

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKOLOJİK BİNALARDA BİNA KABUĞUNDA  
KULLANILAN FOTOVOLTAİK PANELLERİN TASARIM  
BAĞLAMINDA İNCELENMESİ**

Mimar Hatice Pelin ÖZDOĞAN

**F.B.E Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Seda TÖNÜK**

**İSTANBUL, 2005**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
ÇİZELGE LİSTESİ .....	viii
ÖNSÖZ .....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. ENERJİ .....	3
2.1 Enerji Kavramı .....	4
2.2 Enerji Kaynakları .....	5
2.2.1 Yenilenemeyen (Tükenecek) Enerji Kaynakları .....	6
2.2.2 Yenilenebilir (Tükenmeyen) Enerji Kaynakları .....	7
2.2.2.1 Biyokütle Enerjisi .....	9
2.2.2.2 Jeotermal Enerji .....	11
2.2.2.3 Hidrojen Enerjisi .....	14
2.2.2.4 Hidroelektrik Enerji .....	16
2.2.2.5 Rüzgar Enerjisi .....	20
2.2.2.6 Güneş Enerjisi .....	23
3. BİNA KABUĞUNDA KULLANILAN FOTOVOLTAİK PANELLERİN TASARIM BAĞLAMINDA İNCELENMESİ .....	35
3.1 Fotovoltaiklerin Tarihçesi .....	36
3.2 Fotovoltaiklerin Yapısı ve Türleri .....	38
3.2.1 Tek Kristalli Silisyum Güneş Pilleri .....	40
3.2.2 Çok Kristalli Silisyum Güneş Pilleri .....	41
3.2.3 İnce Film Güneş Pilleri .....	42
3.2.3.1 Amorf Silisyum Güneş Pilleri .....	42
3.2.3.2 Kadmiyum Tellür Güneş Pilleri .....	43
3.2.3.3 Bakır İndiyum Diselenid Güneş Pilleri .....	43
3.3 Bina-Pv Entegrasyonu ve Tasarım Kriterleri .....	44
3.3.1 Coğrafi Konum .....	47
3.3.2 Yüzeyin Yönü ve Açısı .....	47
3.3.3 PV Modülün Özelliği .....	48
4. BİNA KABUĞUNDA FOTOVOLTAİK PANELLERİN KULLANILDIĞI YURTDIŞI ÖRNEKLER .....	53

5.	SONUÇLAR.....	117
	KAYNAKLAR.....	120
	ÖZGEÇMİŞ.....	123

## **KISALTIMA LİSTESİ**

PV	Fotovoltaik
kWh	Kilowatt saat
PEMFC	Proton Değişim Membranı

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1 2000 yılı itibariyle dünyadaki enerji kaynakları kullanımı .....	6
Şekil 2. 2 Kolza bitkisinden dizel motorlar için yakıt üretimi (Özer, 1996).....	10
Şekil 2. 3 Kemberburgaz enerji üretim tesisi genel görünüş[22]. .....	11
Şekil 2. 4 Dünyada Biyokütle Enerjisi Kullanımı (Özer, 1996).....	11
Şekil 2. 5 Yerküre'deki Sıcaklık Dağılımı [4] .....	12
Şekil 2. 6 Jeotermal enerji kaynaklarının endüstriyel kullanım alanları (Serpen, 1996).....	13
Şekil 2. 7 Jeotermal ısı pompaları [23].....	14
Şekil 2. 8 Hidrojen Üretim Zinciri(16).....	15
Şekil 2. 9 Hidrojen Enerjisinin Konutlara Uygulanması.....	16
Şekil 2. 10 Hidrojen Enerjisinin konut içinde devirdaim şeması .....	16
Şekil 2. 11 Kattara Tesisleri (Çeçen, 1994).....	17
Şekil 2. 12 Rance tesisi (Çeçen, 1994) .....	18
Şekil 2. 13 Dalga enerjisi kullanılan bir konut önerisi .....	18
Şekil 2. 14 Hasan Uğurlu Barajı (Çeçen, 1994). .....	19
Şekil 2. 15 Keban Barajı(19) .....	19
Şekil 2. 16 Rüzgar türbini (Ültanır, 1996).....	20
Şekil 2. 17 Kappel rüzgar çiftliği, Danimarka (Ültanır, 1996).....	21
Şekil 2. 18 Vindeby denizüstü rüzgar çiftliği, Danimarka (Ültanır, 1996). .....	21
Şekil 2. 19 Mimarlıkta rüzgar enerjisi kullanımı [24] .....	22
Şekil 2. 20 Yaz ve kış güneşin yüzeylere gelişi (İnan, 2001).....	25
Şekil 2. 21 Pasif sistemlerde güneşle ısıtma ve serinletme (İnan, 2001).....	26
Şekil 2. 23 Çeşitli çatı açıklıkları (İnan, 2001).....	27
Şekil 2. 24 Trombe duvarı (Özbalta, 2005).....	28
Şekil 2. 25 Güneş Kollektörü [25].....	29
Şekil 2. 26 Güneş Kolektörü İşleyiş Şeması [25].....	30
Şekil 2. 27 Düz güneş kolektörü (Deriş, 1984) .....	31
Şekil 2. 28 Vakum borulu kolektör (Deriş, 1984).....	32
Şekil 2. 29 Çanak tipi kolektör (Deriş, 1984).....	32
Şekil 2. 30 Silindirik kolektör (Deriş, 1984) .....	33
Şekil 2. 31 Çatı güneş havuzu işleyiş şeması (Deriş, 1984).....	34
Şekil 3. 1 Dünyada PV kullanımı (Canan, 2003) .....	37
Şekil 3. 2 PV'nin yapısı (Thomas, 2001) .....	38
Şekil 3. 3 PV hücre, modül, panel,solar dizi (Çelebi, 2002) .....	39

