları farklıdır fakat tüm solar hücreler 635mm kalınlıkta kullanılmıştır. Cephede kullanılan PV alanı toplam 1120 m²'dir.Yıllık enerji üretimi ise 12660 kWh'dir (Canton Tower Has Complex BIPV System,2011).



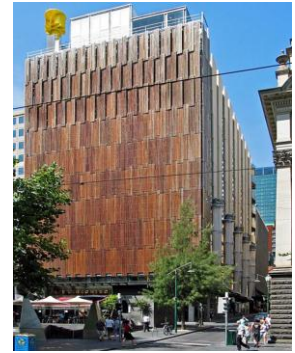
Şekil 4.9 PV panelden görünüm
(Canton Tower Has Complex BIPV System,2011)

Tablo 4.2 Canton Tower- Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Canton Tower	Cephe	Duvar	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
					Gölgeleme	pasif

4.1.4 CH₂ Yerel Yönetim Binası

İşlev	Yönetim Binası
Yer	Melbourne , Avustralya
Yapım Yılı	2006
Mimari Tasarım	Mick Pearce



4.1.4.1 Genel Özellikler

10 katlı ofis yapısı dikdörtgen planlı olarak tasarlanmıştır. Yapı yeni dükkânları, kafeleri ve yaya bağlantıları ile Melbourne'un Little Collins Caddesi'ne bir canlılık katmaktadır.

Melbourne Kent Yönetimi'nin ofis ihtiyacını karşılamak için sürdürülebilir malzemeler ve teknolojiler kullanılarak inşa edilen CH₂, doğal kaynaklarının azalması, çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi ciddi sorunlarla yüz yüze geldiğimiz bu zamanda, yapı endüstrisi için örnek alınacak bir model oluşturmak iddiası taşımaktadır.

2005 yılında Avustralya Yeşil Yapı Konseyi (Green Building Council of Australia) CH₂'yi ofis binası tasarımında liderliği temsil eden altı yıldızla ödüllendirmiştir. (Keeler&Burke,2009).

Yapının Green Star sistemi ile altı yıldıza kadar derecelendirilmesi aşağıdaki çevresel performans özelliklerine göre belirlenmiştir:

Su korunumu

- atık suların değerlendirilmesi,
- yağmur sularının toplanması

Malzeme korunumu

- ofis atıkları için geri dönüşüm tesisleri,
- ahşap kullanımı

Ulaşım

- araç-bisiklet parkı,
- toplu taşıma olanakları

Yenilikçi teknoloji kullanımı

- soğutulmuş tavan,
- yağmur kuleleri,
- binaya entegre rüzgar türbinleri

Yönetim

- bina kullanıcı kılavuzu,
- inşaat aşamasında uygulanan çevre ve atık yönetim sistemi

İç mekan hava kalitesi

- kullanıcı kontrollü havalandırma pencereleri,
- istenmeyen güneş ışınlarının hareketli panjurla engellenmesi

Emisyonlar

- çoklu su arıtma sistemi ile kanalizasyon emisyonlarında %80 azalma,
- benzer büyüklükteki binalara oranla sera gazı emisyonlarında %87 azalma,
- elektrik üretimi için fotovoltaik hücre kullanımı,
- düşük enerjili aydınlatma sistemi,
- soğutma için yağmur kuleleri,
- geceleri doğal havalandırma ile soğutma.

4.1.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.4.2.1 *Cephe*. Yerel Yönetim Binası, güneş ve rüzgâr enerjisinden cephede pasif yöntemlerle yararlanmaktadır.

Isısal Baca Uygulaması

CH₂ yerel yönetim binasında doğal havalandırma için tasarlanan, yer döşemesi ve dalgalı tavanı da içine alan sistem, kuzey cephesinde yer alan 10 adet koyu renkli hava çıkış borusu ile birlikte çalışmaktadır (Şekil 4.10). Bu sistemin çalışması, ısınan havanın yükselmesi prensibine dayanmaktadır. Cephede bulunan hava çıkış şaftları genellikle tek katlı yapılarda uygulanan tromb duvarında olduğu gibi güneşten gelen ısıyı emerek içerideki kirli havayı yükseltip yapıdan atılmasına yardımcı olur (Keeler&Burke,2009).

CH₂ yönetim binasında her katta iç mekâna verilen hava sıcaklığı yaklaşık 20°C'dir. Taze hava, yer döşemelerine yerleştirilen dağıtıcılardan iç mekâna verilmektedir. İç mekana verilen hava öncelikle çatıda bulunan makine dairesinde filtreleme, ısıtma ya da soğutma gibi işlemlere tabi tutulmaktadır. Çatıdaki makine dairesinden güney cephesinde bulunan besleme hava kanallarına pompalanan hava buradan 300 mm yerden yükseltilmiş döşeme altına iletilmektedir. Yer döşemelerinde bulunan dağıtıcılar tarafından iç mekâna verilmektedir. Ofisteki kullanıcı ve ekipmanlar tarafından üretilen sıcak hava yükselerek doğal konveksiyon yoluyla dalgalı tavandaki boşluklardan geçmektedir. Bu boşluklar kısa metal kanallar ile kuzey cephesinde bulunan hava çıkış şaftlarına bağlanmaktadır. Hava menfezlerden atmosfere çatıda bulunan rüzgâr türbinleri ile çıkmaktadır (Setting a new world standard in green building design, 2006).



Şekil 4.10.Kuzey cephesinde yer alan ısısal baca
(Sustainability, 2011)

Ahşap Kepenkler

Binanın batı cephesinde, güneşin konumuna göre hareket eden ahşap kepenkler, cephe boyunca tasarlanmıştır (Şekil 4.11). Kepenklerin hareketi için gerekli enerji, PV panellerin ürettiği elektrikten sağlanmaktadır. Kepenklerin yapımında kullanılan ahşaplar, 200 adet sahipsiz ve yıkılmış olan evden elde edilmiştir. Hareketli kepenkler güneşin konumuna göre hareket ederek gölgelendirme sağlamakta. Bu durum kontrollü ve sağlıklı bir iklim yaratmaktadır. Ayrıca güneşin istenmeyen ısınısını engellediği için soğutma yükünde tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 4.11.Batı cephesinde yer alan ahşap kepenklerden görünüm
(Sustainability, 2011)

Yağmur Kuleleri

Rüzgâr enerjisinin yapılarda yenilikçi teknolojiler ile uygulanma örneğidir. İç mekanı soğutma amaçlı, güney cephesinde 1.4m çapında ve 13m uzunluğunda havayı çeken beş adet ETFE malzeme kullanılan yağmur kulesi bulunmaktadır (Şekil 4.12). Yağmur kuleleri hava sıcaklığını 35°C' den 21°C' ye kadar, su sıcaklığını ise 12°C' ye kadar düşürebilmektedir. Hava yağmur kulesinden aşağı inmekte ve suyun aktığı yerlerden buharlaşma yoluyla soğutulmaktadır. Daha sonra soğuk su soğukluğun depolandığı, faz değiştiren malzemelerin olduğu depoya gönderilirken soğuk hava ise zemin kattaki satış mekânlarına yönlendirilmektedir (Setting a new world standard in green building design, 2006).



Şekil 4.12 Yağmur kuleleri(Sustainability, 2011)

4.1.4.2.2 Çatı. Yapının çatısında hem rüzgâr hem güneş enerjisinden aktif yöntemlerle yararlanılmakta, doğal havalandırma, ısı ve elektrik enerjisi üretimi sağlanmaktadır

Rüzgâr Türbinleri

6 adet rüzgâr türbinleri, kuzey cephesindeki koyu renkli borular aracılığıyla ofis alanlarından havayı çekmektedir. Türbinler, CH₂ için özel olarak tasarlanmıştır ve 3.5 m yüksekliğindedir. Rüzgarla çalışan türbinler 60kVA elektrik üretmektedir. (Keeler&Burke,2009).



Şekil 4.13 Çatıda yer alan rüzgar türbinlerinden görünüm
(Sustainability, 2011)

PV Panel

26m²' lik fotovoltaik hücreye eşdeğer 23 adet solar panel ile güneş enerjisinden 3.5 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. (Keeler&Burke,2009).

Güneş Kollektörleri

Çatıda bulunan 48 m²' lik güneş enerjisi toplacıları, sıcak su ihtiyacının %60'ını sağlamaktadır.

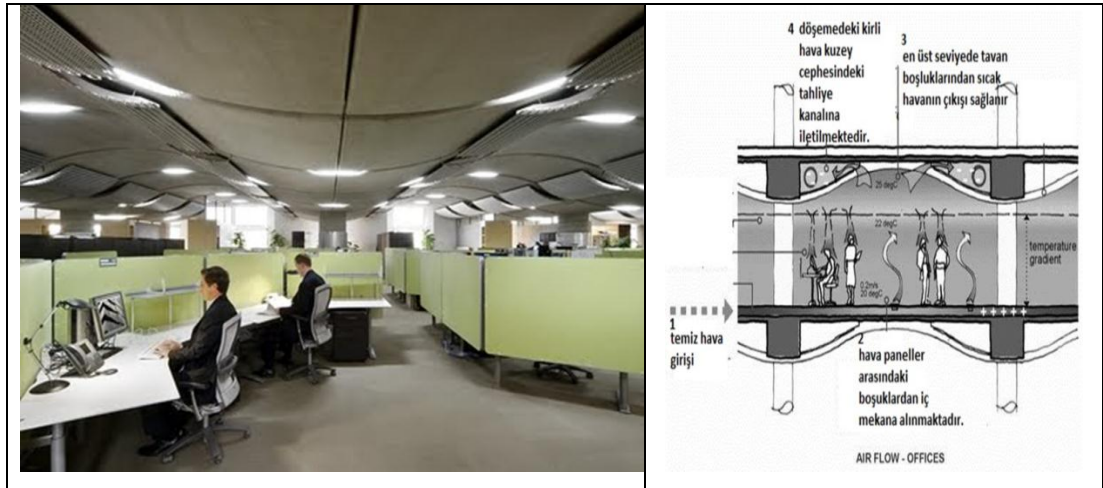
4.1.4.2.3 Döşeme.

Termal Kütle (Isı Depolama) Isıtma, Soğutma

Geceleri otomatik olarak açılan pencereler aracılığıyla içeriye giren soğuk gece havası, iç mekânı soğutmaktadır. Doğal havalandırma ile kullanıcı konforu sağlanırken ve aynı zamanda havalandırma için harcanacak olan enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmektedir.

İç mekândaki dalgalı tavanlar 180 mm kalınlığında prekast betonarme panellerden oluşmaktadır. Gece dışardan alınan hava ile soğutulan tavanlar yüksek termal kütle özelliği ile serinliği depolamaktadır (Şekil 4.14).

Bu paneller yapıyı soğutmak için ısı bir kütleye oluşturmaktadır. Yaz boyunca soğutma sistemi, hava sirkülasyonu ve doğal ışık gereksinimini %14 azaltmaktadır ve iç mekân hava kalitesi artmaktadır. Ayrıca yukarıda bahsedilen havalandırma şafları ile birlikte çalışan arası boşluklu bu döşemeler iç mekânın havalandırmasına ekstrasından katkıda bulunmaktadır (Setting a new world standard in green building design, 2006).



Şekil 4.14 Dalgalı tavadan görünüş (Setting a new world standard in green building design, 2006)

Tablo 4. 3.CH₂ Yerel Yönetim Binası- Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
CH ₂ Yerel Yönetim Binası	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
				Isısal Baca	Doğal havalandırma	pasif
			Rüzgar	Yağmur Kuleleri	Soğutma	aktif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
				Güneş Kollektörü	Sıcak Su	aktif
			Rüzgar	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif
	Döşeme	Tavan	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
				Soğutulmuş kirış	Soğutma	aktif

4.1.5 Concordia Üniversitesi

İşlev	Üniversite Binası
Yer	Kanada
Yapım Yılı	2008
Mimari Tasarım	Kuwabara Payne McKenna Blumberg
İnşaat Alanı	375,000 m2

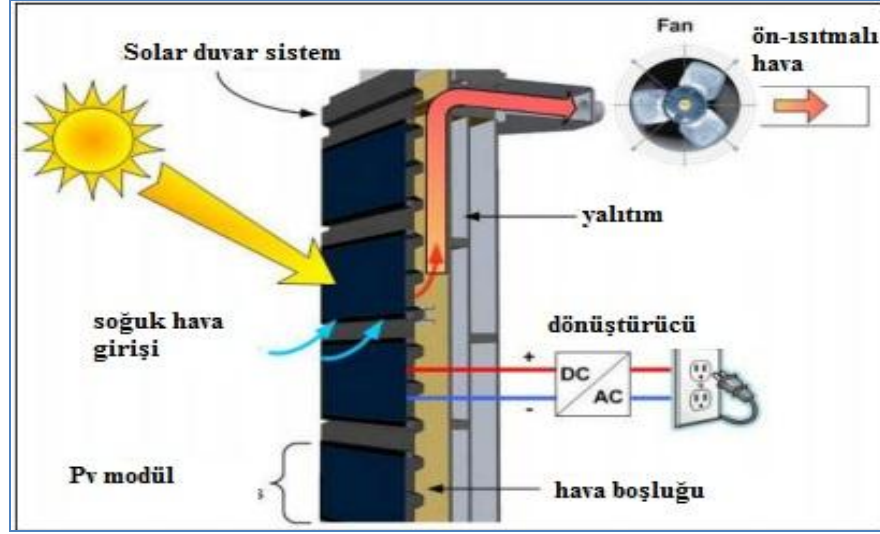


4.1.5.1 Genel Özellikler

Üniversite binasının tasarımı ile Montreal'in atıl bölgesine hareketlilik katılması amaçlanmaktadır. 17 katlı bina kentin ana doğal güzelliklerini yakalayacak şekilde yönelmiştir. Bulunduğu bölgedeki en yüksek yapı özelliğine sahiptir. Yeni üniversite binası güneşle hem ısıtılmakta ve güçlendirilmektedir. T/PV teknolojinin bir arada uygulandığı konut dışı ilk uygulamadır. Ayrıca yapının kapalı otoparka sahip olmaması ve yeraltı tüneli ile metro istasyonuna bağlanması gibi stratejik kararlar ile toplu ulaşım teşvik edilerek çevreci yaklaşım sergilemektedir (Concordia University Solar Thermal and Electricity Generation,2012).

4.1.5.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.5.2.1 Cephe. Concordia Üniversitesinin cephesinde yenilikçi bir uygulama olan BIPV/T (binaya entegre PV termal) uygulaması entegre edilmiştir (Şekil 4.15). Yapı yalnızca kendi kullanımı için elektrik üretmemekte aynı zamanda şebekeye de elektrik vermektedir. Binanın tek tabakalı cephesinde güneş enerjisi bilinen uygulamaların dışında hem elektrik üretmek amaçlı hem de ön-ısıtılmalı temiz hava sağlanması için kullanılmaktadır (Concordia University Solar Thermal and Electricity Generation,2012).



Şekil 4.15.Sistemin çalışma prensibi
(Concordia University Solar Thermal and Electricity Generation,2012)

BIPV/T sistemleri güneş enerjisi teknolojilerinde daha düşük maliyetli kurulum için izin vermesinin yanında elektrik üretiminin verimliliğini arttırmaktadır. Güney cephesinin üst kısmı 10m PV panel kaplıdır. Yaklaşık 300 m²'lik alanı kaplayan sistemin yer aldığı son iki katta pencere bulunmamaktadır. PV paneller elektriksel ve termal sisteme bağlı olarak metal panellere entegre edilmiştir ve aynı yüzey üzerinde binanın ısıtma, aydınlatma ve elektrik üretimi ihtiyacını karşılamaktadır. Sistemin çalışma prensibine bakıldığında, PV paneller solar-duvar olarak adlandırılan metal panellere monte edilmektedir. Solar-duvar sistem PV panellerin arkasından fazla ısıyı çekmektedir. PV panellerin soğutulması ile sistemin verimliliği artmaktadır. Isınan hava solar-duvar ile çekilerek hava boşluğuna verilmekte buradan yapının HVAC sistemine aktarılmaktadır (Şekil 4.1). Ön ısıtmalı havanın iç mekânda kullanımı ile ısıtma ve soğutma yükünde azalma olmaktadır. Bu kombinasyon ile %60 verimlilik sağlanmaktadır. 384 adet PV panel ile 24.5 kWp elektrik üretilmektedir. 75 kWp güneş ısıtmalı temiz hava sağlanmaktadır (Concordia University Solar Thermal and Electricity Generation,2012).



Şekil 4.16.Güney cephesine entegre PV/termal system
(Concordia University Solar Thermal and Electricity Generation, 2012)

Tablo 4.4 Concordia Üniversitesi -Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Concordia Üniversitesi	Cephe	Duvar	Güneş	T/PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
					Isıtma	aktif

4.1.6.Devonshire Üniversitesi Araştırma Merkezi

İşlev	Üniversite Araştırma Merkezi
Yer	Newcastle, İngiltere
Yapım Yılı	2004
Mimari Tasarım	Devereux Architects
İnşa Alanı	3000 m2



4.1.6.1 Genel Özellikler

Devonshire Binası, Newcastle Üniversitesi için çevresel olarak öncü bir binadır ve Üniversitenin Araştırma Merkezi için ofis ve laboratuvar mekânı olarak ev sahipliği yapmaktadır. Proje, çevresel ve sürdürülebilir tasarımı başarmayı hedeflemektedir.

Yapı kullanıcılar, güneş radyasyonu ve ekipmanlar tarafından yüksek düzeyde ısı kazanmasına rağmen konforlu şekilde soğutulmaktadır. Bina içinde merkezi atriumdan laboratuvarlara kadar birçok alan pasif çevresel sistemlerle denetlenmektedir. Atrium güneşten pasif ısı kazancı, ısı kayıplarının azaltılması ve komşu mekânlara ısı kazancı gibi iklimsel tampon görevi üstlenmektedir. Pasif sistemlerin yanı sıra jeotermal ile soğutma ve havanın yer değiştirmesi gibi etkin aktif sistem çözümleri ile laboratuvarların soğutma yükü karşılanmaktadır. (Sustainable solar shading for science structure,2012)

4.6.1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.6.1.2.1 Cephe. İklim duyarlı cephe sistemi mevsimler ve günün saatlerine göre güneş ışıını düzeyini optimize etmektedir. Yapının mimari amacı günışığını mümkün olduğunca yapının içine almaktır. Güney cephesinin %70 camlı tasarlanması ile ofis mekânlarına gelen günışığı miktarı artırılarak aydınlatma yükü azaltılmıştır. Güney cephesinin büyük oranda camlı olması ile ısı kazancı artırılmıştır ve istenmeyen günışığına karşın gölgeleme elemanı tasarlanmıştır. Dış cepheye entegre edilen motorlu gölgeleme elemanı beş kat boyunca yatay kanatlardan oluşmaktadır (Şekil 4.17). Kanatların kontrolü, sisteme entegre kontrol programı ile yönetilmektedir. Bu program güneşin açısına göre kanatların hareketini yöneterek parlamayı önlemektedir. Yapının doğu ve batı cepheleri ise Low-E güneş yansıtıcı cam ve içten storlu olarak tasarlanmıştır (Sustainable solar shading for science structure,2012).



Şekil 4.17.Hareketli güneş kırıcılarından görünüm
(Sustainable solar shading for science structure,2012)

4.6.1.2.2 *Çatı*. Çatıya entegre edilen PV paneller ile elektrik enerjisi üretilmekte ve CO₂ emisyonunun azaltılması hedeflenmektedir (Şekil 4.18). 184 m²'lik alanı kaplayan 296 adet PV panelden 24.9 kWh elektrik üretilmektedir (Sustainable solar shading for science structure,2012).



Şekil 4.18 Çatıda bulunan PV panellerden görünüm
(Sustainable solar shading for science structure,2012)

4.6.1.2.3 *Döşeme*. Yapıda soğutma işlemi, bir dizi plakalı ısı değiştiricileri içeren sistemle zemindeki jeotermal su depolama tankından çekilen serbest soğutma ile aktif bir kiriş sistemi ile sağlanır. Bina, çok yönlü hizmet veren aktif kirişler ile düşük dereceli soğutma çözümleri kullanılarak soğutulmaktadır. Kirişler bu soğutma işlemini zemindeki ısı değiştiriciler ile termal su depolama tanklarından sağlamaktadır. İç mekândan çekilen ısı, soğuk su devresine iletilmektedir. Bu ısı

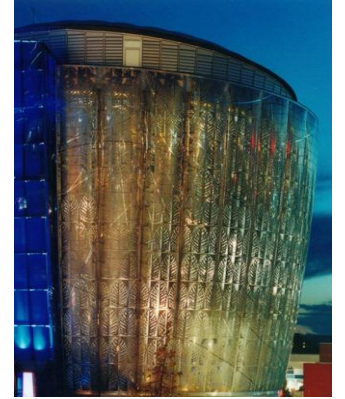
düzlemsel ısı değıştiriciler yardımıyla 40.000 litre kapasiteli jeotermal su tankına gönderilmektedir. Isı yetersiz olduğu durumlarda bu ısı sıcak kullanım suyu için değeriendirilmektedir. Su ısının tekrar çekildiği yerdeki kuru hava soğutucusundan geçmektedir. Son olarak geleneksel ısı soğutucuların desteği ile ısının çekildiği mekanlarda düzlemsel ısı değıştiriciler ile istenen su sıcaklığı sağlanmaktadır. Isıtma tesisi ısı dönüşümünü maksimize etmek için düşük sıcaklıkta su kullanmaktadır (Sustainable solar shading for science structure,2012).

Tablo 4.5 Devonshire Üniversitesi Araştırma Merkezi-Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Devonshire Üniversitesi Araştırma Merkezi	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
		Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
	Döşeme	Döşeme	Jeotermal	Aktif giriş	Isıtma-soğutma	aktif

4.1.7 Duales System Pavilion

İşlev	Sergi Salonu
Yer	Almanya
Yapım Yılı	2000
Mimari Tasarım	Atelier Uwe Bruckner
İnşaat Alanı	1600 m2



4.1.7.1 Genel Özellikler

Almanya’da bulunan yapı, 2000 yılında Dünya Fuarı için tasarlanmıştır. Sergi salonunun tasarımında başlangıç noktası mimari dil ve iç iklim konseptinin

vurgulanmasıdır. Ve bu amaçla, Pavyon binasında bir dizi pasif çevresel stratejiler uygulanmıştır. Mimar, doğaya duyarlı, doğal aydınlatma ve dinamik termal özellikleri kullanımı ile yeşil ve sürdürülebilir tasarım çözümleri sunarak, mekânsal karakteristikleri ve yapının performansını değiştirebilmektedir. Yapı mimarisi üç boyutlu spiral formu yansıtmaktadır. Yapı sarmal rampalar ile üst kota ulaşmaktadır. Sergi salonunun çatı ve cephesi ETFE ile kaplanmıştır. ETFE ile kaplanan spiral, dışardan kare tabana oturmuş koni biçiminde görünmektedir.

4.1.7.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.7.2.1 Cephe. Duales Pavyon, ilk değişken ETFE panel kullanıldığı yapı özelliğini taşımaktadır. Sergi binasında, günümüzde membran kullanımının bir parçası olan malzemelerden ETFE kullanılmıştır. Yapıyı oluşturan bu şeffaf örtü gösterim esnasında değişebilmektedir ve aydınlatılmış bir odadan karanlık kutuya dönüşmektedir. Bu sayede iç mekân örtüsü film, panel sunumu gibi çok amaçlı olarak kullanılabilir. Bu fonksiyonu ile yapı örtüsü, mimari ürünün bir parçası olduğunu yansıtmaktadır. Düşey örtü üç katmanlı, şeffaf 18x3 m ölçülerindeki pnömatik ETFE yastıkların kenarlarından birleştirilerek ve aralarındaki alüminyum çerçeve ile gerilmesinden oluşmaktadır. Bu üç katmanın dıştan iki'si yaprak motifi baskılıdır ve bunlardan biri ters baskılıdır (Şekil 4.19) (Jeska, 2008).

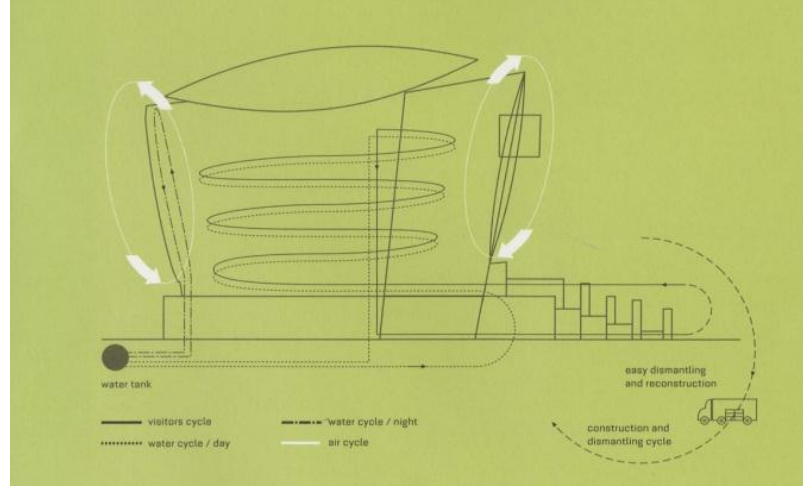


Şekil 4.19.Cephede kullanılan ETFE panel üzerindeki yaprak motifinden görünüş (Jeska, 2008)

Kontrollü basınç, hava dolu yastıkların iki katmanında değişmektedir veya üstteki membran ile birleşerek karanlık iç mekân oluşmaktadır ya da gün ışığını iç mekana almak için alttaki membran sıkıştırılmaktadır. Bunun yanı sıra desenli membran güneş kırıcı gibi çalışarak aşırı ısıнын yapının içine girişini engellemektedir. Şişme yastıkların ortasındaki katman günışığının iç mekanı aydınlatması ya da gölge istenen durumlara bağlı olarak açılıp kapanmaya programlanmıştır (LeCuyer,A., 2008).

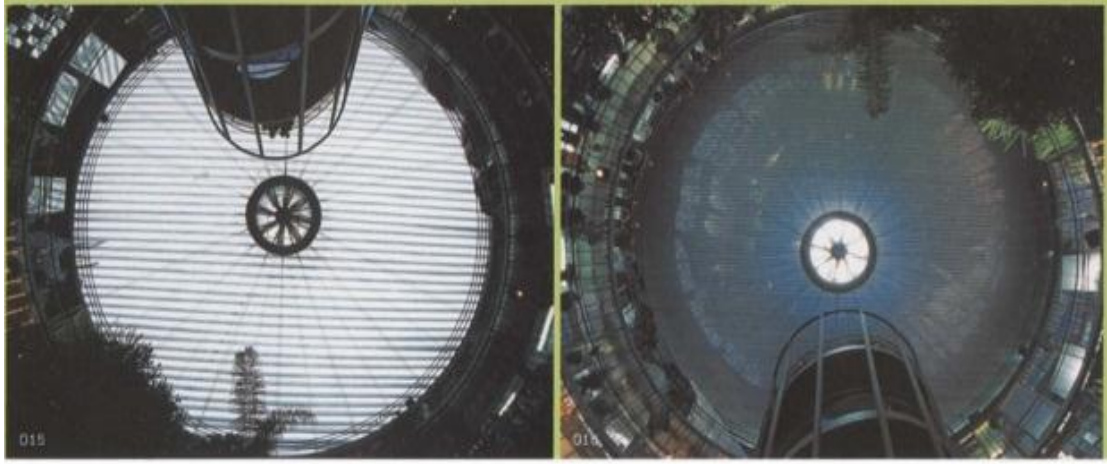
Genel olarak geçici ve transparan strüktürlerde herhangi depolayıcı kütle bulunmamakta ve iç mekan hava şartları ile ilgili sorun yaşanmaktadır. Tasarımcı bu sorunu çeşitli döngüleri kullanarak çözmektedir. Gün boyunca yer altındaki tanklardan beslenen soğutulmuş su, iç mekândaki rampaların çevresine monte edilen ince borular aracılığıyla iç mekanda dolaşmaktadır (Şekil 4.20). Borularda dolaşan su buharlaştıkça, iç mekân sıcaklığının düşmesini sağlamaktadır. Isınan hava gece boyunca soğutulmaktadır. Membran cephenin dışına tutturulan düşey ince borulardan su püskürtülmektedir. Tankta toplanan sular soğutulmaktadır. Kullanılan pasif soğutma sistemi ile mekanik havalandırma sistemine gerek kalmamaktadır. Sergi

binasında kullanılan bazı pasif ekolojik stratejiler ile yapı ekonomik ve çevresel açıdan pozitif etki yaratmaktadır (LeCuyer,A., 2008).



Şekil 4.20.Cephede kullanılan pasif soğutma sistemi şeması (Jeska, 2008)

4.1.7.2.2 Çatı. Şeffaf dairesel ve az eğimli çatı, 36m çapındadır. ETFE malzeme ile kaplı olan çatı örtüsü üç katmanlıdır. İç hava basıncına ek olarak membran çatı örtüsünün arasında yer alan iki adet radyal kablo ağı sistemi germekte ve dev örtünün stabilitesinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Diğer merkezi kablo ağı ise üst membranın yükler karşısında sehim yapmasını engellemektedir. Transparan membran yastıklara entegre, güneş kırıcı türündeki içi hava dolu tüpler, ışığın kontrolünü sağlamaktadır. Bu tüpler şişirildikleri zaman hava dolgulu panjurlar açılmakta ve güneş ışığının çatıdan girişini engellemektedir. Hava boşaltıldığı zaman ise sensörlerce kontrol edilen panjurlar kapanmakta ve çatı tekrar şeffaf konuma gelmektedir (Şekil 4.21). Bu şekilde güneş ışığı kontrolü sağlanmakta ve iç hava koşulları dengelenmektedir (Jeska, 2008).



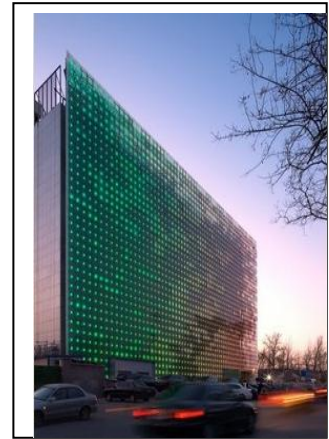
Şekil 4.21.Çatıda bulunan panjurların açık ve kapalı durumu (Jeska, 2008)

Tablo 4.6 Duales System Pavilion -Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Duales System Pavilion	Cephe	Duvar	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
					Gölgeleme	pasif

4.1.8 Green Pix Eğlence Merkezi

İşlev	Eğlence Merkezi
Yer	Beijing, Çin
Yapım Yılı	2008
Mimari Tasarım	Simone Giostra & Partners Inc.
İnşaat Alanı	2200 m ²



4.1.8.1 Genel Özellikler

2005 yılında tamamlanan yapı, Beijing'in batı yakasında yer almaktadır. Green Pix Eğlence Merkezi dokuz katlı olup yüksek kalitede restoran ve tiyatro gibi birimlere ev sahipliği yapmaktadır. 12 m yüksekliğindeki yapı 9 kattan oluşmaktadır. 2006 yılında metal kaplama olan doğu cephesi Simone Giostra tarafından 60x33 m ölçülerindeki giydirme cephe ile değiştirilmiştir. Müşteri yapıyı canlandırma amacıyla yenilikçi ve ilginç cephe tasarımı istemiştir. Simone Giostra yarı-saydam PV modüller ve ışık yayan diyetlardan oluşan organik çözüm sunmuştur.

Organik çözüm konseptinden yola çıkan mimar, cephenin kendisi tarafından absorbe edilen enerjiden elektrik elde etmeyi amaçlayan tasarım geliştirmiştir. Aynı zamanda yapının iç mekân ve dış mekan arasında etkileşim oluşturmayı hedeflemektedir. Yatay kaplama, çeşitli yoğunluktaki PV hücreleri içeren yarı-saydam camlı modülden oluşan sistem gün boyunca merak uyandırmaktadır (Şekil 4.2). Dünyanın en geniş LED duvarı olan cephede yarı-saydam camların arkasına 2300 LED yerleştirilmiştir. PV modüllerce üretilen ve binanın ihtiyacı olmayan enerji şebekeye gönderilmektedir.



Şekil 4.22.PV modül kaplı cepheden görünüm
(Zero Energy Media Wall,2011)

4.1.8.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

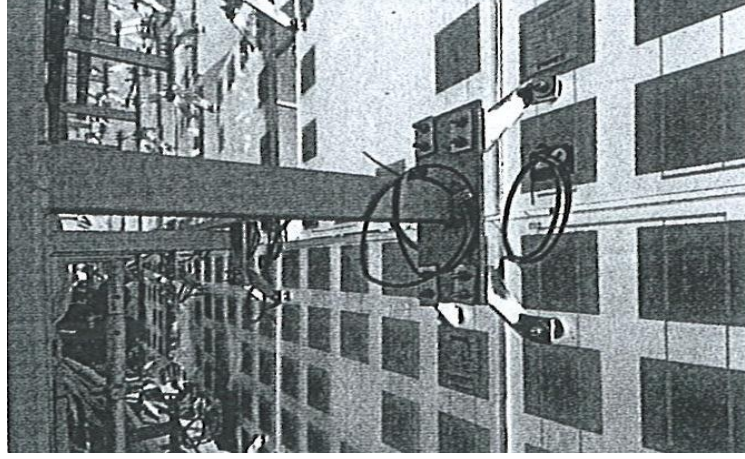
4.1.8.2.1 *Cephe*. Cephenin kilit noktası, açık birleşim ile bir araya gelen 890 x 890 mm ölçülerindeki PV hücre gömülü lamine cam modüllerden oluşmasıdır. Cam modüllerin yarısı, gün boyunca günışığı yansımalarının çeşitliliğini arttırmak için 5° dışa doğru sağa ve sola doğru eğimlidir (Şekil 4.22). Gün boyunca gün ışığı duvarın arkasındaki açıklıklardan geçmektedir. Bu yolla doğal aydınlatma sağlanmakta ve iç mekân ışık kalitesi artırılması hedeflenmektedir. Modüller içerdiği 0, 20 ve 24 adet PV hücresi yoğunluklu düşük, orta ve yüksek düzeydeki şeffaflığa göre 3 farklı türdedir. Bu üç farklı modülün cephedeki önceden belirlenmiş deseni, deniz manzarası etkisi vermektedir. PV modüllerden yıllık enerji üretimi 38.929 kWh olmaktadır. 534 m²'lik PV modüller enerji üretimi görevinin yanı sıra cephede estetik bir yapı elemanı olarak da yer almaktadır (Roberts,& Guariento,2009).



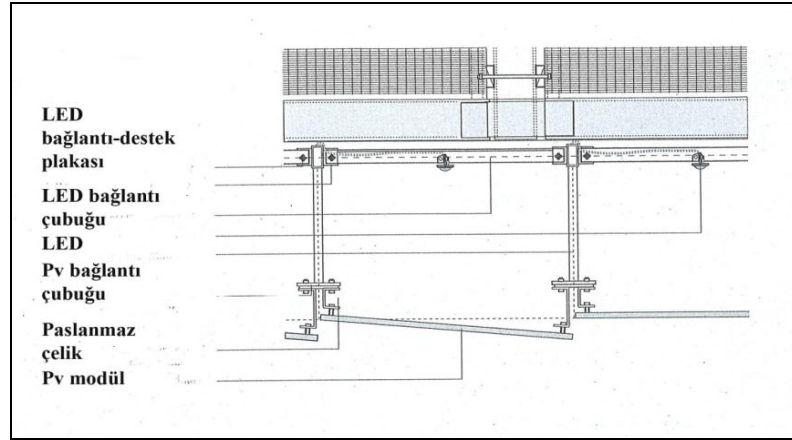
Şekil 4.23. Işık geçişi için 5° dışa doğru sağa ve sola doğru eğimli, farklı yoğunluktaki PV modül görünüşü (Zero Energy Media Wall, 2011)

PV modüller, arkadan havalandırılan yağmur perdesi sistemi şeklinde tasarlanmıştır. Modüllerin arkasında yer alan duvar, buhar ve yatılım bariyerine sahiptir (Şekil 4.23). Yağmur perdesinin görevi ise yalıtımdan bağımsız olarak PV modüllerin monte edilmesi ile ilgili olmaktadır. Cam modülleri 4 noktadan bir arada tutan spiderlar, prefabrike olarak üretilen çelik kiriş ve kolonlara monte edilmiştir (Şekil 4.24). Çelik kirişler kedi yolu şeklinde adlandırılan yatay çelik döşeme ile desteklenmektedir. Bu sayede PV modüllerin bakım ve onarımında kolaylık

sağlanmaktadır. PV modülleri destekleyen çelik sistem aynı zamanda cam modüllerin 600 mm arkasında yer alan LED donanımını da desteklemektedir (Roberts,& Guariento,2009).



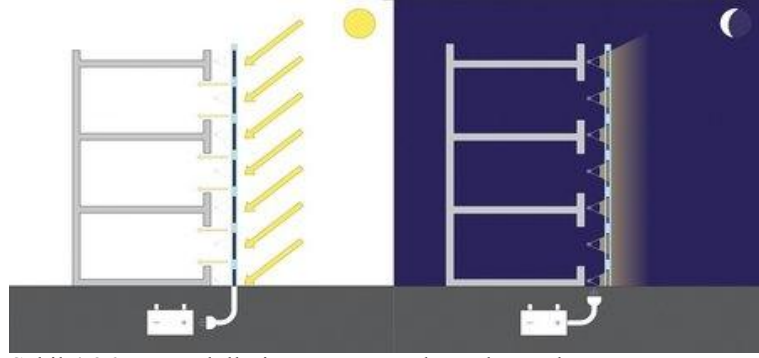
Şekil 4.24.PV modül- taşıyıcı strüktür bağlantı detayı (Robert, 2009)



Şekil 4.25.Cepheye ait PV modül ve LED bağlantı detayı (Robert, 2009)

Gündüzleri, PV modüller gün boyunca enerji üretmekte ve kullanılmayan enerji depolanmaktadır.

Geceleri ise, gün boyunca depolanan enerji duvarın aydınlatılmasında kullanılmaktadır. Duvarın aydınlatma enerjisini sağlayan PV modüller cephede parıldayan bir fenere dönüşmektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26.PV modüllerin gece ve gündüz çalışma durumu
(Zero Energy Media Wall, 2011)

Tablo 4. 7.Green Pix -Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Green Pix	Cephe	Duvar	Güneş	PV panel	Gölgeleme	pasif
					Doğal Aydınlatma	pasif
					Elektrik üretimi	aktif

4.1.9 İguzzini Genel Merkezi

İşlev	Ofis
Yer	İngiltere
Yapım Yılı	1999
Mimari Tasarım	Mario Cucinella
İnşaat Alanı	3500 m ²



4.1.9.1 Genel Özellikler

İtalya’da Mario Cucinella tarafından tasarlanmış olan ofis binası, iGuzzini şirketi için ticari, idari ve yönetim ofisi olarak ev sahipliği yapmaktadır. Ekolojik, pasif tasarım özelliklerini yansıtan yapı, kaynak tüketiminin azaltılması, doğal havalandırmadan faydalanma, termal kütle kullanımı ve doğal ışığın kontrolünü

optimize etmeyi amaçlamaktadır. Pasif tasarım stratejileri ile kullanıcı açısından sağlıklı iç ortam oluşturulması hedeflenmektedir.

4.1.9.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.9.2.1 Cephe

Atrium.

Dört kattan oluşan binada ofis birimleri yapının ortasında yer alan kış bahçesinden oluşan atriumun etrafında düzenlenmiştir (Şekil 4.27). Bu atrium etrafında düzenlenen çalışma mekânları doğal ışıktan maksimum düzeyde yararlanmaktadır. Merkezdeki atrium doğal havalandırma sistemi için hava sirkülasyonu oluşturmaktadır. Mekânlarda ısınan hava baca etkisiyle, atrium çatısındaki ızgaralardan dışarı atılmaktadır. Cephedeki açılabilir pencerelerle merkezi atrium soğutma işlevine katkıda bulunmaktadır ve binanın soğutma yükü hafifletilmektedir (Müller&Dominique,2002)



Şekil 4.27 Yapının merkezinde yer alan atrium
(Buildings and public places, 2005)

Termal Kütle

Yapıda uygulanan pasif tasarım stratejilerinin biri termal kütle kullanımıdır. Termal kapasiteye sahip beton blok duvar kullanımı ile gece boyunca binanın soğutulması sağlanmaktadır (Maciel, 2007).

4.1.9.2.2 Çatı.

Gölgeleme Elemanı

Kuzey ve güney cephesi tamamen şeffaf yüzey olarak kurgulanmıştır. Bu cam kabuk 6.7 m genişliğinde, lamellerden oluşan bir çatı saçağı ile güneşten korunmaktadır (Şekil 4.28). Bu saçak yazın dik gelen gün ışığından yapıyı korumakta, kışın ise eğik gelen güneşini yapıya almaktadır. Yapının içinde ileri düzeyde ışık kontrolü jaluziler ile elde edilmektedir (Müller&Dominique,2002)



Şekil 4.28 Çatı saçağından görünüm
(Buildings and public places, 2005)

Tablo 4. 9 Iguzzini Genel Merkezi - Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Iguzzini Genel Merkezi	Cephe	Duvar	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
				Atrium	Doğal Aydınlatma	pasif
	Çatı	Saçak	Güneş	Güneş kırıcı	Gölgeleme	pasif

4.1.10 Kuzey Apartmanları

İşlev	Konut
Yer	Chicago
Yapım Yılı	2007
Mimari Tasarım	Murphy/Jahn
İnşaat Alanı	4260 m ²



4.1.10.1 Genel Özellikler

Dikdörtgen formlu tek bir kütle olarak tasarlanan yapı, 96 adet daireden oluşmaktadır. Bu dairelerin yarısı evsizler ve özürllüler için tasarlanmıştır. 4260 m²'lik yapı suyun geri dönüşümü, çatıya monte edilen rüzgâr türbinleri ve fotovoltaik panellerin entegrasi gibi sürdürülebilir tasarım ilkelerini taşımaktadır. Helmut Jahn tarafından tasarlanan yapı, güneş ve rüzgâr enerjisinin avantajlarından yararlanarak işletim maliyetini düşürmeyi hedeflemektedir. Metal çatıda sekiz adet rüzgâr türbinlerinin tasarlandığı ayrıca PV panellerle güneş enerjisinin de kullanıldığı yapıda binanın elektrik ihtiyacının %15'i karşılanmaktadır. Toplam enerji tasarrufunun %22 olması beklenmektedir (Green Projects, 2009).

Binanın şekli yapının toprağa değen kısmını en aza indirmek için yukarıdan aşağıya doğru incelenmektedir.

4.1.10.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.10.2.1 Cephe. Binanın cephesi enerji performansı için optimize edilmiştir. Cephe sert köpük yalıtımlı, 0.4 u-faktörlü Low-e cam sisteminin kullanıldığı metal panelden oluşmaktadır (Şekil 4.29). Kuzeybatı-Güneydoğu yönünde yer alan açılabilir pencereler ile gün ışığı ve doğal havalandırma sağlanmaktadır.



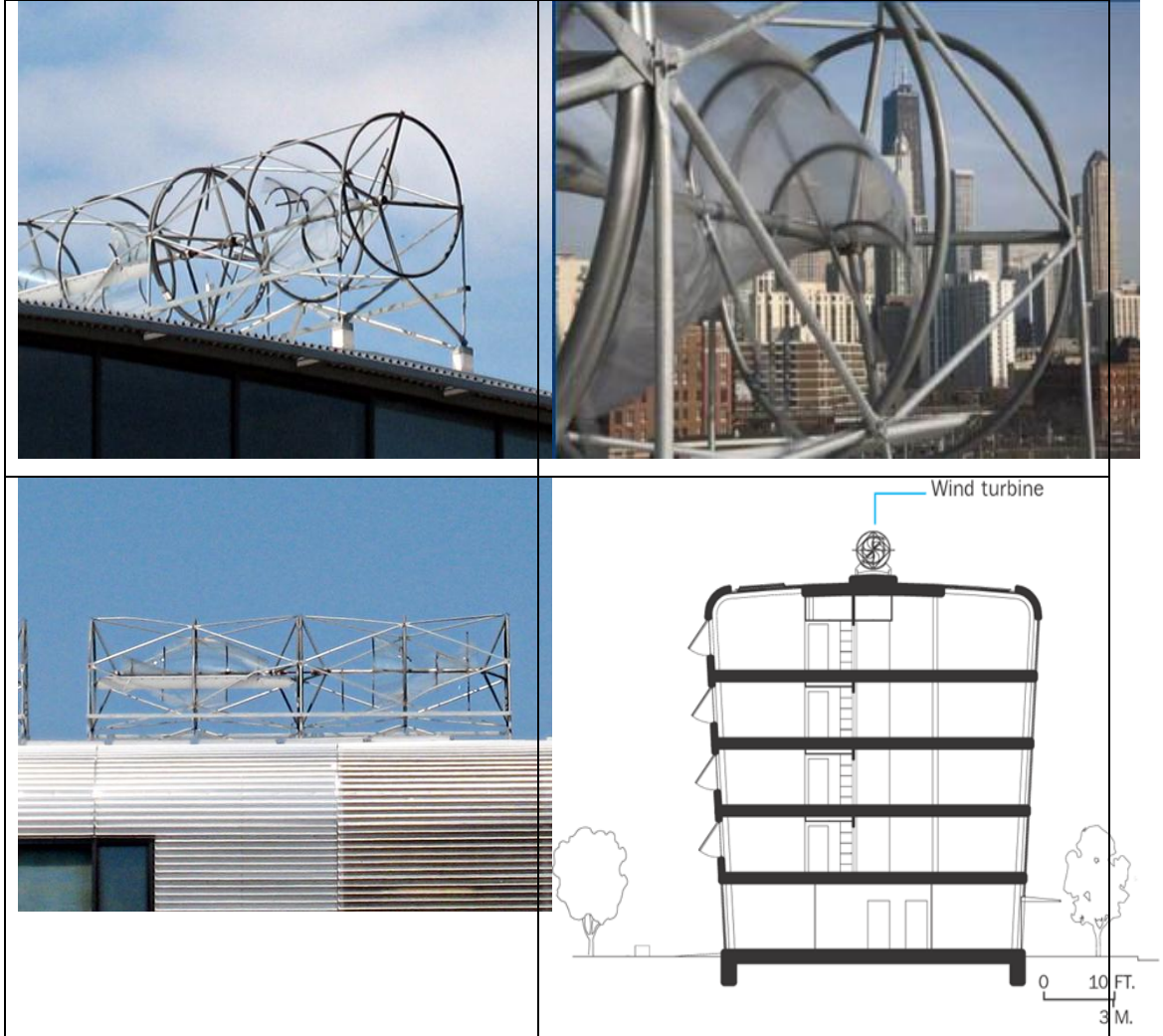
Şekil 4.29 Metal panel kaplama cepheden görünüm(Green Projects ,2009)

4.1.10.2.2 Çatı.

Rüzgâr Türbinleri

Metal çatı üzerine monte edilen sekiz adet silindir şeklindeki binaya entegre rüzgâr türbinleri, güneybatı rüzgârlarından yararlanmak için tasarlanmıştır (Şekil 4.30). Spiral şeklindeki düşey eksenli bina-monte rüzgâr türbinleri, bina tasarımının doğal bir parçası gibi durmaktadır ve her biri çelik kafes içinde helikal pervane ve kanadı içermektedir. Binanın geometrisi ve yönlenmesi rüzgâr hızını arttırmak için özel olarak tasarlanmıştır. Çatı kenarlara doğru rüzgârı türbinlere almak için eğri form almaktadır. Tıpkı uçak kanadından rüzgârın geçmesi gibi rüzgâr geldiği zamanda bina yüzeyine çarpmakta ve çatı üzerinde hızlanmaktadır. Ve tüm bunlar rüzgârın türbinlere hareketini hızlandırmaktadır. Hem sessiz olması hem de elektrik üretimi potansiyeli sebebiyle Mylar kanatlı türbin seçilmiştir. Kanatlarda hafif plastik

malzemenin kullanıldığı bu sistemde, düşük hızda enerji üretilmekte aynı zamanda gürültü ve titreşim azaltılmaktadır. Yapının çatısına entegre edilen rüzgâr panelleri ile tüm binanın elektrik ihtiyacının %10'u karşılanmaktadır (Green Projects,2009).