Şekil 3. 4 Tek Kristalli Silisyum Güneş Pili Yapısı .....	41
Şekil 3. 6 Çatı ve cephede kullanılan PV panellerin karşılaştırılması (Thomas, 2001) .....	44
Şekil 3. 7 Çatı da PV kullanımı (Canan, 2003) .....	45
Şekil 3. 8 Cepheye PV uygulama detayları (Thomas, 2001).....	45
Şekil 3. 9 Yön ve eğime göre güneş enerjisi elde etme yüzdeleri (Canan, 2003). .....	48
Şekil 3. 10 Havalandırmaya bağlı enerji verimi değişimi .....	48
Şekil 3. 11 PV modüller verim tablosu (Thomas, 2001) .....	49
Şekil 3. 12 Binalarda PV Kullanımı (Thomas, 2001) .....	52
Şekil 4. 1 Roma çocuk müzesi ve Pv'lerin içten görünüşü [12].....	57
Şekil 4. 2 Kanopilere Pv'nin uygulama detayı ve içten görünüşü [13].....	57
Çizelge 4. 2 Dortrecht'te 22 Ev .....	58
Şekil 4. 3 Evlerin genel görünüşü [14]. .....	59
Şekil 4. 4 Kesit ve PV'lerin görünüşü [14]. .....	59
Şekil 4. 5 Genel görünüş ve kesitler [15] .....	61
Şekil 4. 6 Cephede Pv uygulaması [15].....	61
Şekil 4. 7 Güneş köyünün yerleşim planı ve görünüşleri (Thomas, 2001). .....	63
Şekil 4. 8 Amersfoort Güneş Köyü'nde PV kullanımı (Thomas, 2001). .....	63
Şekil 4. 9 Bariloche evinin planı ve kesitleri (Roaf, 2001). .....	65
Şekil 4. 10 Pv uygulama detayları (Roaf, 2001). .....	65
Şekil 4. 11 Cambridge Botanik Bahçesinin perspektifi (Thomas, 2001). .....	67
Şekil 4. 12 Görünüş ve Pv uygulama alanları (Thomas, 2001). .....	67
Şekil 4. 13 Vaziyet planı ve genel görünüşü [14].....	69
Şekil 4. 14 Pv detayları [14] .....	69
Şekil 4. 15 Doxford ofis binasının planı ve kesitleri (Thomas, 2001). .....	71
Şekil 4. 16 Cephede Fotovoltaik kullanımı (Thomas, 2001).....	71
Şekil 4. 17 Çatıda Fotovoltaik kullanımı (Thomas, 2001). .....	73
Şekil 4. 18 Cepheler (Thomas, 2001). .....	73
Şekil 4. 19 ECN binasının genel görünüşü [13] .....	75
Şekil 4. 20 Çatıda Fotovoltaik kullanımı [13] .....	75
Şekil 4. 21 Galeriden PV'lerin görünüşü [13].....	77
Şekil 4. 22 Çatı-PV entegrasyonu .....	77
Şekil 4. 23 Vaziyet planı ve binanın görünüşü [26] .....	79
Şekil 4. 24 PV detayları [26] .....	79
Şekil 4. 25 Vaziyet planı ve genel görünüş [14].....	81
Şekil 4. 26 PV uygulama detayları [14] .....	81

Şekil 4. 27 Binaların genel görünüşü [14].....	83
Şekil 4. 28 PV görünüşleri [14].....	83
Şekil 4. 29 PV'lerin içten görünüşü [13].....	85
Şekil 4. 30 PV uygulaması (Canan, 2003). ....	85
Şekil 4. 31 Vaziyet planı ve görünüş [26].....	87
Şekil 4. 32 Cephe ve PV detayları [26].....	87
Şekil 4. 33 Binanın genel görünüşü [17].....	89
Şekil 4. 34 PV güneşkırın detayları [17].....	89
Şekil 4. 35 Vaziyet planı ve evlerin genel görünüşü [21] .....	91
Şekil 4. 36 Çatıda Fotovoltaik uygulamaları [13] .....	91
Şekil 4. 37 Binanın güneşlenme yüzeyleri (Roaf, 2001).....	93
Şekil 4. 38 Çatıda Pv panel uygulama detayı (Roaf, 2001).....	93
Şekil 4. 39 Vaziyet planı ve binaların silüeti (Thomas, 2001) .....	95
Şekil 4. 40 Çatılarda PV kullanımı (Thomas, 2001) .....	95
Şekil 4. 41 PV bağlantı detayı (Sick ve Erge, 2003).....	97
Şekil 4. 42 Çatı-PV montaj detayları (Sick ve Erge, 2003).....	97
Şekil 4. 43 Binanın planı ve genel görünüşü [26] .....	99
Şekil 4. 44 PV detayları [26] .....	99
Şekil 4. 45 Binanın iç görünüşleri [13] .....	101
Şekil 4. 46 PV görünüşler [13].....	101
Şekil 4. 47 Genel görünüşler [18].....	103
Şekil 4. 48 Taraça görünüşleri [18] .....	103
Şekil 4. 49 Binanın kesiti ve çatıdan görünüş [20].....	105
Şekil 4. 50 Çatıda PV detayları [16].....	105
Şekil 4. 51 Planlar [26].....	107
Şekil 4. 52 PV detayı ve görünüşler [26] .....	107
Şekil 4. 53 Çatıda PV görünüşü (Sick ve Erge, 2003) .....	109
Şekil 4. 54 PV uygulama detayları (Sick ve Erge, 2003).....	109
Şekil 4. 55 Kubbenin görünüşü (Utkutuğ, 2002). ....	111
Şekil 4. 56 PV panel detayları [27] .....	111
Şekil 4. 57 Binanın plan ve kesiti (Canan, 2003). ....	113
Şekil 4. 58 Binada PV kullanımı (Canan, 2003) .....	113
Şekil 4. 59 Cephede PV kullanımı [13].....	115
Şekil 4. 60 PV uygulama detayları [13] .....	115

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2. 1 2000 Yılı İçin Bölgesel Yenilenebilir Enerji Kullanım Miktarları (34).....	8
Çizelge 2. 2 Avrupa ülkelerinde rüzgar enerjisi potansiyeli (Çengel, 2003) .....	22
Çizelge 2. 3 Karşılaştırma tablosu (Çengel, 2003).....	23
Çizelge 3. 1 Hücre üretiminde kullanılan elementlerin dünyadaki rezerv durumu (Shah, 1997)39	
Çizelge 3. 2 Güneş pillerinin rapor edilmiş en yüksek verimlilikleri [11].....	40
Çizelge 3. 3 Çatıda PV Kullanımı .....	46
Çizelge 3. 4 Cephede PV Kullanımı.....	46
Çizelge 4. 1 Roma Çocuk Müzesi .....	56
Çizelge 4. 3 4 Times Square.....	60
Çizelge 4. 4 Amersfoort'ta Güneş Köyü .....	62
Çizelge 4. 5 Bariloche Evi.....	64
Çizelge 4. 6 Cambridge Botanik Bahçesi.....	66
Çizelge 4. 7 De Kleine Aarde Boxtel Ziyaretçi Merkezi .....	68
Çizelge 4. 8 Doxford Güneş Ofisi .....	70
Çizelge 4. 9 Duncan Evi.....	72
Çizelge 4. 10 ECN 42 Binası.....	74
Çizelge 4. 11 Jubilee kampusü .....	76
Çizelge 4. 12 Kv Kugnvattnet Projesi .....	78
Çizelge 4. 13 Langedjik Hal Projesi.....	80
Çizelge 4. 14 Leiden'de 5 Ev Projesi .....	82
Çizelge 4. 15 Mont-Cenis Akademisi .....	84
Çizelge 4. 16 Ncc Hammarby Sjöstad.....	86
Çizelge 4. 17 Northumberland Binası .....	88
Çizelge 4. 18 Sidney Olimpik Köyü.....	90
Çizelge 4. 19 Oxford Eko-Evi .....	92
Çizelge 4. 20 Parkmount Yerleşimi.....	94
Çizelge 4. 21 Pietarsaari Güneş Evi .....	96
Çizelge 4. 22 Pv Garaj.....	98
Çizelge 4. 23 SBIC Doğu Merkez Ofis Binası.....	100
Çizelge 4. 24 Shellharbour İşçi Kulübü.....	102
Çizelge 4. 25 Stillwell Caddesi Terminali.....	104
Çizelge 4. 26 Vest Agder Tedavi Merkezi .....	106
Çizelge 4. 27 Weiss Evi.....	108



Çizelge 4. 28 Reichstag Alman Parlamento Binası.....	110
Çizelge 4. 29 Tenum Binası .....	112
Çizelge 4. 30 Tsukuba Araştırma Merkezi.....	114
Çizelge 4. 31 PV modül kullanım yüzdeleri .....	116