Şekil 4.30 Çatıda yer alan rüzgâr türbinlerinden görünüm(Green Projects ,2009)

Güneş panelleri

48 adet güneş panelleri yapı çatısına düzlemsel olarak yerleştirilmiştir. Çoğu solar teknolojilerin aksine bu binada kullanılan panellerde bataryaya ihtiyaç olmamaktadır. Bunun yerine panellerden üretilen elektrik enerjisi binanın zemininde bulunan dönüştürücülere (inverter)gönderilmektedir (Near North Apartments with Wind Turbines, 2011).

Tablo 4. 8 Kuzey Apartmanları -Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Kuzey Apartmanları	Cephe	Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
			Rüzgâr	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif

4.1.11 K2 Apartmanları

İŞLEV	Konut	
YER	Melbourne	
YAPIM YILI	2007	
MİMARİ TASARIM	DesignInc Melbourne	
İNŞAAT ALANI	4800 m2	

4.1.11.1 Genel Özellikler

K2 apartmanları, 96 birimden oluşan orta yoğunluklu sürdürülebilir toplu konut projesidir (Şekil 4.31). Victoria Konut Dairesi tarafından başlatılan yarışma sonucu DesignInc Melbourne mimarları tarafından dizayn edilmiştir. Tasarım sağlıklı bina ve çevrenin kombinasyonu ışığında şekillenmiştir ve sürdürülebilirliğin ekonomik, sosyal ve doğal yönleri eşit derecede önemli olarak kabul edilmiştir. Projenin temel çevresel hedefleri sera gazı emisyonlarının ve su tüketiminin azaltılması, geri dönüşümlü malzeme kullanımının en üst düzeye çıkarılmasıdır. Yapısal açıdan pasif güneş tasarımının izlenmesi ile iç mekânda yüksek düzeyde konfor sağlanmaktadır. Binalar güneşten maksimum yararlanmak için kuzeye yönlenmiştir. Dört binanın yüksekliği ve birbirine olan mesafesi yıl boyunca kuzey güneşini alacak şekilde hesaplanmıştır (Roberts,& Guariento,2009).



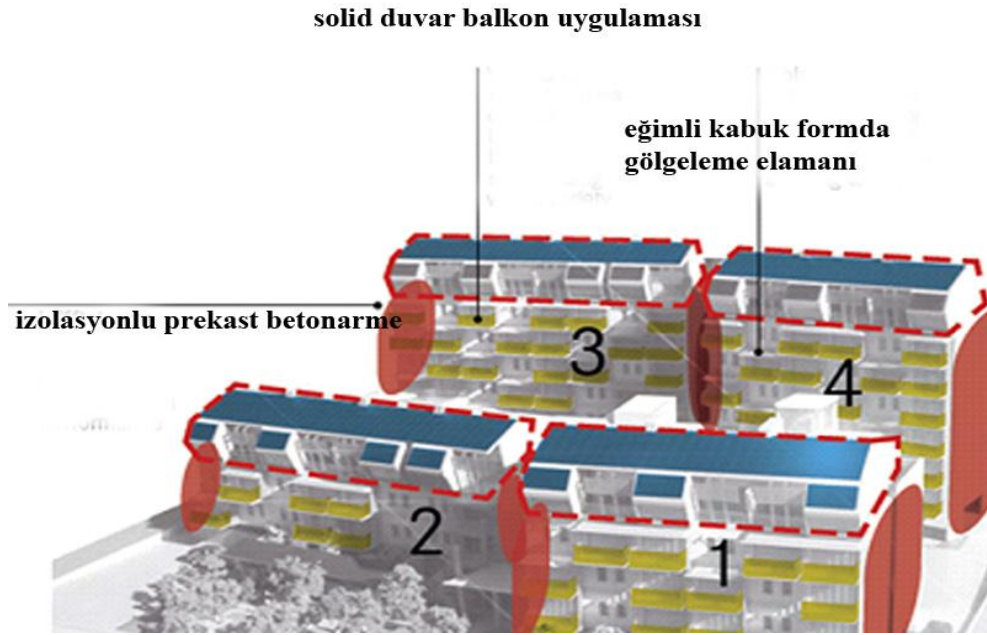
Şekil 4.31 K2 Apartmanları dıştan görünüm(google,2012)

4.1.11.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.11.2.1 Cephe.

Termal kütle

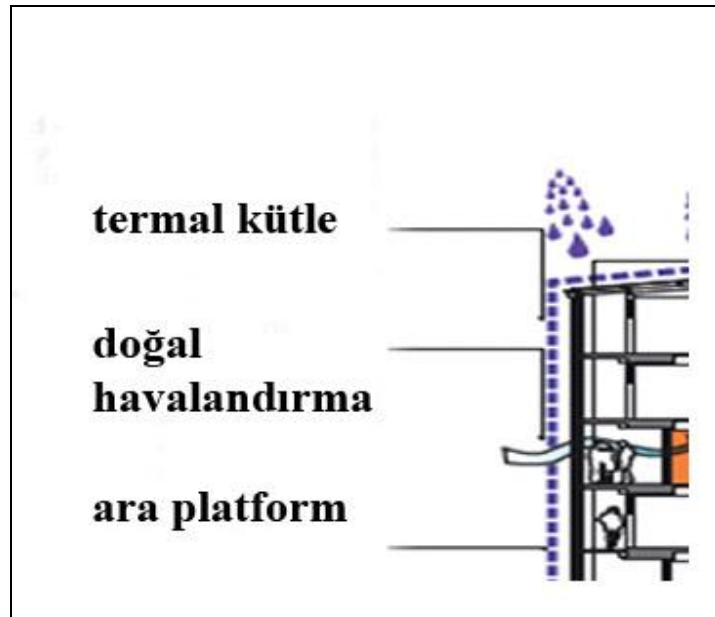
Pasif güneş sistemi uygulamalarını içeren yapının her cephesi bir yöne ve fonksiyona karşılık vermektedir. Kuzey cephesi solid duvarlı balkonlarla kombine edilmiştir. Güney cephesine ise hareketli perdeler entegre edilmiştir. Çatı ve cepheye kabuk formu verilerek solar panellerin optimum açıyla yerleştirilmesi ve alt seviyelerde gölge sağlanması amaçlanmıştır. Cephe üzerinde uygulanan; çift cam, yüksek düzeyde yalıtım, termal kütle, uygun gölgeleme gibi tasarım önlemleri ile yapı örtüsündeki ısı kayıp ve kazançları minimize edilmektedir. Güney cephesinde brüt beton kullanılmıştır ve ısıl stabilite sağlanarak bu sayede ısıtma ve soğutma talepleri azaltılmaktadır. Yapının maksimum ısı performansının sağlanması amaçlı doğu ve batı cephelerinde izolasyonlu prekast betonarme kullanılmıştır (Şekil 4.32) (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.32Yapı cephesinde uygulanan pasif güneş sistem stratejileri(McDonald,2011)

Ara platform(çift tabakalı cephe)

Güneyde cephe ile iç mekan arasında bulunan ara platform hava koşullarına karşı koruma sağlar ve rüzgar baskıları azaltır ve etkin bir şekilde kontrolsüz ısı kayıpları önlemektedir (Şekil 4.33) (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.33 Güney cephesinde uygulanan ara platform sistemi (McDonald,2011)

PV panel

Güneşten enerji kazanım amaçlı kuzeye bakan cephede eğimli yüzeye 40° açı ile yerleştirilen PV paneller, 1000x2000 mm boyutlarında monokristal silikon yapısındadır (Şekil 4.34). 268 m²'lik alanı kaplayan paneller, binanın elektrik talebinin %10'unu karşılamaktadır ve yıllık 25 kWh enerji üretilmektedir (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.34.Cephede yer alan PV panellerden görünüm(McDonald,2011)

4.1.11.2.2 Çatı

Havalandırma şaftları(rüzgâr kepçesi)

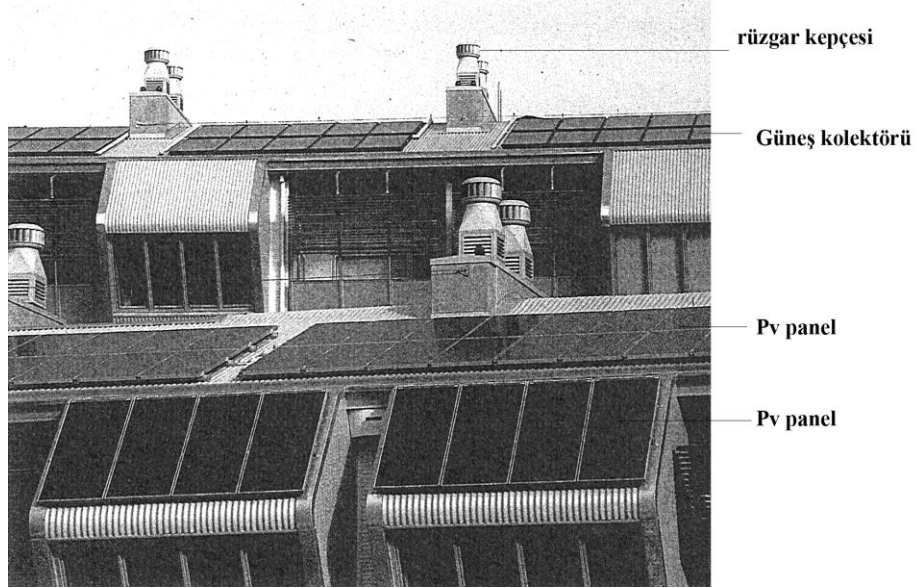
İç mekânda her birim doğal olarak havalandırılan olmasına rağmen, merkezi bir fan ve çatı seviyesinde vantilatörler ile çok sıcak koşullarda aşırı ısı yapıdan tasfiye edilmektedir.

Güneş Kollektörleri

Yapının çatısında bulunan güneş kolektörleri kuzeye yönlenecek şekilde yerleştirilmiştir.130 m²'lik kollektörler evsel sıcak su ihtiyacının en az %50 'sini karşılamaktadır (Roberts,& Guariento,2009).

PV panel

PV paneller yapının kuzeye bakan cephesinde yer almaktadır ve binanın elektrik talebinin %10'unu karşılamaktadır ve yıllık 25 megawatt saat enerji üretilmektedir (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.35.Çatıda yer alan aktif güneş ve rüzgar enerji sistemleri(Roberts,& Guariento,2009)

Termal kütle

Cephenin güney kısmında yer alan çatı termal kütleden oluşmaktadır ve ısıl stabiliteyi sağlayarak ısıtma ve soğutma taleplerini azaltmaktadır.

Tablo 4. 9.K2 Apartmanları -Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
K2 Apartmanları	Cephe	Duvar	Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
				Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
				Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
				Güneş Kolektörü	Isıtma	aktif
				Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
		Havalandırma şaftları	Rüzgar	Rüzgâr Kepçesi	Doğal havalandırma	pasif

4.1.12 Kaohsiung Stadyumu

İşlev	Stadyum
Yer	Taywan
Yapım Yılı	2009
Mimari Tasarım	Toyo Ito



4.1.12.1 Genel Özellikler

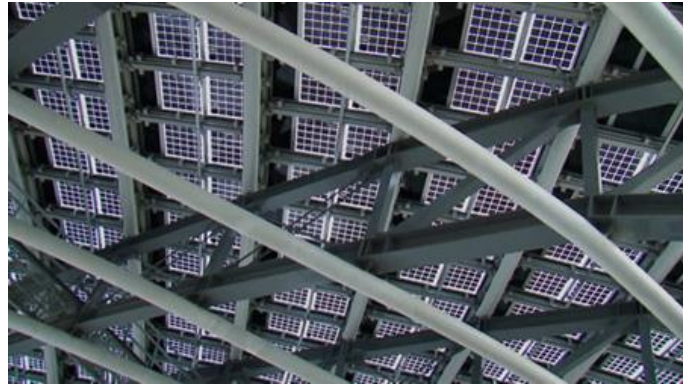
2009'da Dünya Kupası için ev sahipliği yapan Taywan'da düzenlenen yarışma sonucu birinci olan Toyo Ito tarafından tasarlanan stadyum, Kaohsiung'da yer almaktadır. Stadyumun dinamik formu ejderhaya benzemektedir. Düşük kotta yer alan kuyruk kısmında bilet satış noktası ve restoranlar yer almaktadır. Bu noktadan itibaren yükselerek devam eden çatı, yükselerek oval planlı oyun sahasının üzerini örtmekte ve güney kısmında sonlanmaktadır. Aktif sistem ve pasif sistem uygulamaları ile ekolojik yaklaşım sergileyen yapının planlamasında güneş ve rüzgar etkeni göz önünde bulundurulmuştur. Yapının uzun aksı 15 derece kuzey-kuzey batı yönüne paraleldir. Bu sayede oyuncunun gözüne parlak ışık gelmesi

engellenmektedir. Diğer bir pasif tasarım ilkesi rüzgâr kontrolüdür. Stadyum güneye açılmaktadır. Her ne kadar doğal havalandırma ile seyirciler için konfor sıcaklığı sağlansa da meltem oyunu kötü etkileyebilir. Bu yüzden spor alanı rüzgârdan korunmak için yaklaşık 7m aşağıda yer almaktadır (Sebastian,2009).

Stadyumun strüktürü, organik kesitli güçlendirilmiş betonarmeden oluşmaktadır. 150 adet çelik makas kiriş bu betonarme kirişe monte edilmiştir. Bunlar 22.000 m² lik çatının yükünü taşımakta ve iki kat yüksekliğindeki betonarme tabana iletmektedir. Ana strüktür çelik sarmal kafes ile çevrelenmiştir. 55.000 izleyici kapasitesine sahip yapı, dünyadaki en geniş PV panel ile kaplı 14.155m²'lik çatı strüktürüne sahiptir

4.1.12.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.12.2.1 Çatı. Yapı çatısı strüktür boyunca güneşten enerji kazanım için 14.155 m²'lik, 8.844 güneş paneli ile kaplıdır (Şekil 4.36). 2.5m'ye 3.5 m genişliğindeki polikristal PV paneller bir araya gelerek organik şekildeki çatının formunu almıştır. Panellerin açısı hesaplamalara bağlı olarak belirlenmiştir (Sebastian,2009).



Şekil 4.36.PV panellerin çatıdaki konumu(Sebastian,2009)

Güneşin açısına göre hizalanan paneller, her yıl 1.14MWh elektrik üretmektedir ve enerji talebinin %80'ini karşılamaktadır (Şekil 4.37). Ayrıca yapı yıllık 660 tonluk CO₂ emisyonunun azaltılmasından sorumludur.



Şekil 4.37. Her solar çatı bileşeni cam-cam modül ile donatılmış polikristal hücrelerden oluşmaktadır. (Sebastian,2009)

Tablo 4.10 Kaohsiung Stadium -Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Kaohsiung Stadium	Çatı	Çatı	Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
					Gölgeleme	pasif

4.1.13 Strata Tower

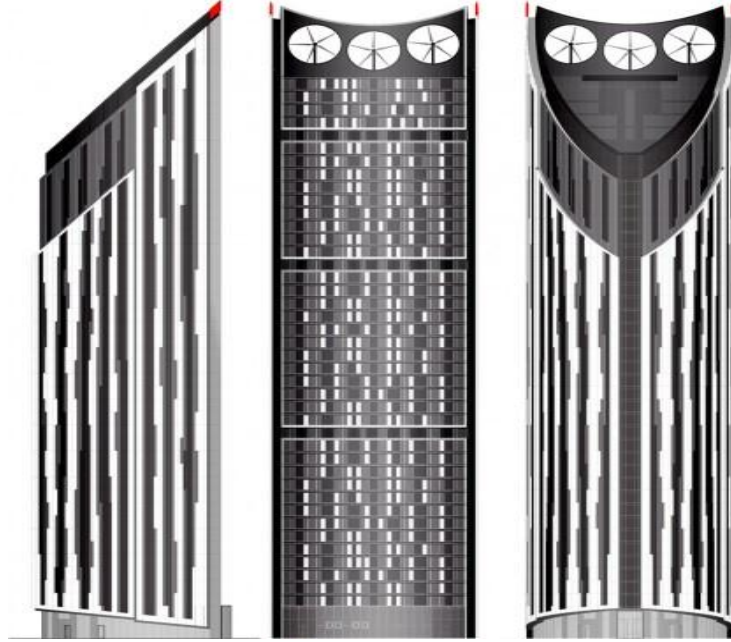
İşlev	Konut
Yer	Londra
Yapım Yılı	2010
Mimari Tasarım	BFLS
İnşaat Alanı	306m ²



4.1.13.1 Genel Özellikler

148 m yüksekliğinde gökdelen, 43 katlı rezidans olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.38). Fosil yakıt kullanımını minimize etme amacı taşıyan yapıda, doğal havalandırma, yüksek performanslı cam kullanımı, enerji etkin önlemler ile yapının enerji

kullanımı, mevcut yapının enerji kullanımına kıyasla %60'ın altındadır (Vaughan 2010).



Şekil 4.38 Strata Tower dış görünüşü (Strata SE1 / BFLS,2011)

4.1.13.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.13.2.1 Çatı.

Rüzgâr Türbinleri

Gökdelen binasının çatısı rüzgar enerjisinden yararlanmak için binaya entegre rüzgar türbinleri tasarımı ile şekillenmiştir (Şekil 4.39). Kulenin alt katlarında rüzgâr hızı rüzgar türbinlerini yararlı hale getirmek için yeterli olmamaktadır. Fakat 42.kat kuvvetli rüzgâra sahiptir. Bölgenin 35 mph(mil) rüzgâr hızı avantajından yararlanmak üzere rüzgar türbinleri tasarlanmıştır. Kulenin çatısına yerleştirilen 3 adet rüzgâr türbinleri yapının elektrik ihtiyacının %8'ini karşılamaktadır. Yıllık 50 MWH elektrik üretilmektedir dokuz metre çapındaki türbinler normalde üç kanatlı olan türbinlerden farklı olarak gürültüyü azaltmak için beş kanada sahiptir. Entegre edilen rüzgâr türbinleri hâkim güney rüzgârını yakalamaktadır. Titreşim ise dört adet anti-titreşim sönümleyici ile ortadan kaldırılmaktadır. Strata binasının CO₂

emisyenlarında tahmini % 73.5 azalma elde edeceği düşünülmektedir (Vaughan, 2010).



Şekil 4.39.Rüzgar türbinleri (Vaughan, 2010)

4.1.13.2.2 Cephe. Yapının çevresel etkilerini azaltmak için bazı pasif yöntemler seçilmiştir. Bu amaçla, klima sistemi yerine doğal havalandırma kullanılmıştır. Bu amaçla giydirmce cepheden oluşan kabukta cephenin belirli bölümünde nefes alabilen katmanlar kullanılarak doğal hava geçişi sağlanmaktadır. Ayrıca gürültüyü azaltmak ve yalıtımı arttırmak için tüm cephenin camlı olmasından kaçınılmıştır. Yüksek performanslı Low-e pencere kullanımı ile ısı kazancı ve kaybı kontrol edilmektedir (Vaughan,2010).

Tablo 4.11 Strata Tower -Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Strata Tower	Cephe	Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Rüzgar	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif

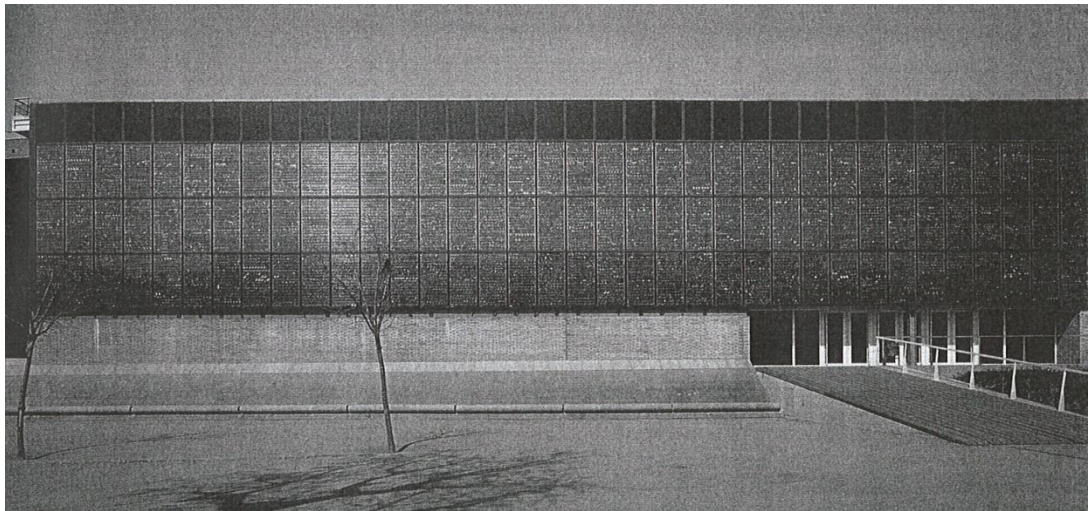
4.1.14 Mataro Kütüphanesi

İşlev	Kütüphane
Yer	Barcelona, İspanya
Yapım Yılı	1998
Mimari Tasarım	Miguel Brullet Tenas



4.1.14.1 Genel Özellikler

İspanya'da Barcelona şehrinin 20 km kuzeyinde yer alan Mataro şehrinde, Aalborg Bildirgesine katılmak için sürdürülebilir politikalar geliştirilmektedir.(Avrupa şehirleri için sürdürülebilirlik sözleşmesi).Bu program kapsamında, enerji ve çevresel planlama çizgisi Mataro Kütüphanesi'ni de içermektedir. Kütüphane yapısı; mimari tasarım, enerji ve binaya entegre PV uygulamalarını bir arada içeren tasarıma sahiptir. Bunun yanı sıra kütüphane yapıları, güçlü ve yüksek kalitede ışığın ilgi odağı olması gereken yerdir ve ışık faktörü tasarımı etkileyen diğer bir etmen olmaktadır

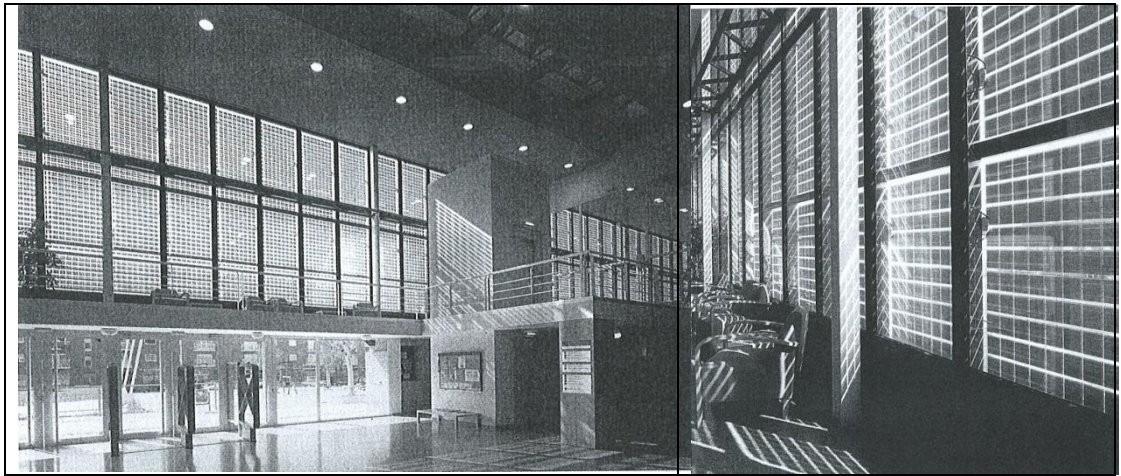


Şekil 4.40.Güney cephesini kaplayan PV panellerden görünüm (Roberts,& Guariento,2009)

Projedeki zorluk, konfor, iç mekan ışık kalitesi, ekonomik yön gibi enerji stratejileri arasında dengenin bulunmasıdır. Proje aynı zamanda Avrupa PV endüstrisinin sunduğu kapasiteyi göstermeyi amaçlamaktadır. Bu sebeple projede farklı teknolojilerde, opak ve yarı-şeffaf monokristal, polikristal ve ince-film amorf silikon hücreler bir arada kullanılmıştır. PV dizileri iki kısımda kullanılmıştır: geniş güney cephesinde çift tabakalı cephe ve yarı-saydam PV modül kullanılmıştır, çatı ışıklıklarında PV ise, monokristal ve amorf silikon modüllerden oluşmaktadır. Yapı ısıtma amaçlı termal enerji ve fotovoltaiik hücrelerin kullanımı ile elektrik üretimi için iki kat enerji sistemi içeren fikri ile tasarlanmıştır (Roberts,& Guariento,2009).

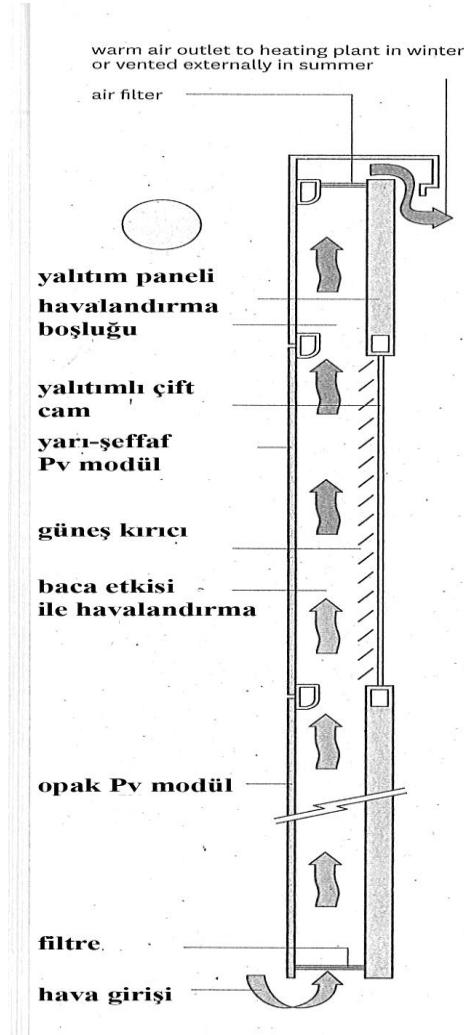
4.1.14.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.14.2.1 *Cephe.* Yapının güney cephesine güneşten enerji kazanımın yanı sıra ısı enerjisi sağlayan havalı T/PV sistem entegre edilmiştir (Şekil 4.41). Sağlam bir kaide üzerinde yükselen dikdörtgen planlı yapının güney giriş cephesi, geniş ölçekli, mavimsi polikristal silikon güneş hücrelerinden oluşmaktadır. Güney cephesi 39.6 m genişliğinde ve 6.5 m yüksekliğindedir. Bu cephe, dış yüzeye yarı-saydam PV entegreli, çift tabakalı havalandırılan cephe kuruluşuna sahiptir. Her modül 1.1x2.15 m polikristal hücrenin iki cam arasına entegre edilmesinden oluşmuştur. Cam, yüksek sıcaklık ve ısı gerilmeye karşı dayanıklı hale getirilmiştir. Yapının bu 225 m²'lik kısmı ile kütüphanenin elektrik ve ısı ihtiyacının büyük bölümü karşılanmaktadır (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.41 Güney cephesinde yer alan çift tabakalı PV sistemin iç mekandan görünüşü (Roberts,& Guariento,2009)

Arka cephe ve duvarların bitim noktası ise metal saç kaplamadan oluşmaktadır. Çeşitli döşemeler ve duvar bitimindeki pencereler, kuzey cephesindeki çatıda bulunan şeritlerden ve yarı şeffaf güney cephesi aracılığıyla ışık almaktadır. Güney cephesine ve çatı ışıklıklarındaki eğimli yüzeylere PV paneller entegre edilmiştir. Yarı-saydam polikristal hücrelerden oluşan PV paneller arasındaki yatay çizgiler arasında 1.4 cm boşluk bırakılmıştır. Bu şeffaf yatay bant tüm cephe boyunca devam etmekte ve iç mekâna doğal ışığın geçişini sağlamaktadır. Güney cephesindeki güneş hücreleri desen oluşturmakta, eklemleri vasıtasıyla günışığını iç mekâna almakta ve kısıklı ışıktaki bile çekici iç ortam yaratmaktadır (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil.4.42.Cephede uygulanan Havalı T/PV sistem detayı
(Roberts,& Guariento,2009)

2m² 'lik prefabrik PV modüller, çift cam ile arka tarafı kapalı olan çerçeve konstrüksiyona tespit edilmiştir. Oluşturulan boşluk PV'lerin soğuması için havalandırma sağlarken aynı zamanda sıcak hava üretmektedir. Bu şekilde 15 cm'lik boşlukta yaratılan hava, güneş yolu ile ısıtılmaktadır (Şekil 4.42). Kışın, serbest konveksiyon akımları ya da fanlar, ısıtılmış havayı geleneksel bir ısıtma tesisine iletmektedir ve bu ısı taze hava girişini ısıtmak için kullanılmaktadır. Bu yöntem ile %15 enerji korunumu sağlanmaktadır. Yazın ise içeri alınan hava, yoğun olarak ısınan PV modüllerin havalandırılması için servis vermektedir ve bu ısı yükselerek çatı kapaklarından dışarı verilmektedir. Böylece boşluk termal tampon olarak iç mekânı koruyucu görev görmektedir (Roberts,& Guariento,2009).

4.1.14.2.2 Çatı. Çatıda 4x94 m² ölçülerinde dört lineer ışıklık bulunmaktadır. Bu elemanlar 37° eğimle yerleştirilmiştir ve günışığının kuzey tarafına alınmasına izin vermektedir (Şekil 4.43). PV modüllerin bazısı yarı-saydam amorf silikondan yapılmışlardır. Her ışıklık 30 adet çok fonksiyonlu, opak, termovoltaiik modüle sahiptir. Merkezde yer alan altı adet yarı-şeffaf modüller, giriş için ışık sağlamaktadır. İki tip opak modül bulunmaktadır. İlki monokristal fotovoltaiik güneş hücreleri iken diğeri poli-kristal hücrelerden oluşmaktadır. Yarı-şeffaf modüller çift cam arası amorf silikon güneş hücrelerinden oluşmaktadır (Roberts,& Guariento,2009).



Şekil 4.43.Çatıda yer alan PV modüllerden görünüm (Roberts,& Guariento,2009).

Tablo 4.12 Mataro Kütüphanesi -Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Mataro Kütüphanesi	Cephe	Duvar	Güneş	T/PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
					Isıtma	aktif
					Doğal Aydınlatma	pasif
					Gölgeleme	pasif
	Çatı	Işıklık	Güneş	T/PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
					Isıtma	aktif
					Doğal Aydınlatma	pasif
					Gölgeleme	pasif

4.1.15 Media- İct Ofis Binası

İşlev	Ofis Binası
Yer	Barselona, İspanya
Yapım Yılı	2009
Mimari Tasarım	Cloud 9
İnşaat Alanı	23.104 m ²



4.1.15.1 Genel Özellikler

İspanya'nın Barselona şehrinde, bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda yeni projelerin tasarlandığı, üretildiği ve sergilendiği merkez olarak hayata geçirilmiştir. 8 katlı ve 38 m yükseklikteki yapı 23.104 m² lik inşaat alanına sahiptir. Bina hacmi 44m x 44m x 37.82m yükseklikteki bir küp formudur (Suner,2011). Toplamda %95 daha düşük CO₂ salımı gerçekleştirmesiyle yeşil karnesi oldukça iyi olan yapı aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Bölgesel soğutma ve temiz enerji ile %20 daha düşük CO₂ salımı,
- Çatıda PV panel kullanımı ile %10 daha düşük CO₂ salımı,
- Hareketli ETFE güneş filtreleri sayesinde %55 daha düşük CO₂ salımı,
- Akıllı algılayıcılar sayesinde sağlanan enerji tasarrufu ile %10 daha düşük CO₂ salımı.

4.1.15.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

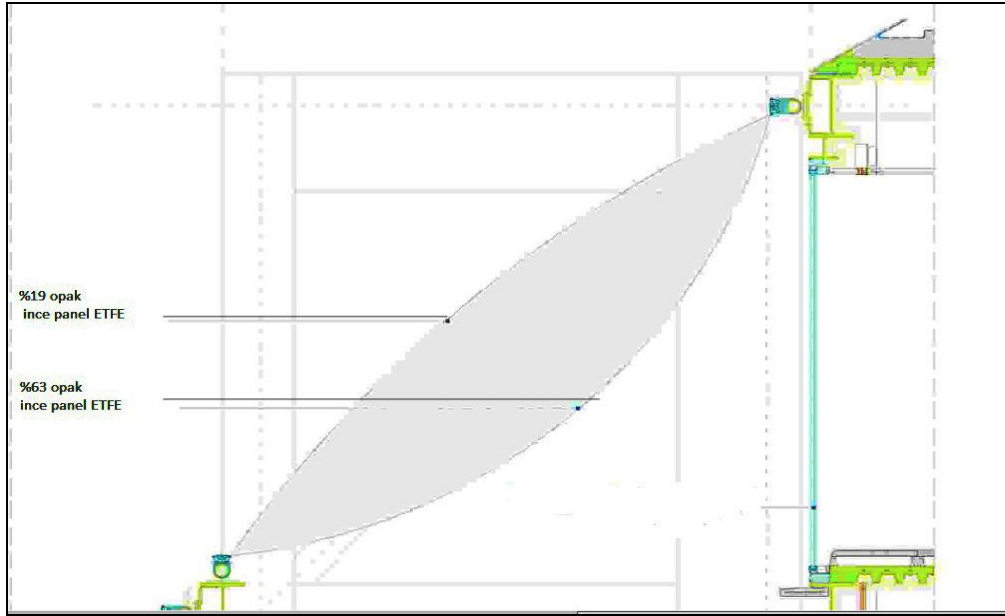
4.1.15.2.1 *Cephe*. Güneşe maruz kalan güney doğu ve güney batı cephelerinde kullanılan malzeme ve teknoloji ile bina değişen ısı ve ışık şartlarına uyum sağlamaktadır. Yapının her iki cephesinde 2500 m² ekolojik verimliliği yüksek olan ETFE kaplama kullanılmıştır. Güney-doğu cephesi altı saat boyunca güneş ışığını soğurmaktadır. 0.2mm kalınlığındaki ETFE (Etilen Tetraflor Etilen)kaplama içbükey ve dış bükey üçgen bir mozaik şeklinde tasarlanmıştır (Şekil 4.44). Üçgen bir çerçeve içinde sabit ve bir yastık gibi şişirilmiş üç katmandan oluşan ETFE paneller, dışarının ısisına karşı diyafram şeklinde çalışarak cepheyi yalıtılmaktadır (Suner,2011).



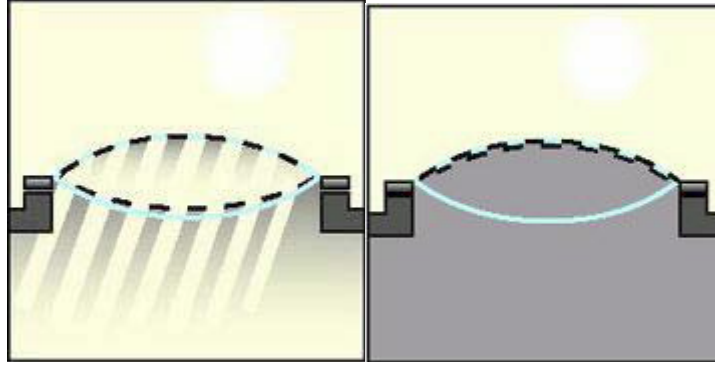
Şekil 4.44 Güney-doğu cephesi ETFE panellerden görünüm
(Media-Tic, With The Almost-Finished Works,
Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)



Şekil 4.45 Güney-doğu cephesi genel görünüm
(Media-Tic, With The Almost-Finished Works,
Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)



Şekil 4.46 Güney-doğu cephesi ETFE panel sistem kesiti
(Media-Tic, With The Almost-Finished Works,
Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)



Şekil 4.47 ETFE Diyafram Yapısı çalışma diyagramı
(Media-Tic, With The Almost-Finished Works,
Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)

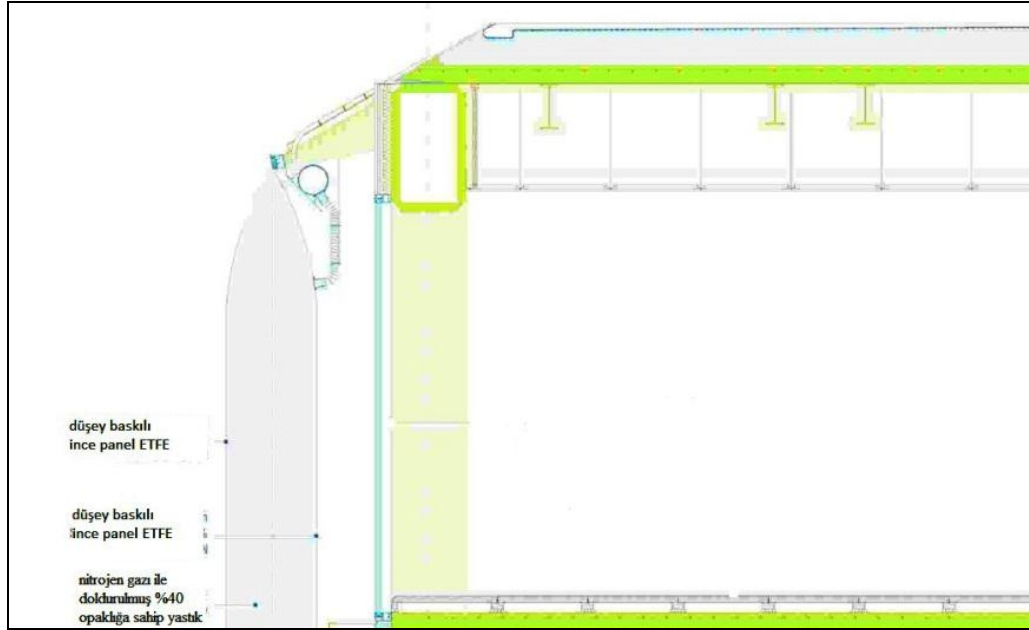
ETFE paneller hava ile şişirildiğinde katmanlar arası hava ile dolmaktadır ve ısı yalıtımı sağlanmaktadır. Aynı zamanda şişirilen sistem ile paneller üzerindeki gölgeleme desenlerin örtüşmesi ile ETFE paneller güneş kırıcı gibi davranarak ışık geçişini kontrol etmektedir (Şekil 4.47) (Suner,2011).

Sistem yazları kapanarak gölge sağlamakta kışları ise açılarak güneş enerjisini iç mekâna almaktadır. İlk katman transparan, ikinci katman ve üçüncü katman ise ters desenli tasarıma sahiptir ve bunlar şişirildiğinde yada söndürüldüğünde cepheyi transparan yada opak yapmaktadır Bu da aşırı gün ışında ısı ve ışığın girişini engellemektedir (Suner,2011).

ETFE paneller ayrıca güney-batı cephesinde de kullanılmaktadır ve bu cephe de altı saat günışığına maruz kalmaktadır. Güney-doğu cephesindeki uygulamadan farklı olarak opaklığı arttırmak için, arası nitrojen gazı ile doldurulmuş düşey yönde, iki katmandan oluşan ‘çift dışbükey merceksi’ olarak bilinen uygulama kullanılmıştır (Şekil 4.48). Nitrojen gazının yoğunluğu paneller içinde bir sis etkisi oluşturarak, cephede bulut gibi solar filtre yaratmaktadır. Diğer iki cephe ise üç saat güneşe maruz kalmakta ve iç mekânda kullanılan jaluziler ile istenmeyen günışığı engellenmektedir(Suner,2011).



Şekil 4.48.Güney-batı cephesi(Media-Tic, With The Almost-Finished Works, Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)



Şekil 4.49 Güney-batı cephesi ETFE panel sistem kesiti
(Media-Tic, With The Almost-Finished Works, Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)

ETFE panelin kirişlerine ışık ölçer 104 adet sensörler bağlanmaktadır (Şekil 4.50). Bu şekilde pnömomatik mekanizması kullanımı ile sistem aktif hale getirilmekte ışığın miktarına göre otomatik olarak katmanlar arasındaki boşluk artmakta ya da

azalmaktadır. ETFE panel yüzey ile ısı kontrolü yapmakta aynı zamanda ışığın geçişini optimize etmektedir. Kış aylarında solar kazan için açılmakta, yaz aylarında ise güneşten korunmak ve gölge sağlamak amacıyla kapanmaktadır (Suner,2011).



Şekil 4.50.Cephe detayı (Media-Tic, With The Almost-Finished Works, Is The New Image Of Barcelona Digital,2012)

4.1.15.2.2 Çatı. Yapının çatısına entegre edilen 700 adet PV panel ile 29.000 kWh enerji elde edilmektedir.18.8 ton CO₂ salınımı engellenmektedir (Suner,2011).

Tablo 4. 13. Media –İct Ofis Binası- Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Media –İct Ofis Binası	Cephe	Duvar	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
					Gölgeleme	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif

4.1.16 Manitoba Hydro Ofis Binası

İşlev	Ofis Binası
Yer	Kanada
Yapım Yılı	2009
Mimari Tasarım	Kuwabara Payne McKenna Blumberg (KPMB)
İnşaat Alanı	64,800 m ²



4.1.16.1 Genel Özellikler

Manitoba Hydro binası, enerji etkin yaklaşım, kente canlılık kazandırılması ve çalışma alanlarını desteklemesi gibi iddialı hedefler taşımaktadır. 700.000 m² lik taban alanına sahip blok 22 kattan oluşmakta ayrıca yapı aşırı iklim şartlarına sahip bölgede bulunmaktadır. Bu bölge şehrin transit sistemi ve yürüyüş yolları ağına yakınlığından dolayı seçilmiştir. Form ve kütle iklimden sorumlu olmasının yanında mimari olarak Chicago ölçekli kentsel ruhu yeniden canlandırmaktadır. Tasarım görünür bir şekilde çevreye karşı sorumlu bir uygulama gerçekleştirmekte, rüzgâr, jeotermal ve pasif güneş enerji uygulamaları ile %64 enerjiden tasarrufu sağlamaktadır. Bina kullanıcı konforunu korurken enerji verimliliğini yüksek düzeyde sağlamak için pasif enerji teknolojileri uygulamalarını yüksek düzeyde tutmaktadır. Güneye bakan kış bahçesi, doğal aydınlatma ve güneş bacası gibi pasif sistemler ile çevresel ve doğal süreçten enerji kullanımını azaltmak için yararlanılmaktadır.

Binanın kuzey cephesini minimize etmek için yapı binanın kuzeyinde daralmaktadır. Güneş ve rüzgâr enerjisinden maksimum seviyede yararlanmak için yapının güney cephesi daha geniş yüzeylidir.(Linn,2010)



Şekil 4.51 Ofis Binasında uygulanan havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemi(Linn,2010)

1. Güney cephesindeki kış bahçesine temiz hava girişi
2. Mevsime bağlı olarak hava nemlendirilmekte ya da nemi alınmaktadır.
3. Hava döşeme altında yer değiştirilmesi yoluyla dağıtılmaktadır.
4. Radyant tavan, ihtiyaca göre ısıyı uzaklaştırmakta ya da ortama vermektedir.
5. 280 adet jeotermal borusundan beslenen soğutucu sistem, radyant tavan aracılığıyla ısıyı çekmekte ya da göndermektedir.
6. Ofislerde kullanılan hava kuzey cephesinde yer alan atriuma iletilmektedir.
- 7.Kullanılan hava ısısal baca aracılığıyla yapıdan uzaklaştırılmaktadır.
- 8.Kışları bacadan çekilen sıcak hava garajın ısıtılmasında kullanılmaktadır (Şekil 4.51).

4.1.16.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.16.2.1 Cephe.

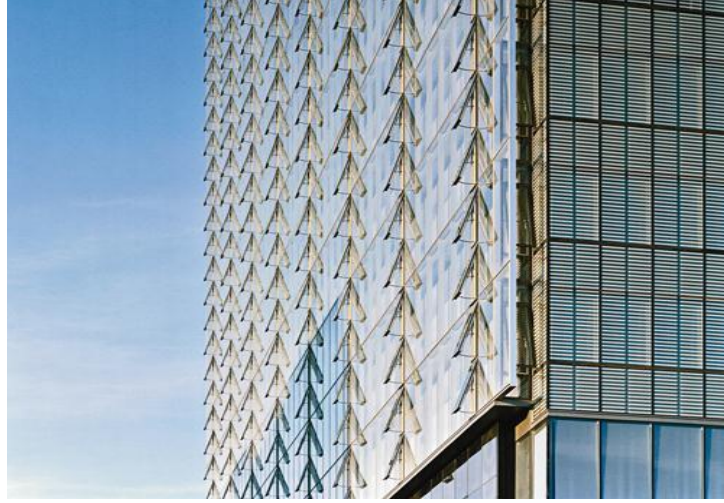
Isısal Baca Uygulaması

Yapının kuzey köşesinde yer alan 115 m yüksekliğindeki güneş bacası zeminden çatıya kadar yükselmektedir (Şekil 4.52).Cephede tasarlanan güneş bacası hem mimari ikon olması hem de pasif havalandırma stratejisi açısından önem taşımaktadır. Yapının pasif havalandırma sisteminin kilit noktası olarak yapıdan havanın çekilmesi doğal baca etkisine bağlıdır. Ofislerden geçen hava, binanın kuzey ucunda bulunan güneş bacasıyla atılmaktadır. Yani güneş bacası yapı boyunca hava hareketi ve havalandırma sağlamaktadır. Kum dolgulu borular güneş ışınımını absorbe ederek soğuk kış gecelerinde baca etkisinin devam etmesine yardımcı olmaktadır. Güneş bacasının üzerinde camın arkasında 17 ton kum ile dolgulu 632 boruda güneş ısı saklanmaktadır(Kuwabara, Auer, Gouldsborough, Akerstream, Klym 2009).



Şekil 4.52 Isısal Baca Uygulamasından görünüm (Linn,2010)

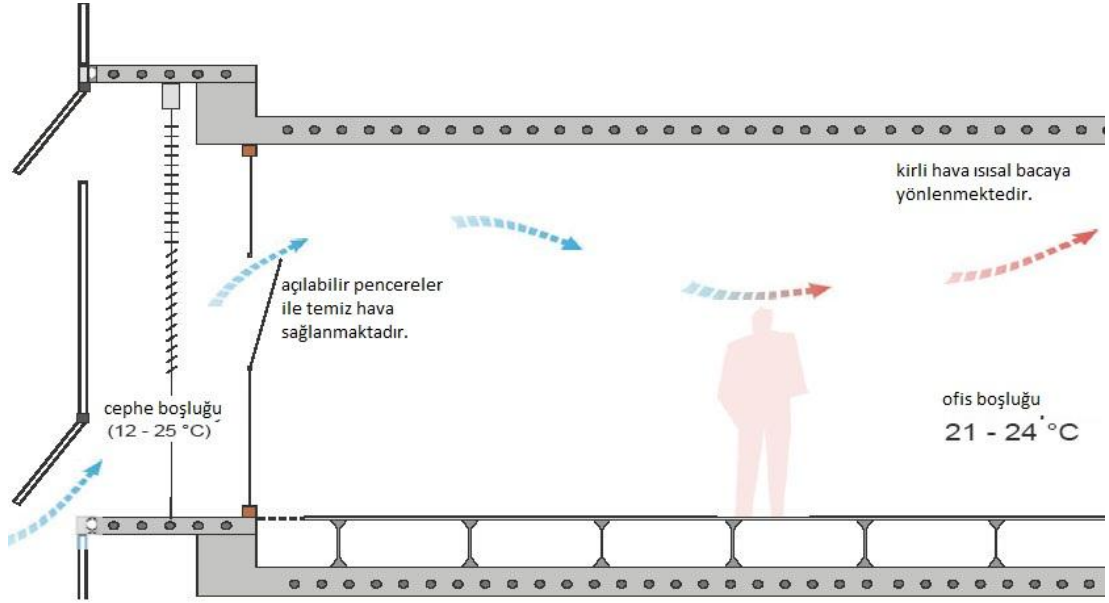
Kışın atılan hava güneş bacasının altına çekilmektedir. Atık havadan elde edilen ısı otoparkın ısıtılmasında ve kış bahçesindeki havanın ön ısıtmasında kullanılmaktadır. Yaz aylarında ise sıcak hava güneş bacasından dışarı atılmaktadır.