## ÖNSÖZ

“Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi” adlı çalışmam boyunca, tez çalışmalarımı özenle denetleyen, her türlü bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan tez danışmanım Doç. Dr. Seda Tönük’e, araştırmam boyunca benden desteğini ve sabrını esirgemeyen arkadaşım İnş.Müh.Süleyman Karadal’a, yardımlarından dolayı arkadaşlarım Araş.Gör.Burak Akpınar’a ve End.Müh.Volkan Özdoğan’a, anlayışları ile her zaman yanımda olan Taneri Alppay-Candan Batur Mim.Müh. Müş.Ltd.Şti.’nin değerli yöneticileri Y.Mim.Müh. Taneri Alppay ve Y.Mimar Candan Batur’a ve son olarak hayatım boyunca hep yanımda olan ve hayatıma anlam katan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

Günümüzde, bilinçsiz enerji kullanımı sonucunda ortaya çıkan çevresel sorunların insan yaşamını tehdit eder bir duruma gelmesi nedeniyle çevreyi koruma anlayışı giderek artan bir endişe konusu olmaktadır. Bu nedenle, doğaya doğrudan müdahalesi olan mimarlık disiplinde bu sorunlara tepkisiz kalması beklenemezdi. Bu bağlamda, pek çok gelişmiş ülkede enerji etkin tasarıma dayanan çevreci yada ekolojik mimarlık kavramlarının önemi giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, bina kabuğunun enerji etkin tasarım bağlamında fotovoltaik panellerle bir enerji kazanım yüzeyi olarak da tasarlanabileceği konusunda bilgiler aktarılacaktır. Birinci bölümde, çalışmanın amacı ve kapsamı belirlenmiştir. İkinci bölümde, enerji kavramının tanımı yapılmış, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiş ve güneş enerjisinin önemi vurgulanmıştır. Üçüncü bölümde, bina kabuğunda fotovoltaik panel kullanımı başlığı altında, fotovoltaiklerin tarihçesi, yapısı, türleri ve binalarda kullanım olanakları açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, üçüncü bölümde anlatılan kriterler kapsamında, bina kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanıldığı yurtdışı örneklere yer verilmiştir. Sonuç bölümünde, tezin tüm bölümlerinden çıkarılan sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaik panel, enerji etkin tasarım, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji, çevre sorunları

## **ABSTRACT**

Nowadays, because of unconscious usage of energy, environmental problems that threaten human life appear. Because of it, sensibility of environment protection becomes increasing concerning subject. Thus, architectural discipline that affects the nature directly couldn't be non-reacting to those problems. In this sense, in most of the developed countries, the importance of environmentalist concept that founded energy active design or ecologic architectural concept gradually increases.

In this work, in the sense of energy active design, cover of the building can be designed for surface to gain energy with photovoltaic panels. The information about this subject will be mentioned. In the first chapter, purpose of this work and content is determined. In the second chapter, energy concept is defined, nonrenewable and renewable energy sources are examined and the importance of solar energy is emphasized. In the third chapter, in the title of usage of photovoltaic panel in the building cover, the history of photovoltaics, structure, types and facility of usage in the buildings are explained. In the fourth chapter, in the scope of the criteria explained in the third chapter, the examples in foreign countries of photovoltaic panels usage in the building covers are mentioned. In conclusion, the results gained from all parts of the thesis are evaluated.

**Keywords:** Photovoltaic panel, energy effective design, renewable energy sources, energy, environmental problems.

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, yenilenemeyen enerji kaynaklarındaki artışla beraber ortaya çıkan sorunlar, bu sorunlara çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının belirlenmesi ve yenilenemeyen bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan en gelişmiş teknolojik ürün olan fotovoltaik panellerin bina kabuğunda kullanımını tasarım bağlamında incelenmesidir.

Sanayi devriminden sonra, bilinçsiz enerji kullanımı, geri dönüşü olmayan ekolojik tahribatların yanı sıra, üretime yöneltilecek potansiyelin israfına ve enerji ithalatına dayalı ülke ekonomilerinin olumsuz yönde etkilenmesine de yol açmaktadır. Bugünü olduğu kadar geleceği de düşünerek, enerji tüketiminin bilinçli olması kaçınılmaz bir sonuç olmaktadır. Bu bağlamda, 21.yy'da mimarların bina çözümlerindeki öncelikli amacı, binaların çevreye olumsuz etkilerini en aza indirmek olmaktadır. Teknolojiyle dünyaya hükmetmek anlayışının yerini, teknolojiyi insanların doğayla ilişkilerini uyumlu hale getirmek için kullanmak anlayışı almaktadır. Bunun sonucunda, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji verimini arttıran ve enerji tasarrufu sağlayan enerji etkin tasarıma yönelme yaklaşımları önem kazanmaktadır.

Çalışma, internetten ve konuyla ilgili yayınlardan literatür taraması yöntemi ile yapılmış olup, enerji kullanımı, bina yapım ve teknolojik gelişmelerin mimariye yansımaları ve her ikisinin bir araya geldiği fotovoltaik paneller araştırılmaktadır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde, bilinçli öneminin belirlenmesi amacıyla, enerji kavramı, yenilenemeyen enerji kaynak ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde durulmaktadır. Enerji kavramı kapsamında, enerjinin tanımı, tarihsel süreçte gelişimi, günümüzde öneminin artması, enerji kaynaklarının sınıflandırılması ve çevreye etkileri incelenmektedir. Yenilenemez enerji kaynaklarının neden olduğu sorunlar ve bu sorunlara çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme bu bölümde belirtilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümü fotovoltaik panellerin bina kabuğunda kullanımının tasarım bağlamında incelenmesini kapsamaktadır. Fotovoltaik panellerin tanımı, tarihsel süreçte gelişimi, fotovoltaiklerin yapısı, türleri ve tasarım kriterleri bu bölümde incelenmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, ikinci bölümde anlatılan kriterler kapsamında yurtdışında uygulanan örneklere yer verilmiştir. Bölüm, katalog çalışması yöntemi ile yapılmış olup, her bina için oluşturulan tabloda, binanın genel özellikleri, binada kullanılan fotovoltaiklerin

teknik özellikleri ve fotovoltaiklerden elde edilen yıllık enerji miktarı yer almaktadır. Bölümün sonunda, incelen 30 örnek baz alınarak yapılmış bir PV kullanım yüzdesi tablosu oluşturulmuştur.

## 2. ENERJİ

Tüm sektörlerde en önemli girdi haline gelen enerji, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin de ölçütü kabul edilmektedir. Ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyecek şekilde enerjinin yeterli, kesintisiz ve güvenilir bir biçimde sağlanması, enerji üretimine yönelik tüm süreçlerde verimlilik ve etkinliğin artırılması, ekolojik denge ile çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, günümüz dünyasında bir ülkenin gelişmişlik göstergeleri arasında yer almaktadır. Gelişmişlik sınırsız enerji tüketmek değil, enerjiyi doğru kaynaktan doğru teknoloji ile üretmek, en az kayıpla enerjiyi doğru, planlı ve etkin bir şekilde kullanmaktır (Gürsoy, 2000).