Şekil 4.53 Çift tabakalı cephe sisteminden görünüş (Linn,2010)

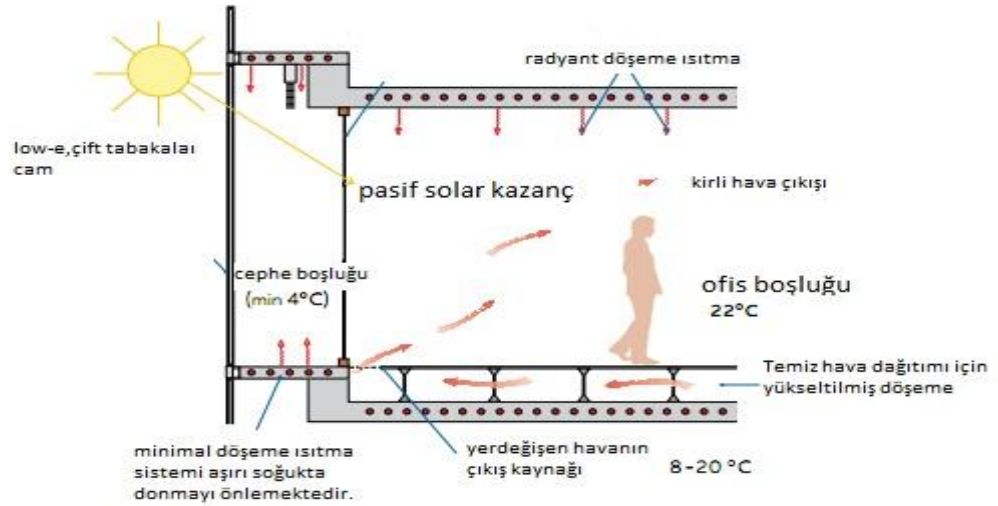
Çift Tabakalı Cephe Sistemi

Yaz durumunda, çift tabakalı cephede hava ısındığı zaman bina otomasyon sistemi tarafından otomatik açılan pencereler yardımıyla sıcak hava dışarı verilmektedir (Şekil 4.54). Ayrıca kuzey köşesinde bulunan iki kat yüksekliğindeki atriumlar ile ofislerden hava çekilerek havalandırma sağlanmaktadır (Kuwabara, Auer, Gouldsborough, Akerstream, Klym,2009).



Şekil 4.54 Yaz durumu şeması(Linn,2010)

Kışın ise gaz dolgulu, Low-E cam kaplı cepheden içeri alınan güneş ısısı iç mekâna verilmektedir (Şekil 4.55). Ayrıca çift tabakalı giydirme cephe arasında yer alan ince döşeme soğuk kış gecelerinde donmayı önlemek için ısı vermektedir (Kuwabara, Auer, Gouldsborough, Akerstream, Klym,2009).



Şekil 4.55 Kış durumu şeması (Linn, 2010)

Kış Bahçesi

Güneye bakan cephede bulunan kış bahçesi 24 m yüksekliktedir ve pasif iklimlendirme sağlamaktadır (Şekil 4.56). Kışın güney cephesinden giren taze hava ofislere ulaşmadan önce güneş tarafından ısıtılmakta ve su özelliği ile nemlendirilmektedir (Kuwabara, Auer, Gouldsbrough, Akerstream, Klym 2009).



Şekil 4.56.Kış bahçesinden görünüm (Linn,2010)

4.1.16.2.2 Döşeme.

Isı Yayan Tavan

Yapıda ısıtma ve soğutma temel olarak jeotermal enerjiden sağlanmaktadır. Jeotermal sistem binanın altında yer alan 280 adet kuyudan oluşmaktadır. Her kuyu yaklaşık 121 m derinlikte ve kapalı glikol döngüsü içermektedir. Kış aylarında zemin ısısı glikolü ısıtmaktadır. Glikolden çekilen ısı suya transfer edilmektedir ve bu ısı binanın betonarme döşemelerine gömülü borularında dolaşmaktadır. Her kattın tavanında devam eden döşemeler su ile ısıtılmaktadır. Isı çalışma alanlarına döşemelerden yayılmaktadır. Yazları ise sistem tam tersine çalışarak yapıdan ısıнын uzaklaştırılması ve yeraltına transferi sağlanmaktadır. Toplamda 228 m boru

döşemelerden geçmektedir. Döşemeler termal kütleyle sahip olup sıcaklık kontrolü sağlamaktadır. Radyant ısı sistemi ve jeotermal enerji ile %60 ısı sağlanmaktadır (Kuwabara, Auer, Gouldsborough, Akerstream, Klym 2009).

400 metre derinlikte bulunan jeotermal kuyular soğutucuları beslemektedir.

Jeotermal kuyulardan akışkan, soğutucularla çekilmekte ve ısı yayan tavanda dolaşmaktadır. Jeotermal kuyulardan beslenen soğutucular ısı yayan tavan ile ısıyı transfer etmektedir. Isı yayan tavan ihtiyaca göre iç mekana ısı vermekte ya da ısıyı uzaklaştırmaktadır (Kuwabara, Auer, Gouldsborough, Akerstream, Klym 2009).

Tablo 4. 14. Manitoba Hydro Ofis Binası- Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Manitoba Hydro Ofis Binası	Cephe	Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
		Duvar	Güneş	Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
				Kış Bahçesi	Isıtma-soğutma	pasif
				Isısal Baca	Doğal havalandırma	pasif
					Isıtma	pasif
	Döşeme	Döşeme	Jeotermal	Isı yayan tavan	Isıtma-soğutma	aktif

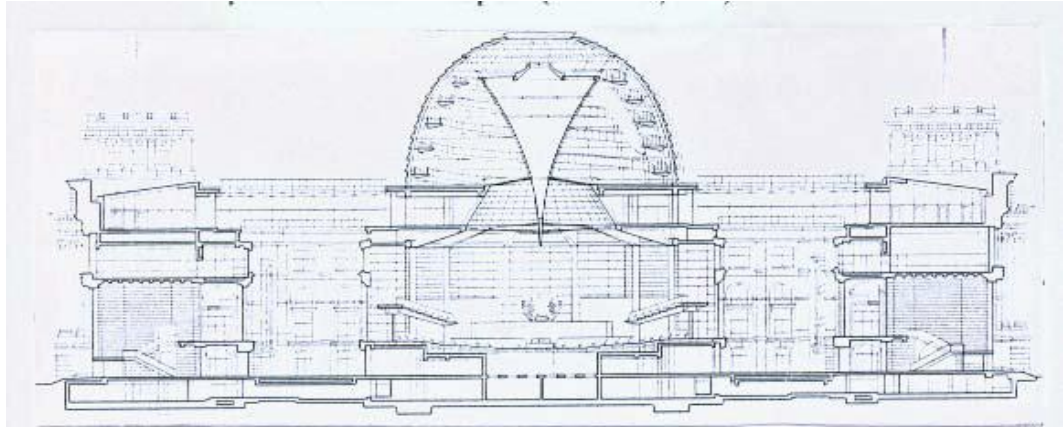
4.1.17 Reichstag Alman Parlamento Binası

İşlev	Yönetim Binası
Yer	Almanya
Yapım Yılı	1999
Mimari Tasarım	Norman Foster ve Ortakları



4.1.17.1 Genel Özellikler

Reichstag Alman Parlamento Binası; Berlin’de 1894 yılında Birleşmiş Almanya Meclisi olarak yapılan neo-klasik bir yapıdır. 1933 tarihinde savaş esnasında kundaklanan yapı hasar görmüş, daha sonra 1988-1991 yılları arasında yeniden onarılıp inşa edilmiştir. Federal hükümet savaşta yanan Alman Federal Parlementosu’nun eski binasının yeniden rehabilitasyonuna karar vermiş, 1992’de yapının yeniden inşası için açılan yarışmayı Foster ve Partners kazanmıştır ve proje 1995’te başlamıştır. Yapının üst kısmında yer alan cam kubbe, İngiliz mimar Norman Foster tarafından tasarlanarak binaya eklenmiştir. Projenin tasarımında, yapının tarihine duyarlılık, enerji etkin yaklaşımla ekolojik duyarlılık ve toplumsal kullanım için duyarlılık gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur ve tasarım bu doğrultuda şekillenmiştir. Savaşta hasar gören yapı tarihi izleri kapatılarak yeniden inşa edilmiştir fakat Foster yapıyı yenilerken tarihi unsurları korumuş, iç mekandaki detayları ortaya çıkartarak yapının yaşayan bir müze olmasını hedeflemiştir. Demokrasinin görünür kılınması için halka açık alanların projenin tasarımında önemli rolü olmuştur (Altın,2010).



Şekil 4.57 R.P.B. Kesit (Daniels,1997)

Çelik kubbe strüktürü, temelde 38 m çapında ve 23.5 m yüksekliğinde olup yapının dış görünüşüne farklı bir yorum kazandırmıştır. Kubbenin başlangıç noktasındaki halka açık, genel görüş platformundan 16 m yukarıya çıkan çift sarmal rampayla kubbenin üst noktalarına ulaşılmaktadır. Bu rampa ziyaretçileri kubbenin

merkezinin altından manzara platformuna tırmanmalarına izin vermektedir (Daniels,1997)

4.1.17.2.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.17.2.1 Cephe-Çatı.

Doğal Aydınlatma

Eski yapının ortasında yer alan toplantı salonunu örten 36m çapındaki şeffaf kubbe ekolojik kriterler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Doğal havalandırma, doğal aydınlatma ve enerji korunumu gibi özellikleri taşıyan kubbenin ortasından toplantı salonuna sarkan ters-konik strüktür, ekolojik açıdan pek çok işleve sahiptir. Yansıtıcı aynalardan oluşan bu strüktür, kubbeden toplantı salonuna gün ışığını yansıtarak doğal aydınlatmaya yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.58.Kubbenin ortasında yer alan yansıtıcı aynalardan oluşan ters koni (Erkarslan, 2012)

Kubbenin ortasındaki yansıtıcı aynaların oluşturduğu strüktür, maksimum15 m çapında olup gün ışığının dairesel alanın aşağısına doğru yansımaya yardımcı olmaktadır (Şekil 4.58) (Daniels,1997)

Doğal Havalandırma

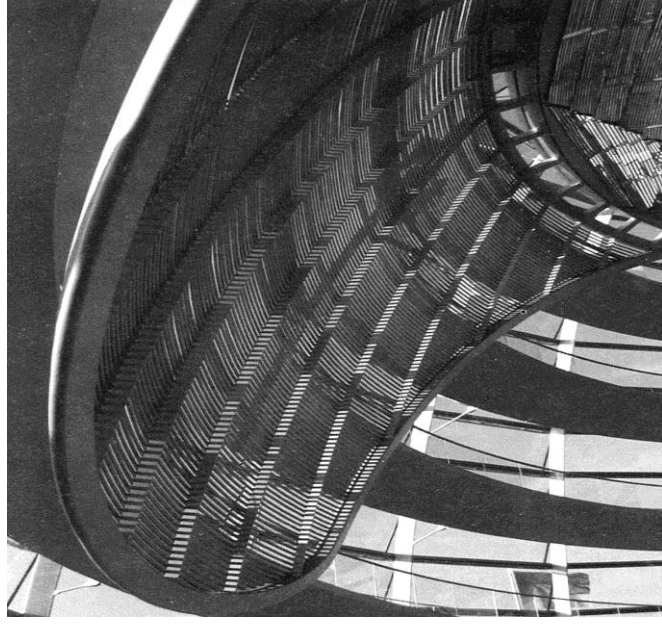
Reichstag parlamento binasında atrium üzerini örten cam kubbe doğal havalandırmayı sağlamaktadır. Dışarıdan alınan temiz hava, binanın bodrum katının galerisinden toplantı salonun zeminine dağıtılmaktadır. Toplantı salonunda kullanılan kirli hava kubbenin ortasında bulunan koni strüktüründen dışarı verilmektedir (Şekil 4.59). Bu strüktür ayrıca baca gibi çalışarak toplantı salonundaki kirli ve sıcak havanın çıkmasını sağlamaktadır. Bu yolla salonun havalandırma için gereken enerji tüketimi ve aydınlatma için gereken elektrik enerjisi azaltılmış olmaktadır (Daniels,1997).



Şekil 4.59 Havalandırma bacası olarak işleyen koni strüktür
(Altın, 2010)

Gölgeleme Elemanı

Tamamen camdan oluşan kubbenin aşırı güneş ışığına karşı korunması için jaluzilerden oluşan güneş kırıcı tasarlanmıştır (Şekil 4.60). Güneşin geliş açısına bağlı olarak kubbe etrafında dönerek güneş ışığının doğrudan gelmesini önlemektedir (Daniels,1997).

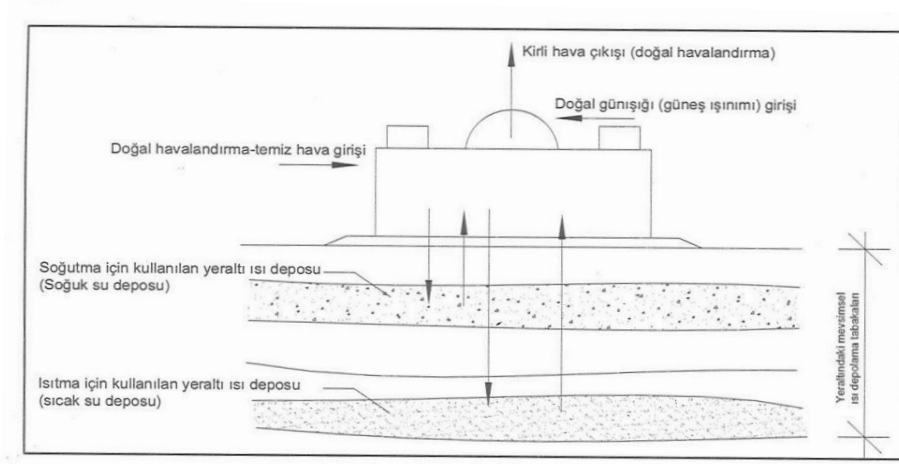


Şekil 4.60.Hareketli Gölgeleme Elemanı (Altın, 2010)

PV Panel

Yapıda kullanılan bir başka güneş enerji sistemi ise PV panel kullanımıdır. Toplam 370 m² alana sahip panellerden yıllık ortalama 30 000 kWh enerji elde edilmekte ve bu elektrik enerjisi binanın ihtiyacı için kullanılmaktadır (Altın,2010).

4.1.17.2.2 Döşeme. Reichstag binasında, ısıtma ve soğutma amaçlı ‘mevsimsel ısı depolama’ sistemi kullanılmaktadır. Yerin 800m altında bulunan su katmanına, Parlamento binasında üretilen ve kullanılmayan fazla enerji aktarılmaktadır. Burada depolanan sıcak su kış aylarında yukarı pompalanarak mekânların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Yazın ise yerin 300m altında bulunan su katmanında depolanan soğuk su mekânın serinletilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 4.61).



Şekil 4.61 Reichstag Binası ısıtma ve soğutma sistemi şeması (Altın,2010)

Ekolojik tasarım kriterlerine bağlı anlayışın ürünü olan yapıda enerji elde etmek için kullanılan bir başka yöntem biyo-yakıt olarak rafine edilmiş bitkisel yağın kojeneratörde yakılarak kullanılmasıdır (Altın,2010).

Tablo 4.15 Reichstag Binası- Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Reichstag Alman Parlamento Binası	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
				PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
	Çatı	Çatı	Rüzgar	Koni strüktür	Doğal havalandırma	pasif
	Döşeme	Döşeme	Biyoyakıt	Bitkisel yağ	Isıtma	aktif

4.1.18 Sieeb Araştırma ve Eğitim Merkezi

İşlev	Araştırma ve Eğitim Merkezi
Yer	Beijing (ÇİN)
Yapım Yılı	2006
Mimari Tasarım	Mario Cucinella Architects
İnşaat Alanı	20.000 m ²



4.1.18.1 Genel Özellikler

SIEEB, Tsinghua Üniversite Kampüsünde yer almaktadır. Akıllı, ekolojik, enerji etkin olarak tasarlanan bu yapı, konut-inşaat sektöründe sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaşmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. 200 kişilik oditoryum ve ofisleriyle çevre koruma ve enerji tasarrufu için araştırma, eğitim ve öğretim merkezi olarak ev sahipliği yapacaktır (Butera, Adhikari, Caputo, Ferrari & Oliaro,2005).

Tasarım felsefesi, iklimsel ve mimari bağlamda yanıt verebilen bir yapı oluşturmak için sürdürülebilir tasarım ilkeleri ve en gelişmiş teknolojileri bir araya getirmektedir. Tasarımda iç mekân konfor şartlarının optimizasyonunu sağlamak için dış çevre koşullarının kontrolü amacıyla yapının formu ve örtüsünün tasarımında aktif ve pasif stratejiler bir arada kullanılmıştır.

4.1.18.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.18.2.1 Cephe. Pencere boyutları doğal aydınlatma, parlama, enerji kayıpları ve güneş kazanımları dikkate alınarak optimize edilmiştir. Yapay aydınlatma için sabit-hareketli yansıtıcı lameller, prizmatik kırıcılardan yararlanılmakta, yapay aydınlatmanın bir kısmı PV panellerden edinilen enerjiden karşılanmaktadır.

İtalyan mimar bu projede, cephede kullandığı cam ile aydınlık ve şeffaf mimari yaratmıştır. Tasarım sürecinde cephe sisteminin tasarımı üzerine odaklanmıştır. Enerji ve ışığın iletiminin optimizasyonu için farklı cam çözümleri uygulamıştır.

Güney cephesi tek tabakalı olarak tasarlanmıştır. Cephede gölgeleme sağlamak ve enerji kazancı için PV paneller saçaklara monte edilmiştir.

Doğu ve batı cepheleri çift tabakalı olarak tasarlanmış ve doğal havalandırma sağlanmaktadır (Şekil 4.62).İstenmeyen güneş ışığından korunma, cephenin en dışına monte edilen yatay desenli cam panellerle, ara boşluktaki yatay gölgeleme elemanı ve iç mekândaki storla sağlanmaktadır (University Building in Beijing,2007).



Şekil 4.62.Batı cephesi-çift tabakalı cephe kuruluşu (sieeb-1,2010)

Avluya bakan doğu-batı ve güney cephesinde ısı ve güneş kontrolü hareketli güneş kırıcılarla sağlanmaktadır (Şekil 4.63).



Şekil 4.63. Avluya bakan doğu cephesi(sieeb-1,2010)

PV Panel Entegre Saçak

Güney cephesinde, saçağa entegre edilen PV paneller, istenmeyen güneş ışığını engellemekte ayrıca enerji sağlamaktadır (Şekil 4.64). Ofis cephelerini gölgelendiren 190 modülden 20kWh enerji sağlanmaktadır. PV panellerin 95 adedi doğu kanadında, diğer 95 adedi ise batı kanadında yer alacak şekilde monte edilmiştir. DC akımı AC akıma çeviren altı adet dönüştürücü (inverter) kullanılmaktadır (University Building in Beijing, 2007).

4.1.19 Su Kübü

İşlev	Yüzme Merkezi
Yer	Çin-Pekin
Yapım Yılı	2008
Mimari Tasarım	PTW (PEDDLE THORP & WALKER)
İnşaat Alanı	32.000 m ²



4.1.19.1 Genel Özellikler

“Su Küpü” olarak da bilinen Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi, 2008 Yaz Olimpiyatları için hazırlanan Olimpiyat Parkı’nın içinde, Pekin Ulusal Stadyumu’nun hemen yanında yer almaktadır. Yapı 2003 yılı sonlarında açılan uluslararası tasarım yarışmasını kazanan PTW tarafından tasarlanmıştır. Yapının uzunluğu 177 metre yüksekliği ise 31 metredir.

"Watercube" (Su Küpü), çelik uzay kafes strüktürü su kabarcıklarının geometrisiyle oynanarak kristalize edilmiş, masif bir dikdörtgen formdan oluşmaktadır (Şekil 4.65). Strüktürün doğal formu, Herzog de Meuron tarafından tasarlanan dairesel ana stadyumla uyum içinde çalışabilmesi için özellikle tasarlanmıştır (China Construction Design International,1994).



Şekil 4.65.ETFE cephe kaplaması (China Construction Design International,1994)

Bina kabuğu, ETFE olarak kısaltılan, yenileştirilmiş, çok hafif şeffaf bir teflondan yapılmıştır. Sistem özellikle aydınlatma ve projeksiyon için tasarlanmıştır. Bu sanatsal malzeme, modern mimarlığa kaplama malzemeleri için ekonomik bir çözüm sağlarken, cam gibi çok klasik malzemelerin kullanılmayacağı durumlarda da geniş çapta uygulama alanını olanaklı kılmaktadır (China Construction Design International,1994).

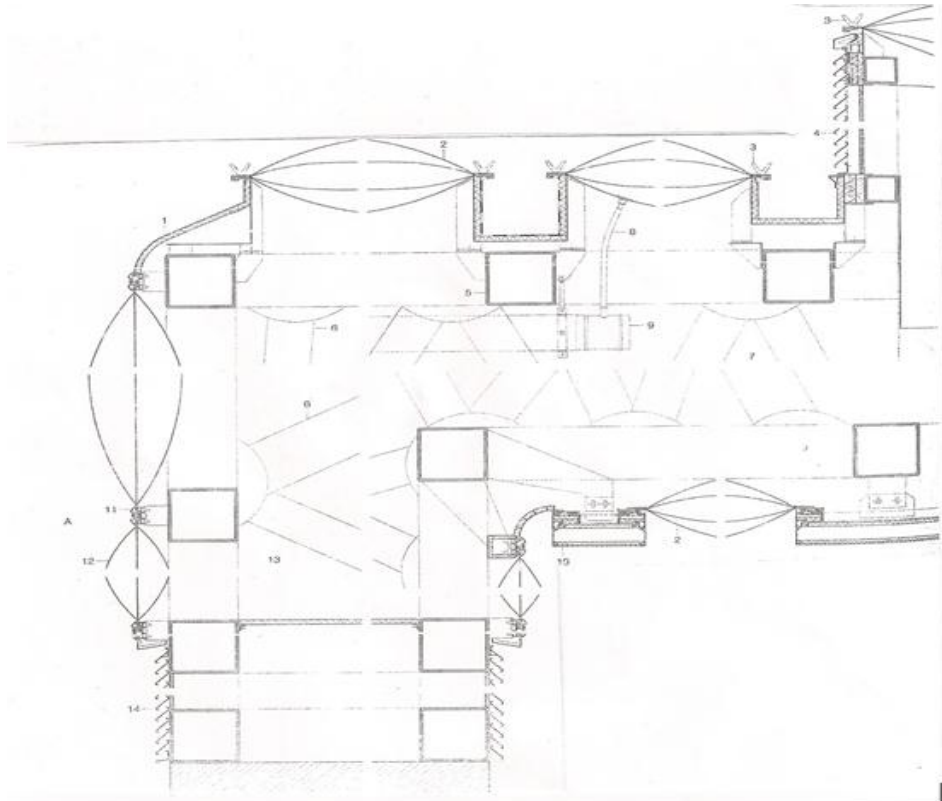
Tasarımda genel bir doğal model esas alınmış, üç boyutlu mekânın en etkili alt bölümlenmesi, organik hücrelerin ana düzeni ve sabun baloncuklarının doğal formatı olarak ifade edilebilmektedir. Bu yüzden cephe ve çatı, bina strüktürünü yüzme alanlarındaki nemli havanın yapacağı korozyondan koruyacak çift katmanlı konstrüksiyon olarak tasarlanmıştır. Binada isteğe bağlı süpürgelikler bölgesinden çapraz havalandırma yapılabilecek şekilde bir havalandırma sistemi tasarlanmıştır.

4.1.19.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

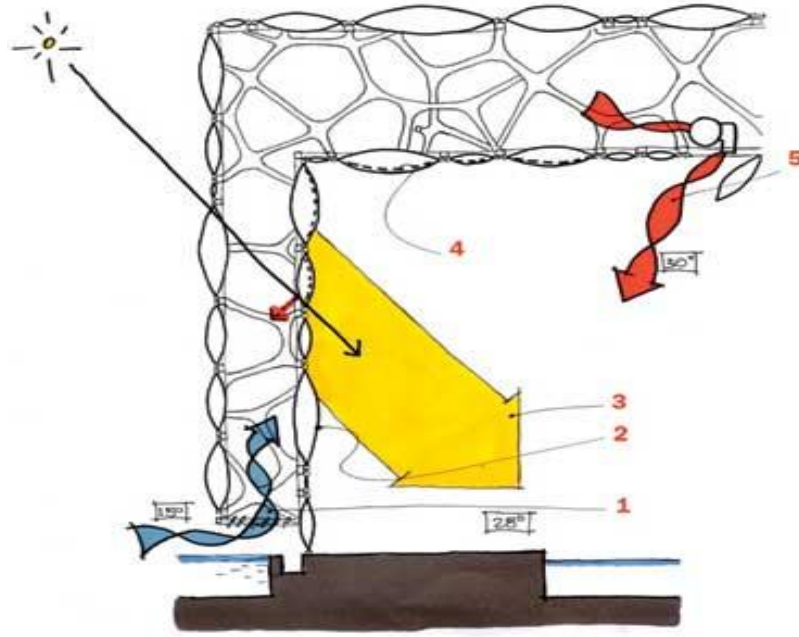
4.1.19.2.1 Cephe-Çatı.

ETFE Panel Kullanımı

Membran kaplama yatay ve dikey pnomatik elemanlardan oluşmaktadır. Yatay çatı ve üst eşik elemanları termal iletimi en aza indirmek için üç hava boşluklu dört membran tabakasından oluşmaktadır. İç ve dış cepheye form veren dolgular ise iki hava boşluklu üç katmandan oluşmuştur (Şekil 4.66). Tüm bu alanlardaki hava basıncı bireysel hava tüpleri vasıtasıyla ayarlanabilir. Dış cephe katmanına donuk günlerde bile su mavimsi parlaltı verebilmesi için yarı saydam renk verilmiş diğer tüm alanlardaki membranlar ise saydam bırakılmıştır (China Construction Design International.1994).



Şekil 4.66 Cephe ve çatı detayı (China Construction Design International.1994).



Şekil 4.67. Havalandırma sistemi şeması
(China Construction Design International.1994).

- 1- Taze dış hava boşlukta dolaşmaktadır.
- 2- ETFE boşlukları sera gibi çalışmaktadır. Aydınlatma ve ısıtma için gerekli güneşten gelen enerjiyi bu boşluklarda tutmaktadır.
- 3- Yapı kontrollü gün ışığı ile aydınlatılmakta ve radyant ısı ile havuz pasif şekilde ısıtılmaktadır.
- 4- Hareketli ETFE iç mekanda gölge sağlamak için açılabilir ya da kapanabilir.
- 5- Fanlar yardımıyla ön ısıtılmış taze hava havuza verilmektedir (Şekil 4.67).

Binada, sadece ebatları değil aynı zamanda açıları ve kavisleri de farklı yaklaşık 3000 ETFE panel bulunmaktadır ve en büyüğünün çapı dokuz metredir ve binanın tümü için 100.000 m² ETFE kullanılmıştır.

ETFE kaplı duvar ve çatı, boşluklu yapısı sayesinde ısı verimliliği sağlamaktadır. Havalı boşluklardan oluşan duvarlar arası tamamen kapatılarak yalıtım tabakası oluşturulmaktadır. Çift tabakalı yüzey güneş enerjisinin absorbe ederek iç mekânın ısıtılması ve doğal aydınlatma amaçlı kullanımını mümkün kılmaktadır.

Yapı güneş enerjisinin %20 'sini toplamaktadır ve bu 340.000 m² PV panel kaplı çatı yüzeyine eş değerdedir. Su Küpünde havuz ve yapıyı çevreleyen betonarme kütle, termal kütle gibi çalışarak gün boyunca ısıyı hapsetmekte gece ise bu ısıyı serbest bırakmaktadır. Çift cidar, yaz aylarında aşırı ısının havalandırılmasını sağlarken güneş ısının yararlı olduğu kış aylarında bu ısının muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Su Kübü yapısında uygulanan örtünün farklı birkaç özelliklerinden biri solar kontrol stratejisidir. Tasarımcılar ilk olarak içteki ETFE kaplama günışığının iç mekana alınma durumuna bağlı olarak açılabilir ya da kapanabilir olabileceğini düşünmüşler. Fakat sonunda alüminize edilmiş renkli cam tozlu desenli blokları sabitlemeyi tercih etmişlerdir. Bu desen parlamamanın en çok olduğu ve gün ışığının istenmediği bölgelerde daha yoğun kullanılmıştır (Inside Beijing's Big Box of Blue Bubbles 2008).

Tablo 4.17 Su Kübü -Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Su Kübü	Cephe	Duvar	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
					Gölgeleme	pasif
			Rüzgar	Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
					Gölgeleme	pasif
			Rüzgar	Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif

4.1.20 Suvarhonabi Havalimanı

İşlev	Havalimanı
Yer	Tayland
Yapım Yılı	2006
Mimari Tasarım	Murphy/Jahn
İnşaat Alanı	563.000 m ²



4.1.20.1 Genel Özellikler

Bangkok'da yer alan havalimanı, Murphy/Jahn tasarım ekibi ve Werner Sobek mühendislik işbirliği ile tasarlanmıştır. Yolcu bekleme binalarında geniş açıklıklar kemerli makaslar ile geçilerek cam ve membran elemanlar ile kaplanmıştır. Bu sistem konforlu iç mekân sıcaklığı için ustaca iklim kontrolü sağlamaktadır.

4.1.20.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.20.2.1 Cephe-Çatı. 108 membran bölmesi, güneşiği, akustik, enerji dengesi, yapı fiziği gibi yüksek teknik gereksinimleri karşılamak için üç katmanlı tabakadan oluşmaktadır (Şekil 4.68). Üç katmanlı membran çatı örtüsünün en dış katmanı PTFE- cam kaplı membrandır. Orta tabaka ses emici özelliğe sahip termoplastik elemandan oluşurken iç tabaka Low- E kaplıdır. Low-E kaplı yeni geliştirilen tekstil malzemesi büyük ölçüde kızılötesi radyasyonu azaltmaktadır. Bu floropolimer kaplı, metalize cam elyaf kumaş yaklaşık %70 oranında gürültü azaltma katsayısı (NRC) sahiptir. Membranın geometrisi ve strüktürel sistemin şematik gösterimi rüzgâr yükü ve basınç altında çeşitli yükleri göstermektedir. Kapalı iklim kontrol kavramı, tabakalı hava katmanları, hesaplamalar ve pratik yollar bazında tasarlanmıştır. Yapı formunda akustik, enerji etkin, üç katmandan oluşan 1000 m² membran eleman kullanılmıştır. (Hightex - Tensile Structures: PTFE, ETFE and PVC Membranes,2011)



Şekil 4.68.Yapı cephelerini oluşturan PTFE kaplama ve iç mekândan görünüm (Cremers,2011)

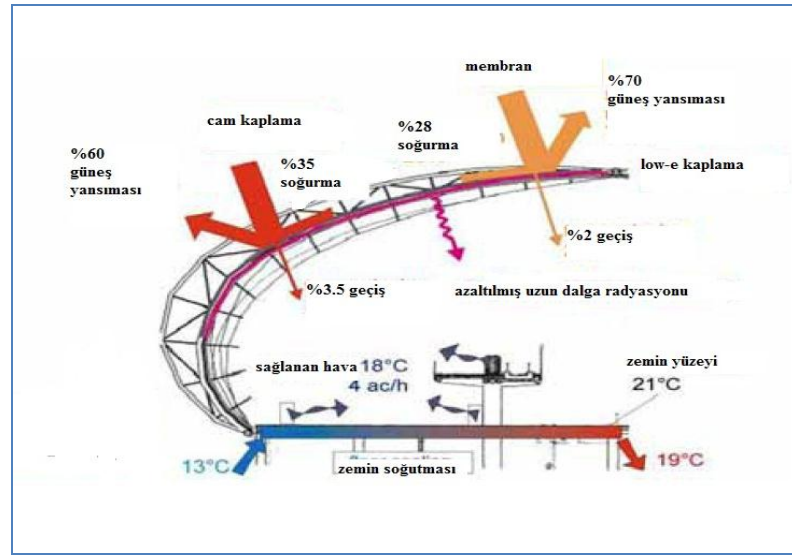
4.1.20.2.2 *Döşeme.* Dünyanın ilk ve en geniş radyant zemin soğutma sisteminin entegre edildiği proje özelliğini taşımaktadır. Bu sistemle mümkün olduğunca en az enerji kaybının sağlanması hedeflenmektedir. Yerden soğutma sistemi 101.000 m² 'lık alanı kaplamaktadır (Şekil 4.69) (Hightex - Tensile Structures: PTFE, ETFE and PVC Membranes,2011).



Şekil 4.69.Döşemede kullanılan boru sistemi (Cremers, 2011)

Proje, oluşan ve 1.510 set özel tasarlanmış dağıtıcıyı içeren, 600 km'lik alanı kaplayan polietilen çapraz bağlı borularından oluşan radyant soğutma sistemidir. Bu sistem ile kullanıcıya 24° C'de %60 nemli hava sağlanmaktadır (Hightex - Tensile Structures: PTFE, ETFE and PVC Membranes,2011).

Geleneksel soğutma sistemleri, hava sıcaklığını 12-15°C soğutarak iç ortama üfleemektedir. Bu sistem ofis yapıları ve apartmanlar için uygun olmakta fakat geniş ölçekli mekânlarda büyük miktarda enerji tüketmektedir. Yerden soğutma sisteminde ise hafif sıcak hava 2-3 m yükseklikteki ağır soğuk hava ile yer değiştirmektedir. Sonuç olarak soğutulan bölge zemin seviyesinden 2.5 m'ye kadar uzanmaktadır. Kimsenin olmadığı yüksek seviyelerde soğutmaya ihtiyaç olmamaktadır. Bu şekilde iç mekân konfor şartları sağlanırken enerji tüketimi azaltılmaktadır (Şekil 4.70) (Hightex - Tensile Structures: PTFE, ETFE and PVC Membranes,2011).



Şekil 4.70. İç mekânda yerden soğutma ve ısısal konfor şeması
(Cremers,2011)

Tablo 4. 18 Suvarhonabi Havalimani -Ekolojik Özellikler

Yapı	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Suvarhonabi Havalimani	Cephe	Duvar	Güneş	PTFE panel	Isı yalıtımı	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PTFE panel	Gölgeleme	pasif

4.1.21 Twelve West

İşlev	Rezidans + ofis
Yer	Portland
Yapım Yılı	2009
Mimari Tasarım	ZGF Architects
İnşaat Alanı	5130 m ²



4.1.21.1 Genel Özellikler

23 katlı yapı, rezidans ve ofis birimlerinden oluşmaktadır. Sürdürülebilir tasarım kriterlerini içeren yapı aktif sistemeler ile yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmasının yanında pasif sistemleri de tasarıma dahil etmiştir. Güneşi, enerji etkin armatürler ve kullanıcı sensörleri, yapay aydınlatma ihtiyacını azaltmaktadır. Bunun yanında düşük akış armatürler sıcak su talebini azaltmaktadır. Ayrıca soğutulmuş kiriş uygulaması ile iç mekanın sıcaklığı azaltılmaktadır. Yüksek verimli mekanik ekipmanlar, ısı dönüştürücü, soğuk kiriş uygulamaları enerji kullanımını azaltmaktadır. Yapı yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının iki formunu taşımaktadır. 1360 m² düzlemsel güneş kolektörleri ile sıcak su eldesi için gerekli enerjinin %24'ü sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra çatıya yerleştirilen dört adet rüzgar türbinleri ile yıllık 10.000 kWh enerji üretilmektedir (Twelve West Catches the Breeze, 2009).

4.1.21.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapı Bileşeninde Kullanımı

4.1.21.2.1 Cephe. Bina manzara ve doğal ışık ile bina etkileşimini sağlamak için şeffaf olarak tasarlanmıştır. Radyant Low-E cam, aşırı ısı kazancını kontrol etmeye yardımcı olmaktadır. Cepheye gelen gün ışığının %35 iç mekâna alınırken %74 'ü geri yansıtılmakta ve aydınlatma ve mekân soğutması için gerekli enerji kullanımı azalmaktadır. Metal kaplı gölgeleme elemanları, kullanıcıların yaşam alanlarında

güneş kontrolüne izin vermektedir. Bunun yanı sıra duvarda kullanılan brüt beton iç mekân hava sıcaklığını optimize etmektedir. Termal kütle yaz aylarında gün boyunca aşırı ısıyı hapsedmektedir ve gece soğutulan kütle ile hava ısısı düşürülmektedir (Twelve West Catches the Breeze, 2009).

4.1.21.2.2 Çatı.

Rüzgâr Türbinleri

Tasarım ekibi rüzgar türbinlerini, tasarımın içine dahil etmek için cesur karar almıştır. Tasarım süreci yalnızca binanın çatısına entegre edilen dört rüzgar türbinlerinin entegrasyonu ile sonuçlanmamış bunun yanı sıra bu süreçte yapılan araştırmalar, bu tür uygulamalar için yol haritası niteliği taşımaktadır (Şekil 4.71).

Türbinlerin konumunu belirlemek için kentsel topografya, mevsimsel rüzgar yönü, hava durumunu içeren verileri kapsayan binanın fiziksel modeli üzerinde rüzgar türbinleri test edilmiştir. Yapılan testler ve analizler sonucu rüzgar türbinlerinin rüzgarı, hakim iki rüzgar yönünden yakalamak için en uygun yer olarak çatı olduğu belirlenmiştir. Türbinler yerleştirilmeden önce direkt güneybatı rüzgarı ile çalışılmıştır. Yatay eksenli türbinler pasif rotasyon özelliği ile türbin kanatlarının aşağı yönlü olması ve rüzgara yönlmesi sayesinde kuyruk ya da ek bir yönlendirme elemanına gerek kalmamaktadır. Çatıya yerleştirilen dört adet rüzgar türbinleri ile yıllık 10.000 kWh enerji üretilmektedir (Twelve West Catches the Breeze,2009).



Şekil 4.71 Çatıda yer alan rüzgar türbinleri
(Twelve West Catches the Breeze, 2009)

Güneş Kollektörleri

Çatıya yerleşen 1360 m² düzlemsel güneş kollektörleri ile yapının sıcak su ihtiyacının %24'ü karşılanmaktadır (Twelve West Catches the Breeze, 2009).

Tablo 4.19Twelve West -Ekolojik Özellikler

Yapılar	Yapı elemanı	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Twelve West	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
		Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
		Duvar	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	Güneş Kollektörü	Sıcak Su	aktif
			Rüzgar	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif

4.2 İncelenen Örneklerin Karşılaştırılması

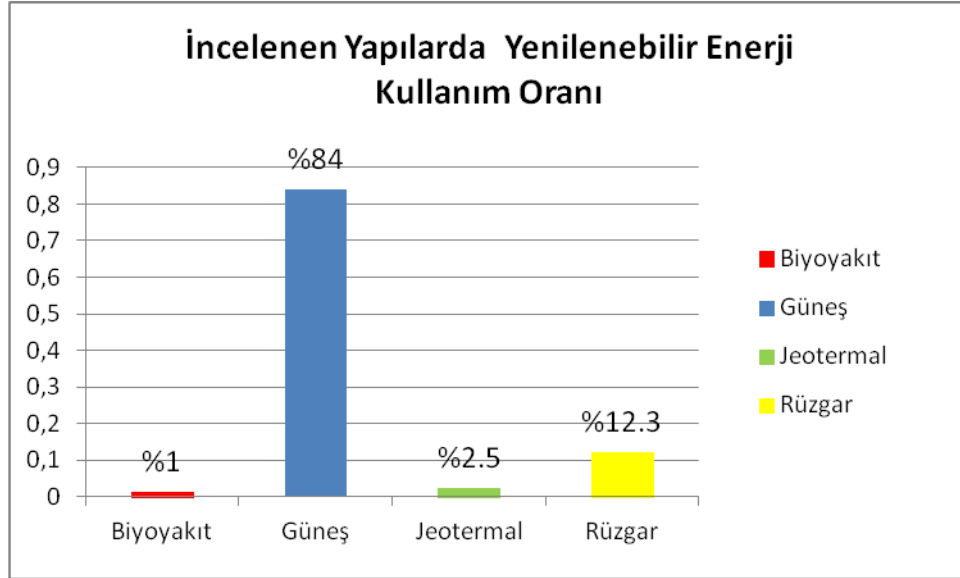
Bu bölümde daha önce incelenen 21 adet ekolojik yapı örnekleri üzerinde; yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımı, aktif-pasif sistem kullanımı, ele alınan bu kriterlerin; cephe, çatı ve döşeme gibi yapı bileşenlerinde kullanım oranı; yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşenlerinde kullanım amacı ve yapılarda kullanılan yenilenebilir enerji sistemleri karşılaştırma grafiği oluşturularak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde, her bina dikkate alınarak toplam sayı üzerinden oranlar belirtilmiştir.

Tablo 4.20 İncelenen Ekolojik Yapılarda Yapı Bileşeni Ölçeğinde Kullanılan Sistemler

YAPI BİLEŞENİ	CEPHE			ÇATI	DÖŞEME
YAPILAR	pencere	duvar	saçak		
BedZed Konutları	PV hücre lamine cam	Termal kütle		Güneş Kolektörü	
	Low- E cam			PV Panel	
Kaliforniya Bilim Akademisi			PV panel	Işıklık	
Canton Tower		BIPV			
CH ₂ Yerel Yönetim Binası		Güneş kırıcı		PV panel	Termal Kütle
		Isısal Baca		Güneş Kolektörü	Soğutulmuş giriş
		Yağmur Kuleleri		Rüzgâr Türbinleri	
Concordia Üniversitesi		T /PV			
Devonshire Araştırma Merkezi	Low- E cam	Güneş Kırıcı		PV panel	Aktif Giriş
Duales System Pavilion		ETFE panel		ETFE panel	
				Güneş kırıcı	
Green Pix Eğlence Merkezi		PV panel			
İguzzini Genel Merkezi		Termal kütle		Güneş kırıcı	
		Atrium			
Kuzey Apartmanları	Low- E cam	Metal panel kaplama		PV Panel	
				Rüzgâr Türbinleri	
K2 Apartmanları		PV Panel		Havalandırma Şaftları	
		Termal Kütle			
		Çift Tabakalı Cephe			
Kaohsiung Stadyumu				PV panel	
Strata Tower	Low-E Cam			Rüzgâr Türbinleri	
Mataro Kütüphanesi		T/BIPV		T/BiPV	
Media- İct Ofis Binası	ETFE panel			PV panel	
Montoba Hydro Ofis Binası	Low-E cam	Çift Tabakalı cephe			Isı yayan tavan
		Kış bahçesi			
		Isısal Baca			
Reichstag Binası		Hareketli güneş kırıcı		Koni strüktür	Mevsimsel ısı depolama
		Koni strüktür			
		PV panel			
Sieeb Araştırma Merkezi		Çift tabakalı cephe	PV panel		
		Güneş kırıcı			
Su Kübü		ETFE panel		ETFE panel	
		Çift tabakalı cephe		Çift tabakalı cephe	
Suvarhonabi Havaalanı		PTFE		PTFE	Radyant zemin soğutma
Twelve West	Low-E cam	Termal kütle		Güneş Kolektörü	Soğutulmuş giriş
		Güneş kırıcı		Rüzgâr Türbinleri	

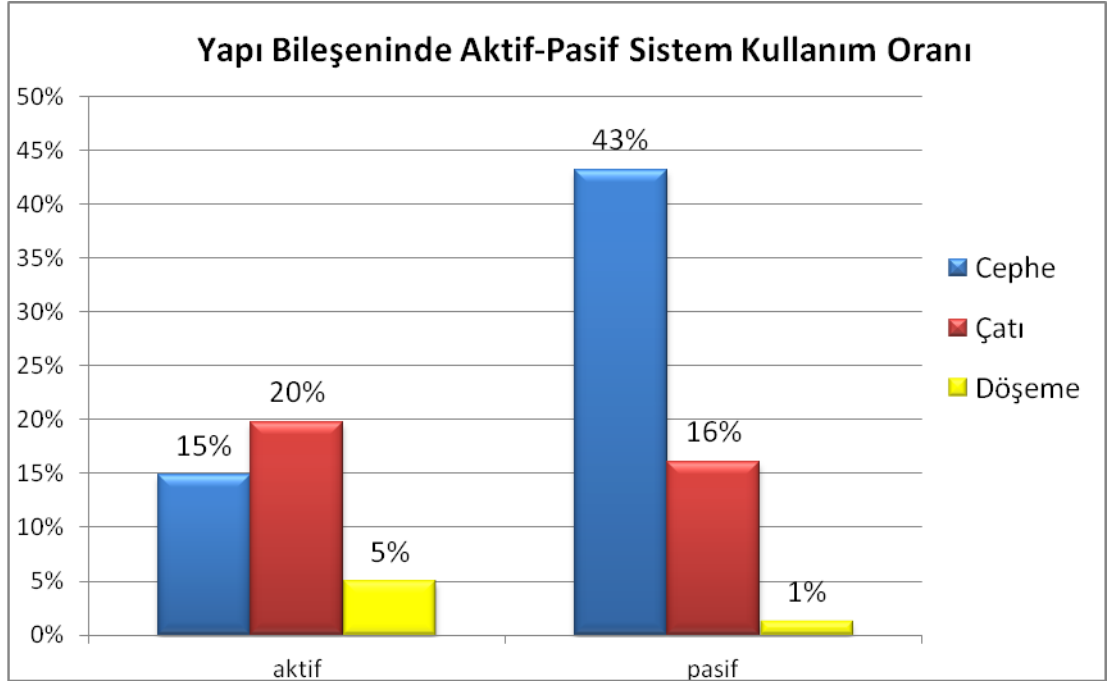
Tablo 4.21.İncelenen Binarın Ekolojik Özellikleri