Tüm canlıların, yaşamını devam ettirmesi için enerjiye ihtiyaçları vardır. Doğanın temel yasalarından biri olan iş-enerji eşdeğerliği, iş yapabilmenin tek gereğinin enerji olduğunu göstermektedir. İnsan da canlı bir varlıktır ve yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli olan enerjiyi, aldığı gıdalardan karşılar. İnsan dışındaki tüm varlıklar yaşamlarını sadece gıda enerjisi ile sürdürmektedir. İnsan, sadece gıda enerjisi ile yetinmemekte, gıda enerjisi dışında birçok enerji kaynağı kullanmaktadır (İnan, 1995).

İnsanoğlunun yaşamının kaynağı olan enerjinin tarihi, insanlık tarihi kadar eskidir. Yaşamını devam ettirmek için ilk olarak gıda enerjisini kullanan insanoğlunun, gıda dışında kullandığı ilk enerji kaynağı ateştir. Ateş, ürkütücü, yakıcı ve zarar vericidir ama, ateşle birlikte insanoğlu uygarlığa ilk adımı atmıştır. Ateşi, hem düşmanlarından korunmak, hem de rahat yaşamak için kullanmaya başlamıştır.

Toplumsal hayata geçilmesi ile bazı işlerin paylaşılma gereği duyulmuştur. Toplumda güçlü insanların zayıfları iş yapmada kullanması ile yeni bir enerji kaynağı olarak insan ortaya çıkmıştır. Daha sonraları kölelik olarak adlandırılan bu durum, aslında insanların enerji olarak kullanılmasıdır. Göçebe yaşama geçişle beraber, daha uzaklara gidebilmek için yeni bir enerji kaynağı daha bulunmuştur: hayvanlar. Hayvan gücünden yararlanmaya başlamak M.Ö 3000 yılına rastlar. 19. yüzyılın sonlarına doğru buhar makinası ulaşımda kullanılmaya başlanıncaya kadar ulaşımda hep hayvanlar kullanılmıştır.

İnsanoğlunun kullandığı başka bir enerji türü de su gücüdür. Yerleşik hayata geçilmesiyle akan sudan su çarkları ile güç elde edilmiştir. Yaklaşık M.Ö 100'de kullanılmaya başlanan su çarkları, insanların tarım yapmasına olanak sağlamıştır. M.S 12. yüzyılda yaygınlaşan yel değirmenleri ile, insanoğlu rüzgar gücünden yararlanmaya başlamıştır. Uzun süre tarım ürünlerinin öğütülmesinde kullanılan yel değirmenleri, 19.yüzyılın sonunda elektrik elde etmekte kullanılmaya başlamıştır.

40-50 bin yıl önce başlayan değişik enerji kaynaklarından yararlanma süreci, 12.yüzyıla dek yavaş adımlarla ilerlemiş, 16.yüzyıldan sonra özellikle kömürün bulunması ile hızlı bir artış başlamıştır. Kömürün odunun yerine geçmesiyle beraber ısı enerjisi kullanımında verim artmıştır. 1600'lerin sonlarında buhar makinasının icadıyla, ısı enerjisi iş yapmada kullanılmaya başlanmıştır. Sanayi devrimi, kömürün ve ısı makinasının bulunması ile genişleyip büyük kitleleri egemenliği altına almıştır. 19. yüzyılda petrolün bulunmasıyla bu egemenlik daha geniş boyutlara taşınmıştır (İnan, 1995).

20.yüzyılda gelişen teknoloji ile birlikte enerji kullanımı da artmıştır. Enerji kullanımının hızlı bir şekilde doruklara çıktığı yüzyıl olmuştur.

## 2.1 Enerji Kavramı

İnsan yaşamının ana kaynağı enerji, dünyada yoğun olarak yaşanan enerji sorunları ve bu sorunlara yönelik yeni kaynak arayışları sürekli gündemde bulunmaktadır. Dünya gündemini sürekli meşgul eden “Enerji” kavramının genel bir tanımlaması yapıldığında,

“Enerji, maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç” tür (Türkçe Sözlük, 1998).

“Enerji, klasik termodinamikte bir iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Pratikte ise, enerji sanayileşmiş toplumların ayrılmaz bir parçasıdır” (Uyarel ve Öz, 1987).

“Enerji, genel anlamda organizmanın etkin gücü, felsefede modern düşünörlere göre, maddenin hareketinin ölçüsü, fizikte iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır.”

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

“Enerji, ölkelerin kalkınma sürecinin en dinamik göstergesidir. Kalkınmada devamlılık çevre ile uyumlu, kaliteli, ve ucuz enerjinin zamanında temini ile sağlanır. Enerjinin, zamanında, ekonomik ve sosyal destekleyecek şekilde temini istikrarlı politikalarla belirlenen ve uygulanan planlamalarla mümkündür.”

“Enerji elle tutulamayan gözle görölemeyen, bir anlamda maddesel varlığı olmayan bir güç olarak tanımlanır. Enerjinin fizikte en basit tanımı “iş yapabilme gücüdür”.Bu tanım çok basit olmakla birlikte pratik açıdan anlamlıdır. Çok geniş anlamda ise enerji “madde” demektir. Uzaydaki enerjinin devamlı olarak maddeye, maddenin de tekrar enerjiye dönüştüğünü göz önünde bulundurursak; madde, somutlaşmış bir enerji biçimidir, ancak kendi başına hareket edemez (Göksu, 1999).



Dünyada yaklaşık enerji tüketiminin yarısının binalarda kullanılıyor olması, enerji korunumlu bina tasarımının önemini arttırmaktadır. Binalarda kullanılan enerjinin, binanın tasarım özellikleri ve binaya entegre edilecek sistemlerle en aza indirilmesi dünyada çevre kirliliğine karşı alınacak tedbirlerdir. Ekonomik ve sosyal refaha ulaşabilmek için gerekli endüstriyel gelişmenin anahtarının enerji olduğu 21. yüzyıl, sanayi devrimi söylemlerinden koparak, ekolojik ve enerji duyarlılığına sahip, bilgi toplumu olmanın gereklerini ve fırsatlarını yakalamış bir mimarlığın kök saldığı bir yüzyıl olacaktır.(Utkutuğ, 2002). Bu bağlamda enerji ve mimarlığın yakın ilişkide olduğu da aşikardır. “Enerji mimarlığı” kavramının genel bir irdelenmesi yapıldığında,

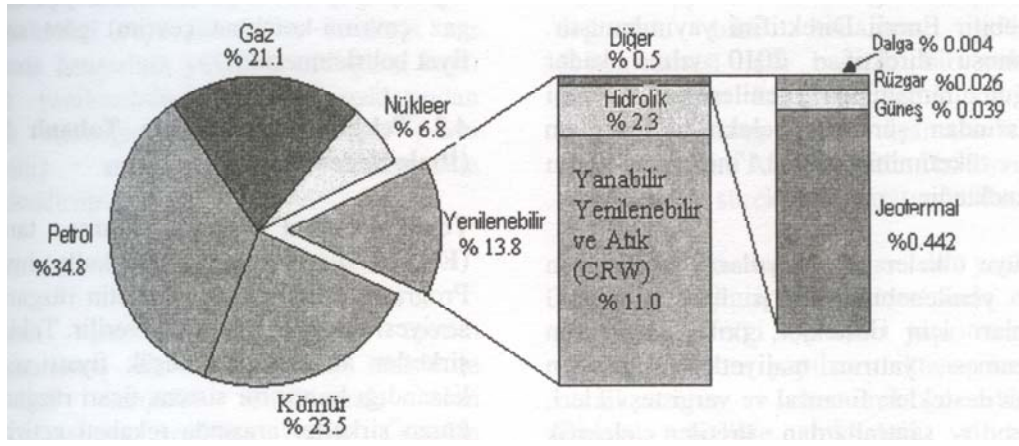
“Enerji mimarlığı, bina tasarımı, üretimi, kullanımı, işletimi, bakım-onarımı ve yıkımı aşamalarını da içerecek şekilde, yani doğumundan ölümüne kadar enerji girdilerinin bireysel ve toplumsal yarara yönelik olarak miktar ve maliyetinin minimize edilmesi” (Utkutuğ, 2002).