Yapılar	Yapı eleman	Yapı bileşeni	Y.E.K.	Malzeme/Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Bedzed Konutları	Cephe	Duvar	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
		Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	PV hücre lamine cam	Elektrik üretimi	aktif	
			PV hücre lamine cam	Gölgeleme	pasif	
Kaliforniya Bilim Akademisi	Cephe	Saçak	Güneş	Güneş Kolektörü	Sıcak su üretimi	aktif
			Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
	Çatı	Çatı	Güneş	Rüzgâr Kepçesi	Doğal havalandırma	pasif
			Güneş	Isıklık	Elektrik üretimi	aktif
Canton Tower	Cephe	Duvar	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
CH ₂ Yerel Yönetim Binası	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
			Rüzgar	Issal Baca	Doğal havalandırma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	Yağmur Kuleleri	Soğutma	aktif
			Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
	Döşeme	Tavan	Güneş	Güneş Kolektörü	Sıcak Su	aktif
			Güneş	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif
Concordia Üniversitesi	Cephe	Duvar	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
Devonshire Üniversitesi Araştırma Merkezi	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
		Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
			Döşeme	Döşeme	Jeotermal	Aktif giriş
Duales System Pavilion	Cephe	Duvar	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
Green Pix	Cephe	Duvar	Güneş		Gölgeleme	pasif
					Doğal Aydınlatma	pasif
Iguzzini Genel Merkezi	Cephe	Duvar	Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
					Termal kütle	Isıtma-soğutma
Kuzey Apartmanları	Cephe	Pencere	Güneş	Atrium	Doğal Aydınlatma	pasif
			Güneş	Güneş kırıcı	Gölgeleme	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
			Rüzgar	Rüzgar Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif
K2 Apartmanları	Cephe	Duvar	Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
			Güneş	Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
			Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
	Döşeme	Döşeme	Güneş	Güneş Kolektörü	Isıtma	aktif
			Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
Kaohsiung Stadium	Çatı	Çatı	Güneş	Rüzgâr Kepçesi	Doğal havalandırma	pasif
Strata Tower	Cephe	Pencere	Güneş	PV panel	Elektrik üretimi	aktif
	Çatı	Çatı	Rüzgar	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
Mataro Kütüphanesi	Cephe	Duvar	Güneş	T/PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
					Isıtma	Doğal Aydınlatma
	Çatı	Çatı	Havalandırma	T/PV Panel	Gölgeleme	pasif
					Doğal Aydınlatma	pasif
	Döşeme	Döşeme	Jeotermal	Isı yayan tavan	Isıtma-soğutma	aktif
					Isıtma	Gölgeleme
Media –İct Ofis Binası	Cephe	Duvar	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PV Panel	Gölgeleme	pasif
Monitoba Hydro Ofis Binası	Cephe	Duvar	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
				Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
	Döşeme	Döşeme	Jeotermal	Kış Bahçesi	Isıtma-soğutma	pasif
				Isıl Baca	Doğal havalandırma	pasif
Reichstag Alman Parlamento Binası	Cephe	Duvar	Güneş	PV Panel	Isıtma	pasif
					Güneş Kırıcı	Isıtma-soğutma
	Çatı	Çatı	Rüzgar	Koni strüktür	Doğal havalandırma	pasif
				Bitkisel yağ	Isıtma	aktif
Sieeb Araştırma Ve Eğitim Merkez	Cephe	Duvar	Güneş	Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
				Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
	Çatı	Çatı	Rüzgar	PV Panel	Elektrik üretimi	aktif
				Gölgeleme	pasif	
Su Kütü	Cephe	Duvar	Güneş	ETFE panel	Isı yalıtımı	pasif
				Rüzgar	Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma
	Çatı	Çatı	Rüzgar	ETFE panel	Gölgeleme	pasif
				Çift Tabakalı Cephe	Doğal havalandırma	pasif
Suvarhonabi Havalimani	Cephe	Duvar	Güneş	PTEF panel	Isı yalıtımı	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	PTFE panel	Gölgeleme	pasif
Twelve West	Cephe	Duvar	Güneş	Güneş Kırıcı	Gölgeleme	pasif
		Pencere	Güneş	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
	Çatı	Çatı	Güneş	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
			Güneş	Güneş Kolektörü	Sıcak Su	aktif
	Çatı	Çatı	Rüzgar	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif



Şekil 4.72. İncelenen yapılarda yenilenebilir enerji kullanım oranı

Şekil 4.72’de incelenen örnekler arasında yapılan karşılaştırma sonucunda güneş enerjisi kullanımının diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında, birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Özellikle günümüzde çevresel negatif olguların azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalarla fosil yakıt kullanımına alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı bilinci artmaktadır. Enerji talebindeki artış, yapıların kullandıkları enerji sonucu açığa çıkan atıklar sebebiyle, yapılarda ısıtma, soğutma, kendi enerjisini üretme amaçlı yenilenebilir enerji kullanımında güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyoyakıt enerji kullanımının daha fazla oranda tercih edildiği görülmektedir. Güneş enerjisinin ilk sırada yer alması, elde edilişinin ve yapıya uygulanmasının daha kolay olması ve bu alanda üretilen teknolojilerin hızlı bir şekilde gelişip yayılmasına bağlı olmaktadır. Hem aktif hem de pasif güneş sistem uygulamalarında, tasarım aşamasında yapı elemanının, güneşten yararlanılması amacına uygun şekillendirilmesi, güneş enerjisinden ekonomik açıdan daha kolay yararlanılmasını sağlamaktadır.

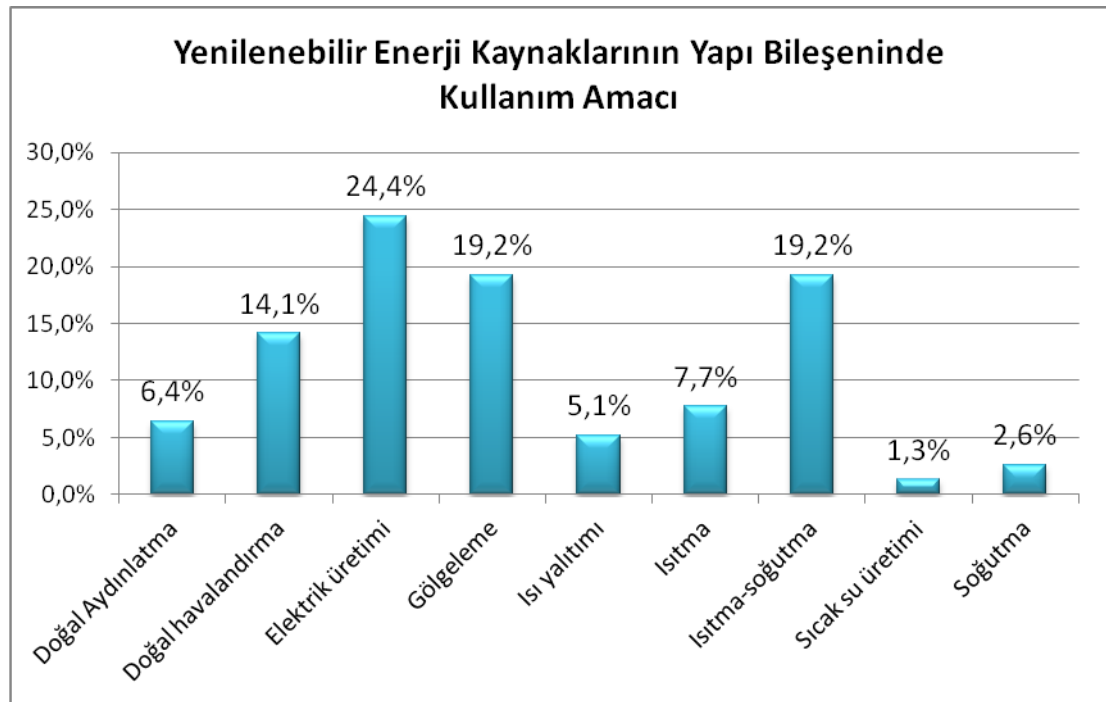


Şekil 4.73.İncelenen yapılarda yapı bileşenlerinde aktif-pasif sistem kullanım oranı

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma amaçlı geliştirilen aktif ve pasif enerji sistemleri, günümüzde enerji etkin yapılarda farklı sistem çözümleri ile her geçen gün artarak kullanılmaktadır. İncelenen örneklerde yapı bileşenlerinde ne oranda aktif ve pasif sistem kullanıldığı Şekil 4.73'te görülmektedir. Grafikteki değerler baz alınarak, ele alınan yapılarda pasif sistemlerin daha yüksek oranda tercih edildiği söylenilebilir. Hem rüzgâr hem güneş enerjisi kullanan pasif sistemler, aktif sistemlere göre çok daha çeşitli yöntemler içermekte ve yatırım maliyeti açısından daha uygun olmaktadır. Bu durum ise yapılarda daha fazla tercih edilmesi üzerinde önemli bir etkidir. Pasif sistemler yapının enerji tasarrufu sağlamasında çok büyük yarar sağlamaktadır. Özellikle ülkemizde enerji konusunda dışa bağımlılığı enerji tasarruflu binalar inşa ederek azaltabiliriz. Bu hedefin gerçekleşmesi, yapı tasarımında uygulanabilecek ısısal baca, kış bahçesi, rüzgâr kuleleri, v.b. uygulamalar gibi çok basit fiziksel kuralların uygulandığı, iklim verilerini dikkate alan tasarım yöntemleri ile bu amaca yönelik seçilen ETFE panel, Low-E cam gibi malzemelerle sağlanabilmektedir. Pasif sistemlerin yapı bileşenlerinde kullanımı incelendiğinde ise %43 oranında en fazla cephelerde kullanıldığı görülmektedir. Burada en büyük etken, güneş ve rüzgârın yapı cephesi

ile direk temasıdır. Bunun yanı sıra cephe alt bileşenleri olarak duvar, pencere gibi yapı bileşenlerinin birçok uygulamaya tasarım ve işlev açısından imkân tanınmasıdır.

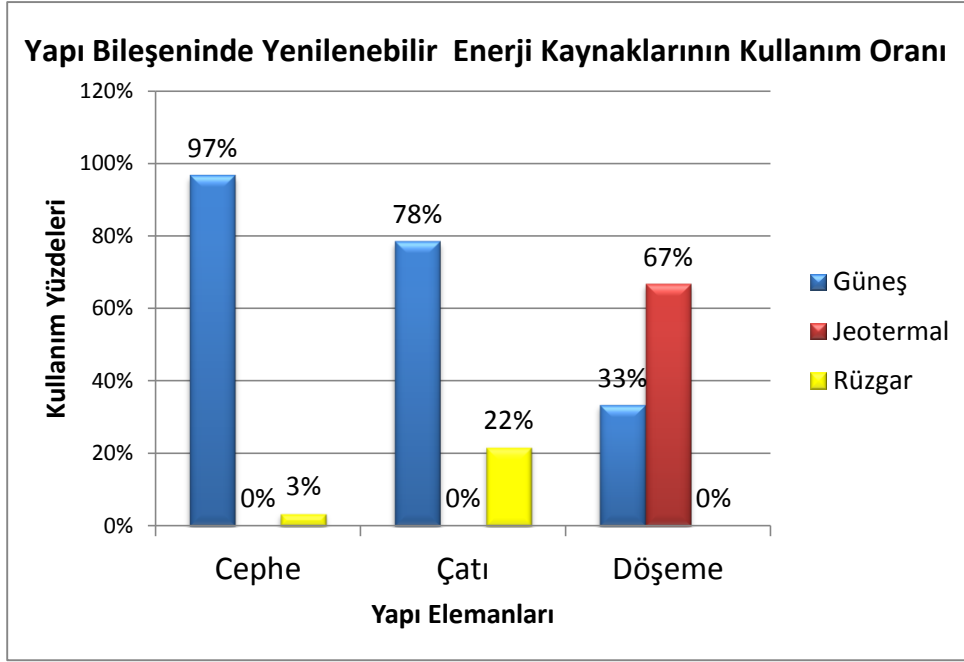
Aktif sistemler, yapıların kendi enerjisini yenilenebilir enerji kaynaklarından üretebilmesi açısından önemli işleve sahip uygulamalardır. Pasif sistemlere göre uygulama alanlarının daha dar olması, bu alanda geliştirilen teknolojilerin yeterince tanınmaması ve yatırım maliyetinin daha yüksek olmasındandır. Çatılarda daha fazla kullanılan aktif sistemler, güneş enerjisi sistemleri açısından PV panellerin güneşten maksimum seviyede yararlanılmasını sağlamaktadır. Rüzgâr enerjisi sistemlerinde ise, rüzgâr türbinlerinin rüzgârı en iyi şekilde yakalamasına olanak tanır. Bunun yanı sıra hem yatay hem düşey eksenli rüzgâr türbinleri tasarımına imkân sağlamaktadır.



Şekil 4.74.İncelenen yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşeninde kullanım amacı

Şekil 4.74’de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile yapılarda pek çok işlevin gerçekleştirildiği görülmektedir. Özellikle en yaygın bilinen güneş enerjisi sistemleri olarak kolektörler ve PV paneller vasıtasıyla elektrik enerjisi ve sıcak su üretiminin yanı sıra yapı elemanlarına entegre edilen sistemlerle ısısal konfor

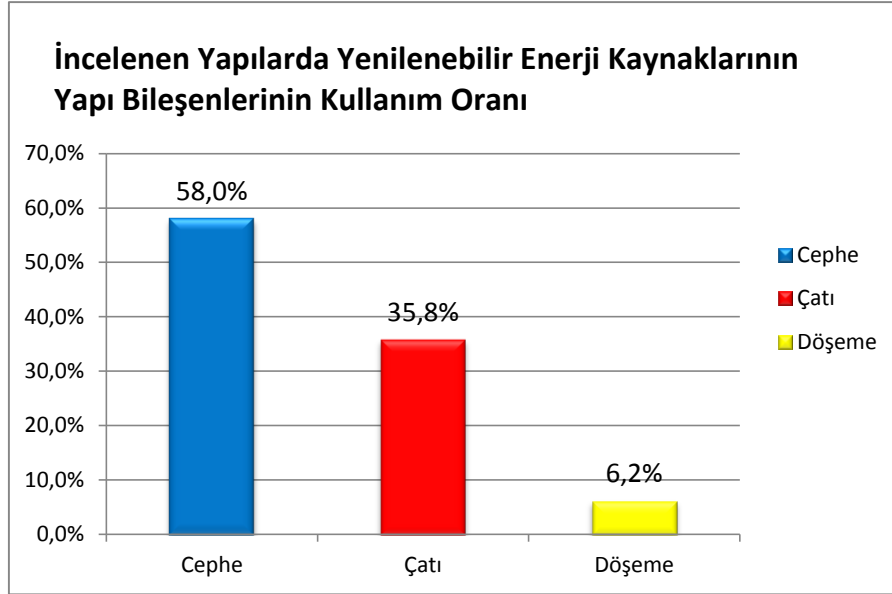
sağlanması, doğal havalandırma, ısıtma soğutma, vs gibi pek çok fonksiyon karşılanmaktadır. Artan çevresel bilinç, sağlıklı yapılı çevre ve iç mekân şartları sağlanması gibi faktörler, yapılarda bu fonksiyonların yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanmasını gerekli kılmakta; yenilenebilir enerji kaynakları sektöründe gelişen teknolojiler ise uygulanabilirliği kolaylaştırmaktadır.



Şekil 4.75 İncelenen yapılarda yapı bileşeninde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı

Şekil 4.75’de yapı bileşenlerinden cephe, çatı ve döşemede yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı arasında karşılaştırma yapıldığında, cephede %97 oranında güneş, çatıda %78 oranında güneş ve döşemede %67 oranında jeotermal enerji kullanımı ilk sıralarda yer almaktadır. Bu değerlere bakıldığında, güneş enerjisinin her yapı bileşeninde kullanıldığı, güneş ışınlarını daha kolay alabilmesi açısından cephe ve çatıda güneş enerji sistemlerinin daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Rüzgâr enerji sistemlerinin ise rüzgârı daha iyi yakalayabilmesi, rüzgâr hızından verimli şekilde yararlanılabileceği ve çevre binaların yaratabileceği rüzgâr engeli etkisi açısından çatıya entegrasyonunun daha fazla tercih edildiği Şekil 4.75’deki grafikteki değerlerde görülmektedir. Yapılarda ısıtma ve soğutma işlevini gerçekleştirmek için geliştirilen jeotermal enerji sistemler yeraltı kaynaklı olduğu

için bu enerjinin kullanımı amaçlı geliştirilen sistemler döşemelerle bağlantılı olmak durumundadır.

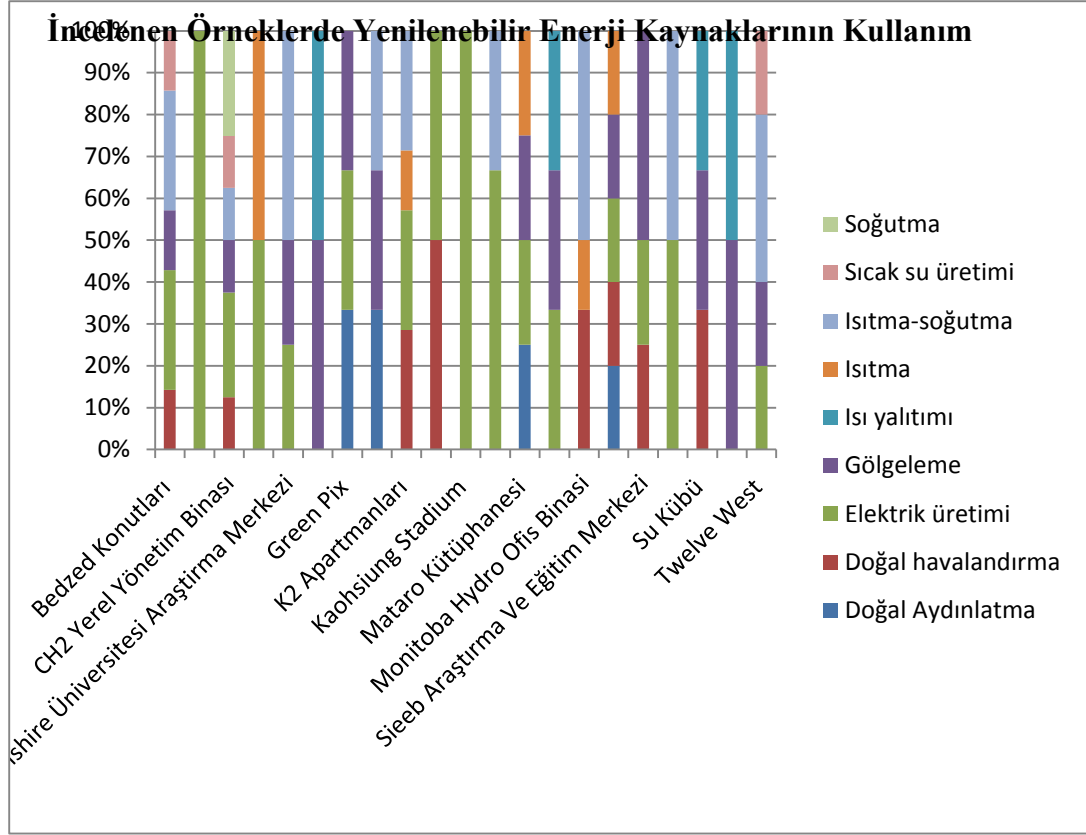


Şekil 4.76.İncelenen yapılarda yapı bileşenlerinin kullanım oranı

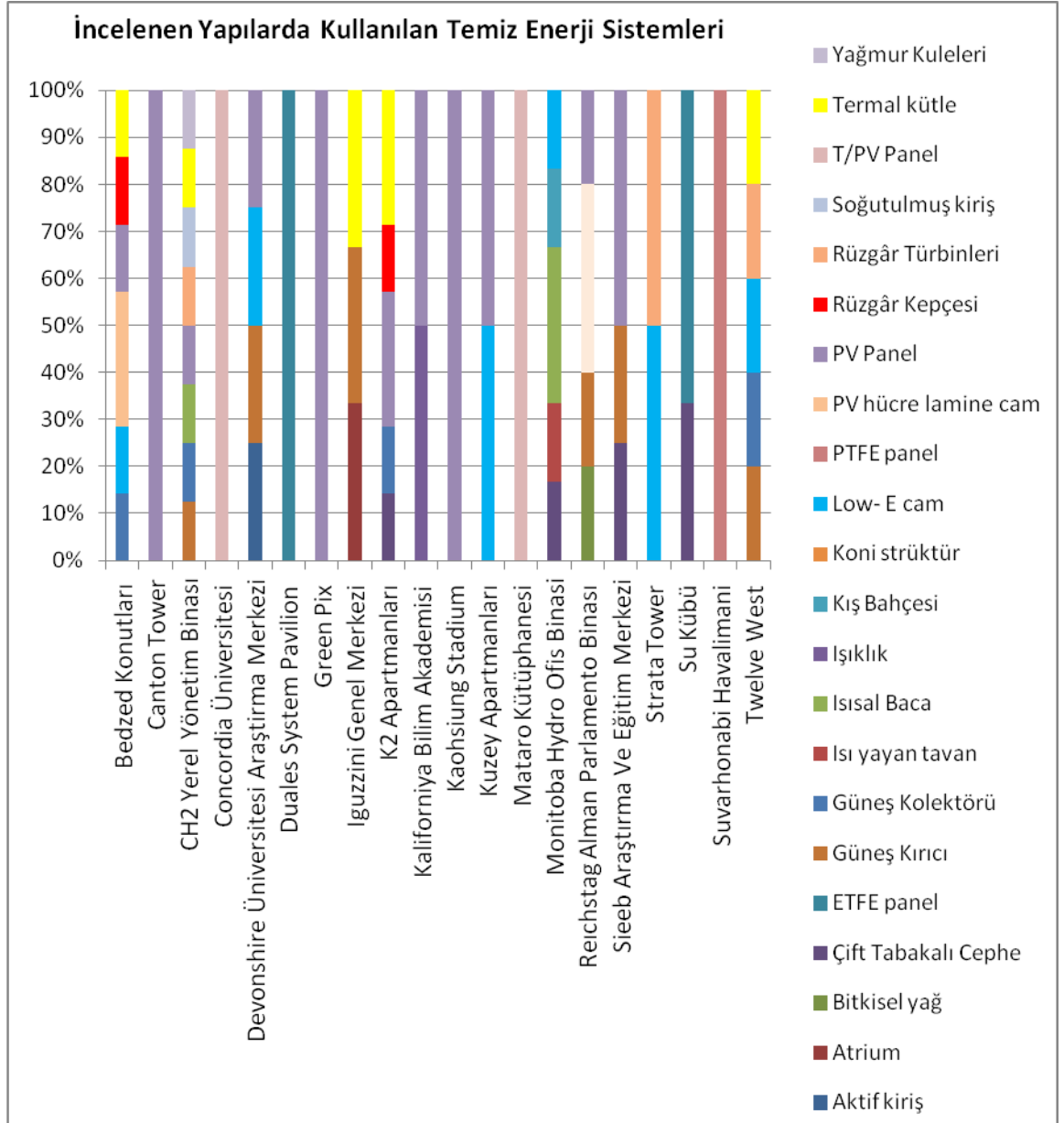
Yapı elemanları; strüktürel olarak yapıyı oluşturması, yapıyı dış etkilerden koruma, çevreleme, bölücü eleman görevi ile yapım sistemi içerisinde yer almaktadır. Ekolojik yapı tasarımı bağlamında ise yapı elemanlarına temel görevleri dışında yeni işlevler yüklenebilmektedir. Fonksiyonel ve estetik yaklaşımlar doğrultusunda şekillenen yapı elemanı; binalarda enerji etkinliğinin sağlanması, kendi enerjisini üretebilen, kendi kendine yetebilen yapı olma amacıyla yeni işlevler üstlenebilmektedir. Bu doğrultuda çevreci tasarımların gerçekleştirilmesinde yapı ve çevre arasında köprü vazifesi gören cephe, çatı, döşeme gibi elemanlar ve bunların alt bileşenlerinin tasarımı önem taşımaktadır.

İrdelenen 21 ekolojik yapı içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşenlerinde kullanım oranı incelendiğinde ilk sırayı cepheler, ikinci sırayı çatılar, son sırayı döşemeler almaktadır. Ortaya çıkan değerler, yenilenebilir enerji kaynaklarına ulaşımın, kullanıldığı yapı elemanını etkilediğini göstermektedir. Cephe ve çatılar, rüzgâr ve güneş enerjisi ile doğrudan temas halinde olduğu için bu

elemanlar yenilenebilir enerji kaynaklarına ulaşım kolaylığı ve yapıda daha etkin kullanım açısından önceliğe sahiptir. Cephede kullanım oranının yüksek olması, temiz enerji teknolojilerinin bu alanda daha fazla ürün geliştirmesine bağlıdır.