“Enerji mimarlığı, geleneksel mimarlıkla çatışmayan, onu destekleyen ve tamamlayan bilgileri kullanan bir anlamda alternatif mimarlıktır. Enerji mimarlığı aynı zamanda ekolojik mimaridir. Çünkü ekolojik olmak aslında doğaya uyumlu yani “ekonomik” olmaktır. Dolayısı ile, bir yandan doğal dengeleri gözetirken aynı zamanda “daha az enerji harcamaktır” [10]

Yukarıda yer alan tanımlar incelendiğinde enerjinin insan yaşamın ve doğanın vazgeçilmez bir parçası olduğu, doğaya doğrudan müdahalesi olan mimarlık disiplininin de son yıllarda enerji kavramını benimsediği görülmektedir.

## **2.2 Enerji Kaynakları**

Çevreye etkileri ve tükenebilirlikleri göz önüne alınırsa enerji kaynakları, yenilenemeyen (tükenecek) ve yenilenebilir (tükenmeyen) enerji kaynakları olarak incelenmektedir. Son 150 yıldır insanlar, yaşam standartlarını yükseltmek için teknolojide çok büyük gelişmeler sağlamış ve bunun sonucunda artan enerji tüketimi de beraberinde getirmiştir. Çevre kirliliği, ozon tabakasının delinmesi, sera etkisi ve iklim değişikliği, doğal kaynakların azalması, çölleşme, sel felaketleri, çeşitli bitki ve hayvan nesillerinin tükenmesi gibi sorunlar insanoğlunun yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanmasının sonucudur (Yazıcı, 2002). Bu da insanoğlunun başka kaynak arayışına girmesine neden olmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Şekil 2.1’de 2000 yılı itibarıyla dünyadaki enerji kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 2. 1 2000 yılı itibariyle dünyadaki enerji kaynakları kullanımı

Yenilenemeyen enerji kaynakları, petrol, doğalgaz, kömür gibi harcandığında bitecek kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise, tükenemeyecek kaynaklardır. Bunların başında güneş, rüzgar, biyo-kütle, jeotermal, hidrolik gibi enerjiler gelmektedir.

### 2.2.1 Yenilenemeyen (Tükenecek) Enerji Kaynakları

Dünyada nüfus artışına, sanayileşmeye ve teknolojik gelişmelere paralel olarak enerji tüketimi de hızla artmakta ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının mevcut durumları giderek azalmaktadır. “Günümüzde dünya enerji gereksiniminin %80’ni fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Dünyada bilinen petrol rezervlerinin ömrü 40 yıl, doğal gazın 61 yıl kömürün ise 227 yıl olarak tahmin edilmektedir” (Koramaz, 2005).

İnsanlık için kısa sürede tükeneceği öngörülen enerji kaynakları;termik santraller, kömür, petrol,doğalgaz ve nükleer enerjidir (İnan, 1995).

Kömür, petrol ürünleri ve doğalgaz kullanan, yani fosil yakıtlı termik santraller, buhar türbinli, gaz türbinli ve karma sistemler olmak üzere 3’e ayrılır. Buhar türbinli santrallerde yanma sonucu elde edilen su buharı türbini çevirir. Türbine bağlı jeneratörlerden de elektrik elde edilir. Türbinden çıkan sıcak su, kapalı çevrimde tekrar kullanılmak üzere soğutma kulelerinde soğutulur. Soğutma sırasında suyun bir bölümü teknik zorunluluk nedeniyle buhar halinde atılır. Gaz türbinli santrallerde ise, yakılan gaz türbini çevirir. Bu sistem verimli fakat pahalı bir sistemdir (Yazıcı, 2002).

3000 yıl önce bulunan kömür, 1850’den itibaren odunun yerini almıştır ve 1950’de petrolün kullanılmaya başlanmasına kadar en iyi enerji yakıtı olma özelliğini sürdürmüştür. 18.yy’dan itibaren kömürün buhar makinası aracılığıyla kullanımı önce Büyük Britanya,sonra Fransa , Almanya ve A.B.D.’de önem kazandı. 1800’de 50 milyon ton olan dünya üretimi, 1850’de

100 milyon tona ve 1890'da 500 milyon tona yükseldi. 20. yüzyılın başında büyük kömür üreticilerinin gerçekleştirdiği gelişmelerle ve yeni üreticilerin ortaya çıkmasıyla dünya kömür üretimi 1 milyon tona ulaştı. Günümüzde hala kullanılsa da bu kullanım kaynak tükenene kadar sürecektir. Dünyada 224 yıllık kömür rezervinin olduğu bilinmektedir (Meydan Larousse, 1987). “Ülkemizde görünür 423 milyon ton, toplam 1124 ton taşkömürü, görünür 7339 milyon ton, toplam 8075 milyon ton linyit kömürü rezervi olduğu söylenmektedir” (Erengözgin, 2002).

1800'lü yıllarda Amerika, Pensilvanya'da bulunan petrol, 1950'lerde havagazı, benzin ve fuel-oil gibi yan ürünlerle kömürün yerini almıştır. İçten yanmalı motorların bulunması ve otomobil sektörünün gelişmesi ile daha da önem kazanmıştır (Erengözgin, 2002). Dünya petrol üretimi, 1880'de 800 bin tondan, 1890'da 10 milyon tona ve 1900'de 20 milyon tona yükselmiştir. 1919'da yaşanan petrol kriz sonra bu artış ritmini de önemli ölçüde yavaşlatmıştır (Meydan Larousse, 1987). İkinci Dünya Savaşı'nın ardından Ortadoğu'daki petrol kaynaklarının kullanılmaya başlanmasıyla, kömürün yerini petrol almıştır. 1974 ve 1979 yıllarında yaşanan enerji krizlerinden sonra, tüm dünya petrolün yerini alabilecek başka enerjilere yönelmiştir (Müezzinoğlu, 2001). Dünyada 42 yıllık petrol rezervinin olduğu bilinmektedir. “Ülkemizde ham petrol rezervinin ancak 43.7 milyon ton olduğu biliniyor” (Erengözgin, 2002).

Doğalgaz, atıklarının azlığı nedeniyle temiz enerji sayılsa da, kısıtlı kaynak yüzünden yenilenebilir bir enerji türü değildir. Diğer yenilenemeyen enerji kaynakları göz önüne alındığında, bugün için verimli ve uygun bir kaynaktır. Doğalgazın verimlilik katsayısı %54 dolaylarında iken kömürün verimliliği %35'lerde kalmaktadır. Bu da doğalgazın tercih nedenlerinden biridir. Türkiye'de doğalgaz ilk olarak 1987 yılında elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraları şehiriçi tüketimde, sanayide ve gübre üretiminde kullanılmıştır. Dünyada 62 yıllık doğalgaz rezervinin olduğu bilinmektedir. “Ülkemizde toplam olarak 8.8 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz rezervinin olduğu tahmin edilmektedir” (Erengözgin, 2002). Yani tümü kullanılsa ülke ihtiyacına 1 yıl bile yetmeyecektir.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kısa sürede tükenecek olması ve yoğun kullanımının çevreye verdiği zararlar insanları, enerji güvenliği ve kaynak çeşitliliği sağlayan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme eğilimine sokmuştur.

### **2.2.2 Yenilenebilir (Tükenmeyen) Enerji Kaynakları**

Yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji olarak tanımlanmaktadır [7]. 1990'lı yıllarda çevre bilincinin ortaya çıkmasıyla, geleneksel

enerji üretim ve tüketiminin, çevre ve doğal kaynaklar üzerinde yerel, bölgesel ve küresel seviyede olumsuz etkileri yadsınamamış ve atmosferde kirlilik yaratmayan yenilenebilir kaynaklarının destek görmesine yol açmıştır. Bunun sonucunda insanoğlunun ihtiyacı olan enerjinin, ekonomik ve çevreye zarar verilmeden sağlanması amacı ön plana çıkmıştır (Büyükmihçi, 2003).

2000 yılı itibariyle dünyadaki toplam primer enerji kaynakları 9958 milyon TEP olup bunun %13.8'ini yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Bu oranın %11'ini biyokütle, %2.3'ünü hidrolik ve %0.05'ini de diğer yenilenebilir (rüzgar, güneş, jeotermal, dalga vb.) oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının bölgelere göre dağılımı Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1 2000 Yılı İçin Bölgesel Yenilenebilir Enerji Kullanım Miktarları (34)

BÖLGE	Toplam Enerji Kaynağı	Toplam Yenilenebilir Enerji	Toplam Enerjiler İçinde Yenilenebilir Enerjilerin Oranı	Toplam Yenilenebilir Kaynaklar İçinde Ana Kategorilerin Payı		
				Hidrolik	Jeotermal, Güneş Rüzgar	Yenilenebilir ve Atık
	Mtep	Mtep	%	%	%	%
Afrika	508	259	50.9	2.3	0.2	97.5
Latin Amerika	456	127	27.9	37.3	1.3	61.3
Asya	1123	382	34.0	4.0	3.3	92.7
Çin	1158	234	20.2	8.2	0.0	91.8
OECD'ye üye olmayan ülkeler	95	9	9.9	46.1	0.9	53.0
Eski S.S.C.B	921	30	3.3	65.5	0.2	34.3
Orta Doğu	380	3	0.8	41.3	22.7	35.9
OECD	5317	329	6.2	34.4	10.8	54.8
Dünya	9958	1372	13.8	16.5	3.7	79.8

Yenilenemeyen enerji kaynaklarından farklı olarak yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir kaynaklardır. Sürdürülebilirlik, şimdiki kuşakların ihtiyaçlarını gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılamalarına engel olmadan karşılanması olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir gelişme için önemli olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan tasarrufları irdelenecek olursak,

- Enerji kullanımında ortaya çıkan kirliliğin azalması,
  - Yerel istihdam ve gelirlerde olumlu etki yaratarak sosyal ve ekonomik bütünleşmeye katkı sağlaması,
  - Kaynakların çeşitli olmasına katkı sağlaması,
  - Altyapı ve esneklik sağlanması,
  - Sınırlı rezervleri olan yenilenemeyen enerji kaynaklarının korunması,
  - Sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlaması,
- olarak sıralanabilir.

Yukarıda sıralanan avantajların da açıkça görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kaynakları, doğal sistemlere az zarar veren çevre dostu kaynaklardır. Bu bağlamda, bugünü olduğu kadar geleceği de düşünerek enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamak ve böylece çevre sorunları yaratmamak bir gereklilik olmaktadır.

Yeryüzündeki çoğu yenilenebilir enerjinin kaynağı doğrudan ya da dolaylı olarak güneştir. Hava tabakalarındaki farklı sıcaklıklar rüzgarı oluşturmaktadır. Yeşil bitkilerin güneş ışığı sayesinde fotosentez yapması ile biyokütle enerjisi oluşmaktadır. Yine barajları dolduran akarsu ve yağmur sularının da kaynağı güneştir (Erengöz, 2002).

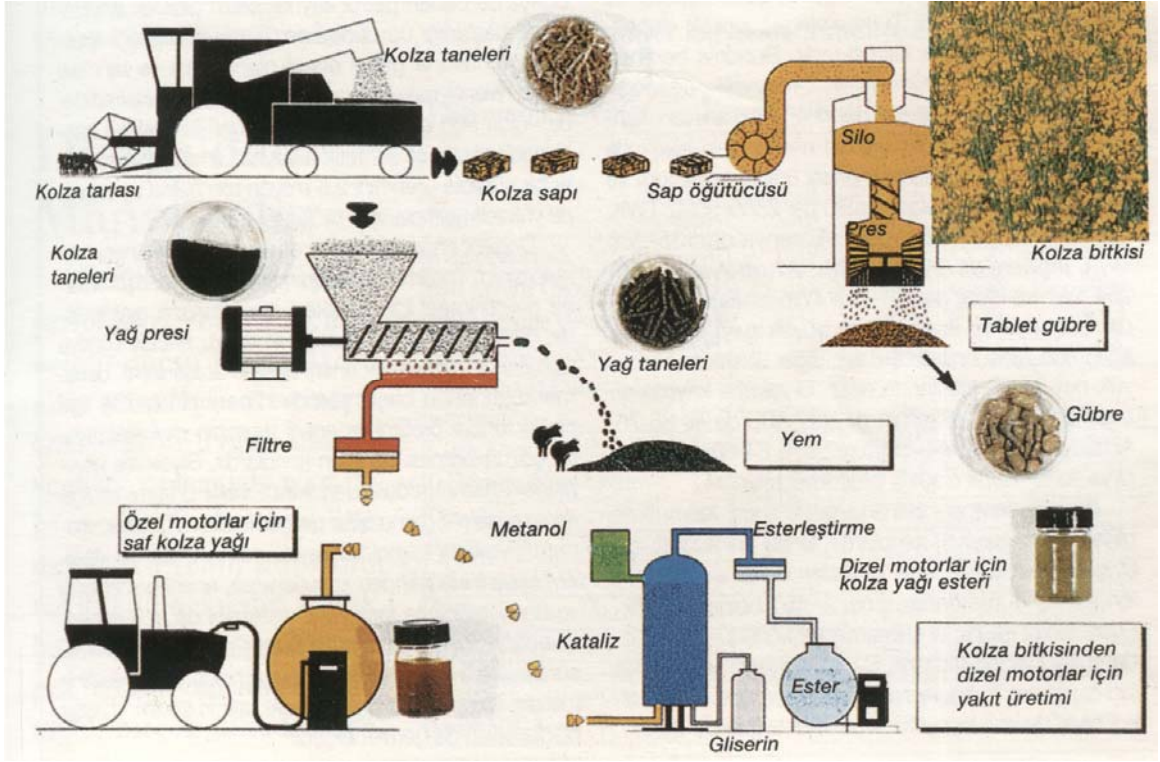
Yenilenebilir enerji kaynağı türlerinin başlıcaları şunlardır:

- Biyokütle Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Hidrojen Enerjisi
- Hidroelektrik Enerji
- Rüzgar Enerjisi
- Güneş Enerjisi

### **2.2.2.1 Biyokütle Enerjisi**

Canlıların tümü organik materyallerden oluşmaktadır ve organik materyallerin çoğu biyokütledir. Biyokütleyi enerji kaynağı yapan yapısındaki enerji eşdeğeri yüksek maddelerdir (Özer, 1996). Ağaçlar, bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, tüm organik çöpler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları biyokütleyle örnek olarak gösterilebilir. Biyokütle, tükenmez bir kaynak olması her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [3]

Biyokütle enerjisinin geçmişi ateşin bulunuşuna kadar uzanmaktadır. İnsanoğlunu ilk enerji kaynağı olan ateş, biyokütlenin yanmasından elde edilmekteydi. Biyokütleden, yanma yoluyla enerji elde edilebileceği gibi, bir takım süreçlerden geçirildikten sonra gaz, alkole ve yapay petrole dönüştürülerek de enerji elde edilir.



Şekil 2. 2 Kolza bitkisinden dizel motorlar için yakıt üretimi (Özer, 1996).

Biyokütleden dizel yakıtına karıştırmak amacıyla yararlanılır(Şekil 2.2). Türkiye’de Trakya ve Marmara Bölgesinde daha çok yetiştirilen kolza bitkisinin yağı dizel motorlara karıştırılmaktadır. Biyodizel yakıtlar denilen bu yakıtlar, dizel yakıtına %50 oranında kolza yağı karıştırılması ile elde edilmektedir (Özer, 1996).

Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Fotosentez ile enerji içeriği yaklaşık olarak  $3.10^{21}$  J/yıl olan organik madde oluşmaktadır (Karaosmanoğlu, 2004)

Ülkemizde konutlardaki enerji kullanımının %25’i bir tür biyokütle olan tezekle karşılanmaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber, katı atıkların dönüştürülmesinden elde edilen ısı ve elektrik enerjisi kullanımı da son yıllarda artış göstermektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesinin 2002 yılında Kemerburgaz çöplüğünde kurduğu tesisle gazlar toplanarak arıtılmış ve metan gazının yakılmasıyla elektrik elde edilmiştir. Türkiye’de ik defa uygulanan bu sistemle yılda yaklaşık 50 milyon 400 bin kilowatt elektrik üretilmekte ve böylece metan gazının yer altı sularını kirletmesi önlenmektedir. Bu tesis, 15 yıl süre ile 10 bin konutun elektrik ihtiyacını karşılayacaktır [8].



Şekil 2. 3 Kemerburgaz enerji üretim tesisi genel görünüş[22].

Dünyada yıllık ortalama biyokütle üretimi kara ve deniz ürünleri toplamı olarak, 2600-3500 EJ'dur. Bu miktar, 1995 yılı dünya ticari tüketiminin 8.3 katıdır ve günümüzde dünya nüfusu bunun yalnızca %7'sini kullanmaktadır (Özer, 1996).

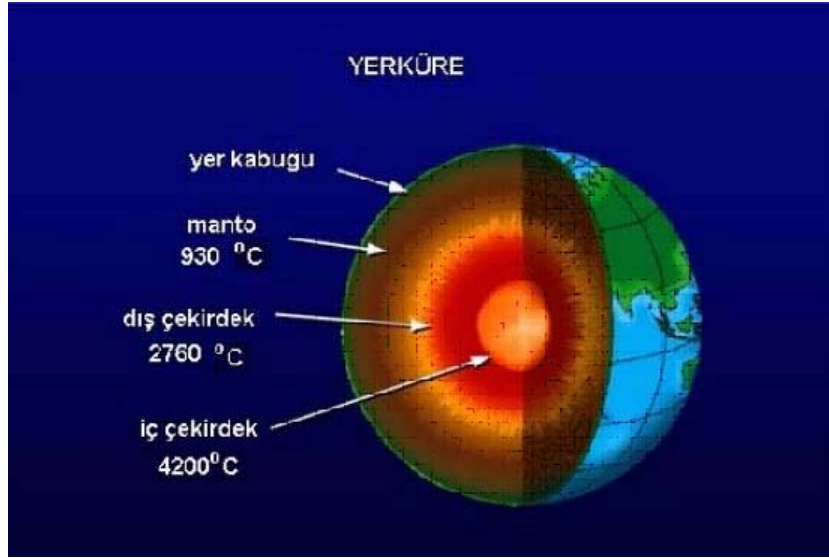
Dünyada Biyokütle Enerjisi Kullanımı							
Ülke	1990 Nüfusu (milyon)	Yüzölçümü (Mha)	Toplam Enerji Kullanımı (MTEP)	Biyokütle Kullanımı (MTEP)			
				BUN	WEC		UN
					Klasik	Modern	
Kuzey Amerika	276	1833	2277	96	38	19	
Batı Avrupa Ülkeleri	454	355	1379	32	20	10	
Doğu Avrupa Ülkeleri	389	2342	1637	44	30	10	
Japonya+Avustralya	144	827	503	1	4	7	
Sanayileşmiş Ülkeler							
Toplamı	1263	5357	5796	173	92	46	132
Latin Amerika Ülkeleri	448	2016	417	88	125	46	
O.Doğu+K. Afrika Ülkeleri	271	1190	294	15	21	0	
Orta Afrika Ülkeleri	501	2363	291	180	141	5	
Pasifik+G.D. Asya Ülkeleri	1663	1281	1091	331	347	16	
Güney Asya Ülkeleri	1146	752	498	296	204	8	
Gelişmekte Olan Ülkeler	4029	7602	2591	910	838	75	165
<b>TOPLAM DÜNYA</b>	<b>5292</b>	<b>12959</b>	<b>8387</b>	<b>1083</b>	<b>1051</b>	<b>880</b>	

Şekil 2. 4 Dünyada Biyokütle Enerjisi Kullanımı (Özer, 1996)

### 2.2.2.2 Jeotermal Enerji

Yerkürenin içindeki yüksek sıcaklıklı su ve buhar karışımından ortaya çıkan enerjiye jeotermal enerji denir. Yerkabuğundaki ısı kaynağı magmanın derinliklerinden yukarı çıkan erimiş kayalar ısı akışını yerel olarak arttırlar. Yerkabuğundan jeotermal ısı, mantodan ısı iletimiyle ve radyoaktif elementlerin bozulmasından oluşan ışınlam yoluyla ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.5).