Şekil 4.77 İncelenen örneklerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım amacı



Şekil 4.78 .İncelenen yapılarda kullanılan temiz enerji sistemleri

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda kullanım amacı bazen tek bir fonksiyonu karşılarken bazen diğer fonksiyonları da içeren kullanımları da karşılayabilmektedir. Bu tür çok fonksiyonlu kullanıma sahip yapılara; Bedzed Konutları, CH₂ Yerel Yönetim Binası, Devonshire Araştırma Merkezi, Kuzey Apartmanları, K2 Apartmanları, Monitoba Hydro Ofis Binası, Reichstag Binası, Twelve West Binası örnek gösterilebilir. Bu yapılarda; enerji korunumu, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi

ihtiyacının, bu amaçlara uygun belirlenen sistemler aracılığıyla karşılandığı görülmektedir. Bu yapılarda; her yapı için güneş enerji sistemleri, cephede yapı bileşeni olarak kullanımı farklı malzeme ve sistem çözümlerini beraberinde getirmiştir. Pasif iklimlendirme, doğal havalandırma, gün ışığı kontrolü; cephede yapı malzemesi yerine geçen: termal kütle, metal panel kaplama, çift tabakalı cephe sistemleri, cephenin bu amaç doğrultusunda şekillendiği form olarak ısısal baca uygulaması ya da cephe üzerine ikinci bir malzeme olarak eklenen güneş kırıcılar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Sieeb Araştırma Merkezi, Reichstag Binası, Mataro Kütüphanesi, Green Pix Eğlence Merkezi ve Bedzed Konutları cephede PV panel uygulamalarının görüldüğü yapılardır. Bu yapılarda aktif güneş sistemi uygulaması ile cepheye entegre edilen PV paneller hem elektrik enerjisi elde etmekte hem de gölgeleme işlevi gerçekleştirilmektedir. Yapı cephesinin hem enerji korunumu hem de enerji üretimi sağlayan yapı bileşeni haline geldiği yapılar olmaktadır.

Çatılarda ise güneş ve rüzgâr enerjisinden yüksek oranda aktif sistemlerle yararlanıldığı görülmektedir. PV panel, rüzgâr türbinleri, güneş kolektörleri elektrik ve ısı enerjisi sağlama amaçlı yapıların çatısında yer almaktadır. İrdelenen yapıların çoğunda aktif sistem bileşenleri yapı çatısına monte edilmiştir. Yalnızca Strata Tower binasında rüzgâr türbinleri çatıya entegre edilerek farklı bir uygulama örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Pasif sistem uygulamalarına bakıldığında, incelenen yapılar arasında, çatıda pasif güneş sistemine göre rüzgâr sistemleri kullanımı daha fazla tercih edilmiştir. Uygulanan pasif sistem yöntemleri olarak; rüzgâr kepçesi, havalandırma şaftları ile pasif rüzgâr sistemi, doğal havalandırmaya imkân tanımakta; mekanik havalandırma yükü hafifletilmektedir. Güneş ışığını dik açı ile alması, rüzgârı rahat yakalayabilmek ve enerji üretiminde verimliliği yakalayabilmek açısından, yapı bileşeni olarak çatının önemli bir yapı elemanı olduğu görülmektedir.

Döşemelerde ise, sadece CH₂ Yerel Yönetim binasında termal kütle kullanımına rastlanmıştır. Bunun yanı sıra jeotermal enerji ve biyoyakıt kullanımına bakıldığında, güneş ve rüzgâr enerjisine kıyasla daha az kullanım oranına sahip olduğu, incelenen çok fonksiyonlu kullanıma sahip bu yapılar arasında yapılan karşılaştırma sonucu ortaya çıkmaktadır.

Canton Tower, Concordia Üniversitesi, Duales System Pavilion, Kaohsiung Stadyumu, Mataro Kütüphanesi, Su Kübü, Suvarhonabi Havaalanı, Green Pix Eğlence Merkezi projeleri arasında karşılaştırma yapıldığında sadece aktif ve pasif güneş enerji sistemlerinin tercih edildiği görünmektedir. Canton Tower ve Green Pix projesi cephede yapı elemanı olarak cam yerine PV panel kullanımı ile elektrik enerjisi elde edilen örnekler olmaktadır. Green Pix’de PV hücrelerin farklı yoğunluklarla tasarlanması hem elektrik enerjisi üretimi hem de doğal ışığın denetimi ile gölgeleme elemanı olarak cephede görev almalarını olanaklı kılmıştır. Concordia Üniversitesi ve Mataro Kütüphanesi PV/T sistem uygulamasını içermektedir. Cephede yapı bileşeni olarak tasarlanan bu sistem ile hem ısı enerjisi üretilmekte hem de elektrik enerjisi ihtiyacı karşılanmaktadır. PV panellerin açığa çıkardığı ısıнын yapıda tekrar değerlendirilebilir olması, PV panel performansını da artıran çözüm sunmaktadır. Media-ITC, Duales System Pavilion, Su Kübü ve Suvarhonabi Havaalanı binaları, günümüzde cam malzemenin yerini alabilecek ekolojik malzeme olarak nitelendirebileceğimiz ETFE panel kullanımına sahiptir. Günümüzde artan cam yüzey kullanımlarında ısı kaçışlarının engellenmesi ve ışık kontrolü için ETFE kullanımı enerji korunumu açısından avantaj sunmaktadır.

İncelenen projelerin tamamında; yapı bileşenleri, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı doğrultusunda şekillenmiş, seçilen malzeme türü, entegre edilen temiz enerji sistemleri ile enerjinin doğal kaynaklardan sağlanması amaçlanmıştır. PV panel, rüzgâr türbinlerinin, çatı ve cephelere entegrasyonu ile elektrik enerjisi sağlanırken; PV/T sistemler ile hem elektrik hem ısı enerjisinin sağlandığı, bu sayede yapı için gerekli olan ısıtma enerjisi yükünün hafiflediği görülmektedir. Enerji kazancının yanında iç ve dış mekân arasında dengeleyici rol üstlenen bir takım sistemler uygulanmıştır. Cepheye entegre edilen güneş kırıcı elemanlar ile doğal ışığın denetimi sağlanmaktadır. Saçakta uygulanan PV panel çözümleri gibi hem elektrik enerjisi üreten hem de doğal ışığın iç mekâna kontrollü geçişini sağlayan önlemler alınmıştır. Bunun yanı sıra güneş ve rüzgâr enerjisinden bir arada yararlanılarak doğal havalandırmanın sağlandığı ısısal baca, çift tabakalı cephe sistemi ile doğal havalandırmanın sağlandığı görülmektedir (Şekil 4.78).

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ

Günümüzde geleneksel enerji kaynakları kısıtlı olmakla birlikte çevre üzerindeki etkileri olumsuz olmaktadır. Yapıda enerji tüketimi yükselen bir hızla sürekli artmaktadır. 70'li yıllardan itibaren evsel toplam enerji tüketimi %10'dan %35'lere ulaşmaktadır. Bu nedenle yapılarda enerji tasarrufu acil bir çözüm gerektirmektedir. (Weng Sijuan, 2008)

Sağlıklı ve kaliteli yapılaşma konusundaki bilincin ve beklentilerin artması, iç mekânda hava kalitesinde konfor şartlarının sağlanması açısından daha fazla enerji talebi olmaktadır.

Ekolojik mimarlık, sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin optimal dengesini sağlamayı amaçlamaktadır. Enerji kullanımı; sosyal, ekonomik ihtiyaçlar için temel faktör olmaktadır. Sürdürülebilir gelişme için çevresel, ekonomik ve sosyal dengeyi kurmak amaçlı enerjinin etkin bir şekilde kullanım alternatiflerinin bulunması, yapı tasarımcıları için önemli bir görev haline gelmiştir.

Enerji kullanımında fosil yakıtlara bağımlı olma, yaşanan enerji krizi ve iklim değişikliği endişeleri nedeni ile nükleer enerji ve doğal gaz gibi alternatif enerji kaynakları kullanımı gündeme gelmektedir. Nükleer reaktörlerde yaşanan güvenlik problemi, doğal gaz rezervleri açısından özellikle ülkemizin dışa bağımlı olması, hem ekonomik hem de çevresel açıdan çözüm olamamaktadır. Bu soruna tek çözüm yolu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda kullanımı ile doğal çevreye verilen zararın en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yapılarda kullanım oranı en fazla olan güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji; aktif ve pasif sistemler ile yapıların ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve elektrik gereksinimini karşılayabilmektedir. Yapı tasarımında; yenilenebilir enerji kaynaklarından en verimli şekilde

yararlanılabilmesi ve enerji korunumu açısından ilk düşünülmesi gereken; yapının havalandırılması, ısıtılması ve soğutulması için gerekli olan mekanik sistemlerin yapılara sonradan eklenmesinin önüne geçilmesidir. Bu ihtiyacın tasarım aşamasında düşünülerek, doğal verileri kullanarak karşılanması gerekmektedir. Bu durum, yapı cephelerinde karşılaştığımız kontrolsüz şekilde ortaya çıkan iklimlendirme sistemlerinin yarattığı görüntü kirliliğinin de önüne geçmektedir. Bu aşamada, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşeni ölçeğinde entegrasyonunun önemi ortaya çıkmaktadır. Yapı bileşeni, ekolojik tasarım amacına uygun olarak şekillendiğinde, değişen iklim koşullarına adapte olabilmektedir. Çevre etkilerini dikkate almak, iç mekânda kullanıcıların konfor düzeyinde pozitif etki yaratmanın yanında enerji tüketiminin azaltılmasını da sağlamaktadır.

İç mekânda; sağlıklı havalandırma, çevreye atık vermeyen sistemler ile ısıtma, soğutma işlevinin yerine getirilmesi, iç mekâna giren doğal ışığın kontrolünün sağlanması, cephe tasarımında çevreci yaklaşımlar ile izlenecek yol açısından önem taşımaktadır. Yapı bileşeni, yapıyı çevreleyen yüzey olmasının yanında gerektiğinde ısıyı düzenleyen, nefes alabilen, absorbe eden ve koruma sağlayan ve enerji üreten, bu şekilde birçok fonksiyonu bir arada barındıran yapı elemanı olarak görev almaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı ilk enerji etkin bina örneklerinde özellikle aktif sistem uygulamalarının yapı elemanları ile bütünleşmemesinden kaynaklı, yapıya makine hissi veren görüntüler ortaya çıkabilmektedir. Pek çok tasarımcı ve kullanıcı için bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda kullanımı için engel teşkil edebilmektedir. Bu konudaki kaygıların, sürekli gelişmekte olan yenilenebilir enerji kaynakları dönüşüm sistemleri ile nasıl aşılabildiği tez kapsamında irdelenen yurtdışı örneklerinde görülebilmektedir.

İncelenen yapılara bakıldığında, günümüzde temiz enerji teknolojilerinin gelişmesine bağlı olarak bu sistemlerin çok katlı yapılarda hatta gökdelenlerde, yapı bileşenleri ile nasıl entegre olduğu, yapıdan bağımsız bir eleman değil yapı elemanının kendisi olabildiği sonucuna varılabilmektedir. Aktif sistem uygulamalarının

dışında; cam, tuğla gibi geleneksel yapı malzemesi yerine geçerek, ısı konforu ve enerji etkinliğinin sağlanabildiği aynı zaman estetik açıdan mimariye katkısı olan tasarımların ortaya çıktığı görülmektedir. Yapıya entegre edilecek olan sistemlerin, tasarım aşamasında karar verilmesi ve yapı bileşeni ile bütünleşmesi ilk yatırım maliyeti açısından da yarar sağlamaktadır.

Yaşadığımız mekânlarda, ısıtma ve soğutma amaçlı pek çok işlev, fosil yakıtlardan ve mekanik iklimlendirme sistemleri ile karşılanmaktadır. Bunun sonucu atmosfere salınan CO₂ 'in iklim üzerinde yarattığı tahribatlar, mekanik sistem kullanımının insan sağlığı açısından yol açtığı olumsuzluklar ve enerji kullanımındaki artışın daha da artması durumu, biz mimarlar açısından ekolojik mimarlığın önemini kavramayı zorunlu hale getirmektedir. Ve her geçen gün, yaşam döngüsünün devamlılığı açısından doğaya ne kadar muhtaç olduğumuz gerçeğini gözler önüne sermektedir.

Dünya genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık %50 'sinin yapılaşma faaliyetleri kapsamında kullanıldığı gerçeği ile yüzleşildiğinde; yapılarda enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması durumu, ekolojik yapıların çevre üzerinde nasıl etki yaratacağı, bizim doğal yaşama ne şekilde faydalı olabileceğimiz açısından önemli bir noktadır.

İncelenen örneklerde görüldüğü üzere, enerjinin bilinçli kullanıldığı teknolojilerin gelişimi, Türkiye'de henüz yaygın olarak yapılarda gözlenmemektedir. Özellikle solar duvar, PV/T panel, PV panelin farklı yapı bileşenlerine entegre edildiği gelişmiş aktif güneş teknolojilerine sahip yapılara rastlanamamaktadır. PV panel uygulamalarına daha sık rastlanan İngiltere gibi güneş almayan ülkelere kıyasla ülkemiz, güneş enerjisi açısından daha zengin potansiyele sahiptir. Bu imkânı değerlendirmesi, gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakılması açısından önem taşımaktadır.

Bunun yanı sıra bir ülkenin ekonomik açıdan gelişimi tükettiği enerji ile doğru orantılıdır. Bu nedenlerle, yapılı çevreyi oluşturan her insanın, enerjinin verimli kullanımı ve temiz enerji teknolojilerinin kullanımının öneminin farkında olarak bu

bilinçle hareket etmesi gerekmektedir. Ayrıca dışa bağımlılığı zorunlu kılan enerji projeleri yerine her ülkenin kendi enerjisini sağlayabildiği yenilenebilir teknoloji kullanımını içeren projeler desteklenmelidir. Tez kapsamında irdelenen yapıların ve uygulamaların bu alanda yol gösterici olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Active solar heating*.(n.d.)Retrieved May 9, 2012, from <http://theenergylibrary.com/node/11659>
- Altın, M.(2010). *Pantheon 'dan günümüze kubbelerin gelişimi*, Yalın Yayıncılık
- Ayçam, İ. ve Kanan, N.(2009) Ekolojik mimarlık kapsamında bina bütünleşik nano-PV malzemenin incelenmesi. V. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.23 Aralık 2011, <http://www.emo.org.tr>
- Bekar, D.(2007). Ekolojik mimarlıkta aktif enerji sistemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Brownstone,R.(2004). *Western engineering green building*.Retrieved April 17, 2012,from <http://www.eng.uwo.ca>
- Blue, K.(2008).*Dutch Pavilion,Expo 2000*, Retrieved April 24, 2012, from <http://arkitipintel.com>
- Butera, F., Adhikari, R.S., Caputo, P., Ferrari S. & Oliaro, P.(2005). The Sino-Italy Environment & Energy Building (SIEEB): A model for a new generation of sustainable buildings, International Conference “Passive and Low Energy Cooling 935 for the Built Environment”, Santorini, Greece
- California Academy of Sciences*,(n.d.), Retrieved April 24, 2012, from www.arup.com
- Canton Tower Has Complex BIPV System*,(n.d.) Retrieved August 2, 2011, from http://www.solaripedia.com/13/342/4232/canton_tower_pv_module_shapes.html
- Chen, B., Sun,Y.Y.& Liu, L.(2008). Effect of thermal storage on actual heat supply in residential building with slab-on-grade radiant floor heating system. *Solar Energy and Human Settlement*. 2506. China: Yuwen Zhao.
- China Construction Design International*.(1994). *CCDI architecture : design for China's future*. Mulgrave, Vic

Chongjie, W.& Yibing, X. (2009). *The integrative application study on solar energy technology used in dwelling bulding*, Proceedings of ISES World Congress , Beijing, 394

Concordia University Solar Thermal and Electricty Generation,(n.d.).Retrieved May 3,2012,from www.solaripedia.com

COR – Green Building that Stands Out, (n.d.).Retrieved May 3, 2012,from <http://www.archimag.org>

Daniels, K,(1997), *The technology of ecological building:basic principles and measures, examples and ideas*, Birkhäuser Verlag

Devlet Planlama Teşkilatı[DPT], VII. Beş yıllık Kalkınma Planı, 1995.

Erengözgin,Ç.(2008),*Enerji ve Ekoloji*,9 Haziran 2012,www.erengozgin.net

Esin, T.(2006). Yapılarda pasif tasarım yöntemleriyle yenilenebilir enerji kullanımı, *İzolasyon Dünyası*,61, 68-72

Farkas, K., Andresen, I., Hestnes, A.(2009). *Architectural integration of photovoltaic cells overview of materials and products from an architectural point of view* . 20 Nisan 2011, <http://www.sasbe2009.com>

Frame Mounted Pv Panels, (n.d.).Retrieved May 10, 2012,from <http://www.horizonrenewables.co.uk/>

Gan, G. & Rıffat, S., (2001). *Air flow in an atrium with roof-integrated photovoltaics* CIBSE National Conference, 2012, <http://www.nottingham.ac.uk>

Geothermal energy,(n.d.).Retrieved May 10, 2012,from www1.eere.energy.gov/geothermal/.../direc.

Geothermal energy, (n.d.).Retrieved May 10, 2012,from www.wbdg.org/resources/geo

Gevorkian, P.(2006) . *Sustainable energy systems in architectural design*. U.S.A ,s31

Green Projects, (n.d.).Retrieved May 23, 2012,from brightgreenresearchblog.wordpress.com

Green Retrofit Conference-Dubai Knowledge Village, (n.d.).Retrieved February 2, 2009,from www.sesam-uae.com

Günel, H. ve İlgin, H.(2008). Bir mimari tasarım kriteri olarak rüzgar enerjisi kullanımı. *EMO İzmir Şubesi Haber Bülteni*, 220, 32.

Günel, H., İlgin, E. ve Sorguç, A.,(2007). *Rüzgâr enerjisi ve bina tasarımı*. Ankara :ODTÜ Mimarlık Fakültesi

- Güneş Kolektörü Montaj Kiti,9 Haziran 2012,
<http://www.ezinc.com.tr/urund.asp?id=74>
- Gürsoy U. , (2000). *Dikensiz gül, temiz enerji kaynakları, doğu akdeniz çevrecileri*, Temiz ve Yenilenebilir Temiz enerji Kaynakları Raporu, İstanbul
- Healthy Buildings, Healthy People: A Vision for the 21st Century*, October 2001,
<http://www.epa.gov/iaq/hbhp/index.html>
- Herzog, A., Lipman,T, Kammen, D.,(2001). *Renewable energy sources*, encyclopedia of life support systems (eolss) forerunner Volume “Perspectives and Overview of Life Support Systems and Sustainable Development”. 10 Kasım 2011, <http://www-fa.upc.es/personals/fluids/oriol/ale/eolss.pdf>.
- Hightex - Tensile Structures: PTFE, ETFE and PVC Membranes*,(2011),
http://www.designbuildnetwork.com/contractors/construct_materials/hightex/hightex2.html
- Inside Beijing's Big Box of Blue Bubbles*, (n.d.).Retrieved May 19, 2009,from
continuingeducation.construction.com/article
- Isı pompası sistemleri*, 3 Temmuz 2011, <http://www.mnphavuz.com/urunler/isi-pompasi-sistemleri>
- Jeska, S,(2008). *Transparent plastics : design and technology* , Basel; Boston: Birkhäuser
- Keeler, M. & Burke, B.(2009).*Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building*. New Jersey
- Kuwabara,B., Auer,T., Gouldsbrough,T., Akerstream,T., Klym,G.(2009). *Manitoba Hydro Place*. PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada
- LeCuyer,A., (2008). *ETFE : technology and design*, Basel ; Boston : Birkhäuser
- Linn,C.,(2010), Retrieved march 10, 2011,from
http://greensource.construction.com/green_building_projects/2010/1003_ManitobaHydroPlace.asp
- M.,Köklü (kişisel iletişim, 18 Nisan 2011)
- Maciel,A.,(2007). *Bioclimatic integration into the architectural design*, Nottingham : Nottingham Trent University
- Manchester College of Arts and Technology*,(2012), Retrieved march 10, 2011,from
<http://www.designbuildsolar.com/projects>
- McDonald, J.,(2008), Retrieved march 20, 2010,from www.architecture.com.au

- Media-Tic, With The Almost-Finished Works, Is The New Image Of Barcelona Digital*,(2010), Retrieved march 25, 2011, from <http://www.22barcelona.com/documentacio/pdfangles.pdf>
- Moral Uğur, E., (2006). *Güneş pillerinin yapı kabuk elemanları ile bütünleşmelerine yönelik bir araştırma*. Yüksek Lisan Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Mounting a Solar PV System*,(n.d.) Retrieved August 15, 2010, from <http://www.segen.co.uk/SolarPV/Mounting>
- Müller, D.& Dominique,N.(2002). *Sustainable Architecture and Urbanism: Concepts, Technologies, Examples*. Berlin:Birkhäuser
- Near North Apartments with Wind Turbines*,(n.d.). Retrieved may 22, 2011,from www.solaripedia.com
- Pagliaro, M.(2009). BIPV: merging the photovoltaic with the construction industry. *Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati*,18, 61 - 72.
- Photovoltaics/thermal Solar Energy Systems Status of the technology and roadmap for future development*.5 Nisan 2010,http://www.ieashc.org/task35/publications/Task7_PVT_Report_23062003.pdf
- Renewable energy*,(n.d.). Retrieved april 13, 2012, from <http://www.renewableenergyworld.com/rea/tech/geoheatpumps>
- Roberts,S.& Guariento,N.(2009) *Building integrated photovoltaics: a handbook*. Berlin:Birkhäuser, s.45
- Robinson, A ,(2005). *Structural opportunies of ETFE* .Cambridge: Massachusetts Institute of Technology
- Sebastian, J.(May 19,2009).*Taiwan Solar Powered Stadium / Toyo Ito* Retrieved.Aug 22, 2012, from <http://www.archdaily.com/22520/taiwan-solar-powered-stadium-toyo-ito/>
- Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir mimarlık*. İstanbul: YEM Yayın.
- Sick, F. & Erge,T. (1996).*Photovoltaics in buildings*, James & James, London
- Sieeb-1*,(2010), <http://www.mcarchitects.it/project/sieeb>
- Suner, A. (b.t)‘‘Adaptive Architecture’’ Çevresel etkenlere göre değişebilen mimari. *Ekoyapı Dergisi*,82-84
- Sustainability*,(n.d.).Retrieved May 5, 2011, from <http://www.melbourne.vic.gov.au/enterprisemelbourne/WhyMelbourne/Pages/Sustainability.aspx>

Sustainable solar shading for science structure. (n.d.).Retrieved May 15, 2012,from www.solaripedia.com

Türk Dil Kurumu,(b.t.).Nisan 8,2012, <http://tdkterim.gov.tr/bts/>

Türkçü, H.Ç,(2010) *Yapım ilkeler-malzemeler-yöntemler-çözümler*, İstanbul: Birsen Yayınevi

Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Temel Politikası,(b.t.). Şubat 12, 2012, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet-alanlari/enerji>

Türkiye'deki Jeotermal Kaynaklar,(b.t.).Şubat 12, 2012, <http://jeotermal.balikesir.edu.tr/jeotermal5.php>

Twelve West Catches the Breeze,(Feb. 8,2009).from www.solaripedia.com

Twinn,C.(2003). BedZED, *The Arup Journal*,17,10-16

University Building in Beijing.(January,2007).*Detail Dergisi*,6,638-643.

Utkuğ,G.(2007).Sıfır enerjili binalar, İngiltere ve Çin'den uygulama örnekleri, *Tasarım*,170,116-123

Varınca, K., Varank, G., (2005).*Güneş kaynaklı farklı enerji üretim sistemlerinde çevresel etkilerin kıyaslanması ve çözüm önerileri* , Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.

Varınca, K, Gönüllü, T, (2006). *Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma*, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, 21-23 Haziran 2006.

Varınca. K, Gönüllü. M,(2006). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının çevresel olumlu etkileri*, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, www.yildiz.edu.tr

Vaughan, A, (April 4, 2010).London landmark building will generate 8% of its energy needs. *The Guardian home*, 20 Nisan 2012 <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/mar/14/razor-tower-wind-turbines>

Williams, D, (2007). *Sustainable Design: Ecology, Architecture, and Planning*. Canada, FAIA.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları,(b.t.). (Nisan 20, 2010), www.limitsizenerji.com

Yüksek, İ.(2011). Yapılarda enerji etkinliği bağlamında doğal havalandırma yöntemlerinin önemi . *Tesisat Mühendisliği*, 125, 63.

Zero Energy Media Wall,(n.d.)Retrieved August 16, 2011,from <http://www.greenpix.org/>