Jeotermal enerjinin kullanılabilmesi için temel gereklilik, enerjinin ulaşılabilir olmasıdır. Ulaşılabilirlik, gözenekli veya çatlaklı yeriçi oluşumlarında ısının taşınımı ya da kayacın kendi ısı iletimi gibi doğal süreçlerle sağlanmaktadır (Serpen, 1996)

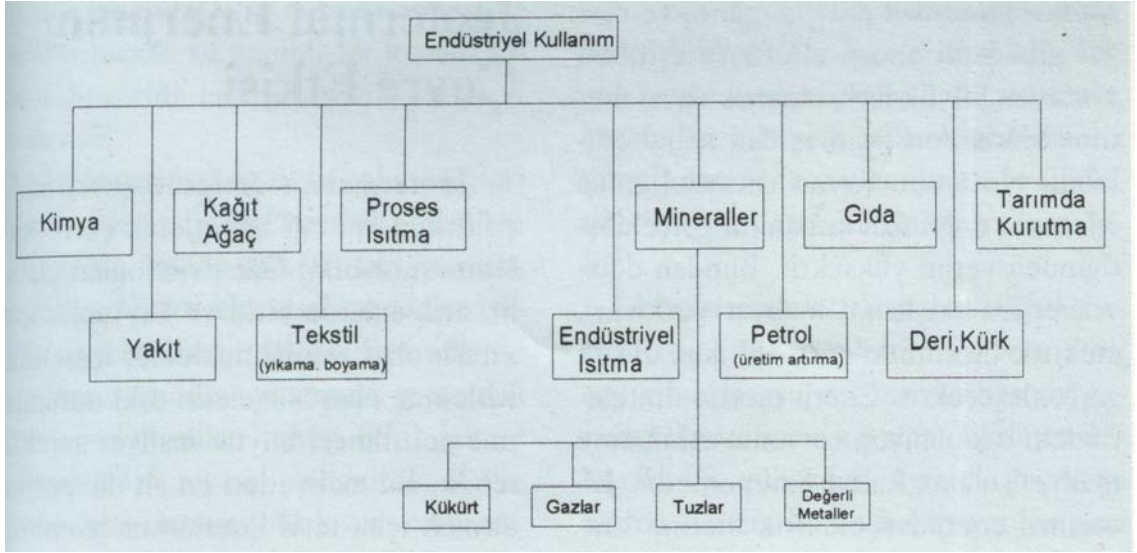


Şekil 2. 5 Yerküre'deki Sıcaklık Dağılımı [4]

Jeotermal enerjinin sınıflandırılması içerdiği entalpiye göre yapılır. Entalpi, sıvının ısı içeriğini gösterir ve kaba bir değer verir. Jeotermal kaynaklar düşük, orta veya yüksek entalpili olarak sınıflandırılmaktadır. Su yoğunluklu jeotermal sistem ve buhar yoğunluklu jeotermal sistem diğer bir sınıflama şeklidir [5].

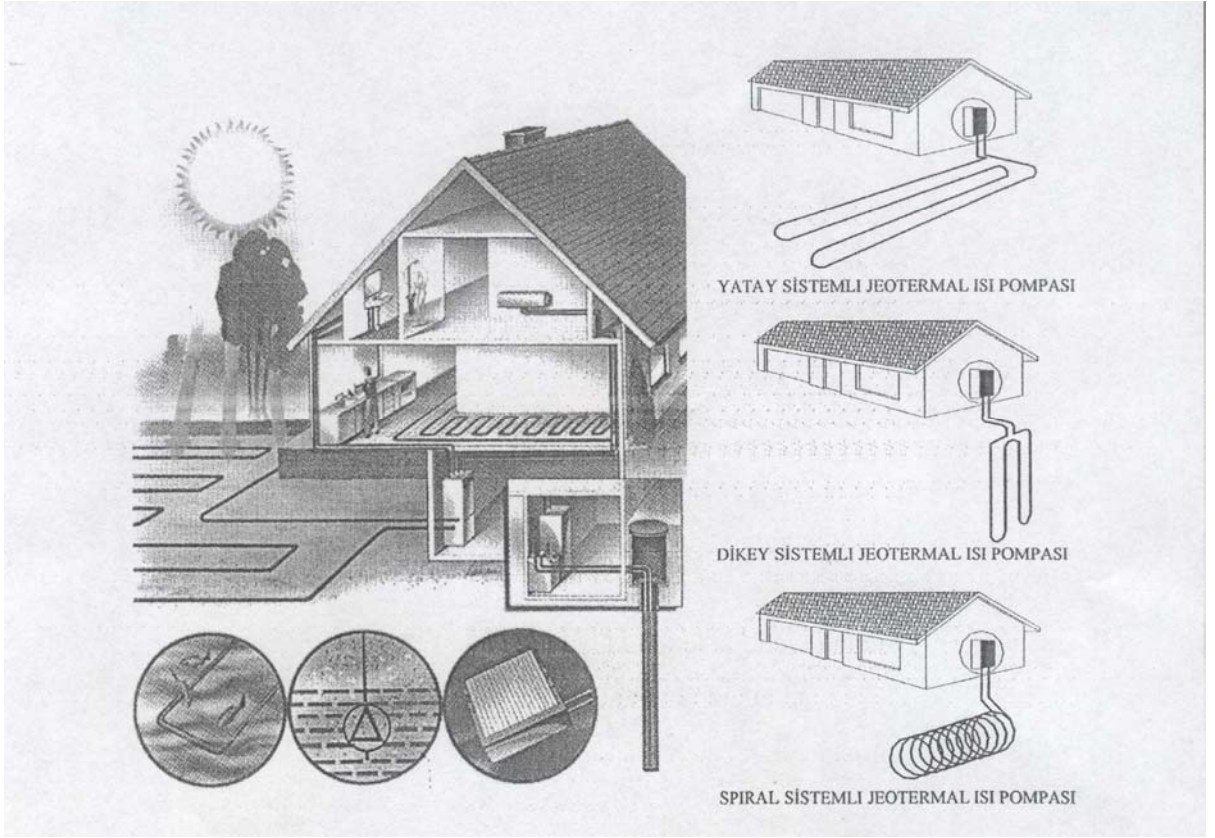
20. yüzyıl başına kadar sağlık ve yiyecekleri pişirme amacı ile yararlanılan jeotermal kaynakların kullanım alanları gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtmacılık ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir. “Dünyada halen kurulu gücü 7974 MW (2000 yılı verileri ile) olan jeotermal enerjiden elektrik üretimi gün geçtikçe artmaktadır” (Serpen, 1996).





Şekil 2. 6 Jeotermal enerji kaynaklarının endüstriyel kullanım alanları (Serpen, 1996).

Jeotermal enerji konut ısıtımında daha çok tercih edilmektedir. Sebebi ise, 150°C'lik bir jeotermal kaynak doğrudan kullanıldığında verimin %80 olması, elektriğe dönüştürüldüğünde verimin %10'a düşmesidir. Jeotermal kaynaklardan enerji elde edilirken, gaz emisyonları ve atık suların zehirli maddeler içermesi gibi önemli ölçüde çevreye zarar verilmektedir. Kirlenmenin olduğu kesimlerin eski haline getirilmesi de büyük maliyet gerektirmektedir. Sözedilen bu zorluklar nedeniyle yaygın olarak kullanılan sistem jeotermal ısı pompası denilen, yer kabuğunun derinliklerine döşenen borularda dolaştırılan sıvılarla ısıyı yakalayan sistemlerdir. Yatay, düşey ve spiral borulu çeşitleri olan bu sistemlerde, döşenen borular arazi koşullarına göre yerleştirilmelidir (Şekil 2.7). Yatay boru sistemlerde daha fazla alana ihtiyaç duyulduğu için geniş arazilerde tercih edilmektedir. Dikey döşeme maliyetinin yüksekliği nedeniyle arazini dar olduğu yerlerde kullanılmaktadır. [23]



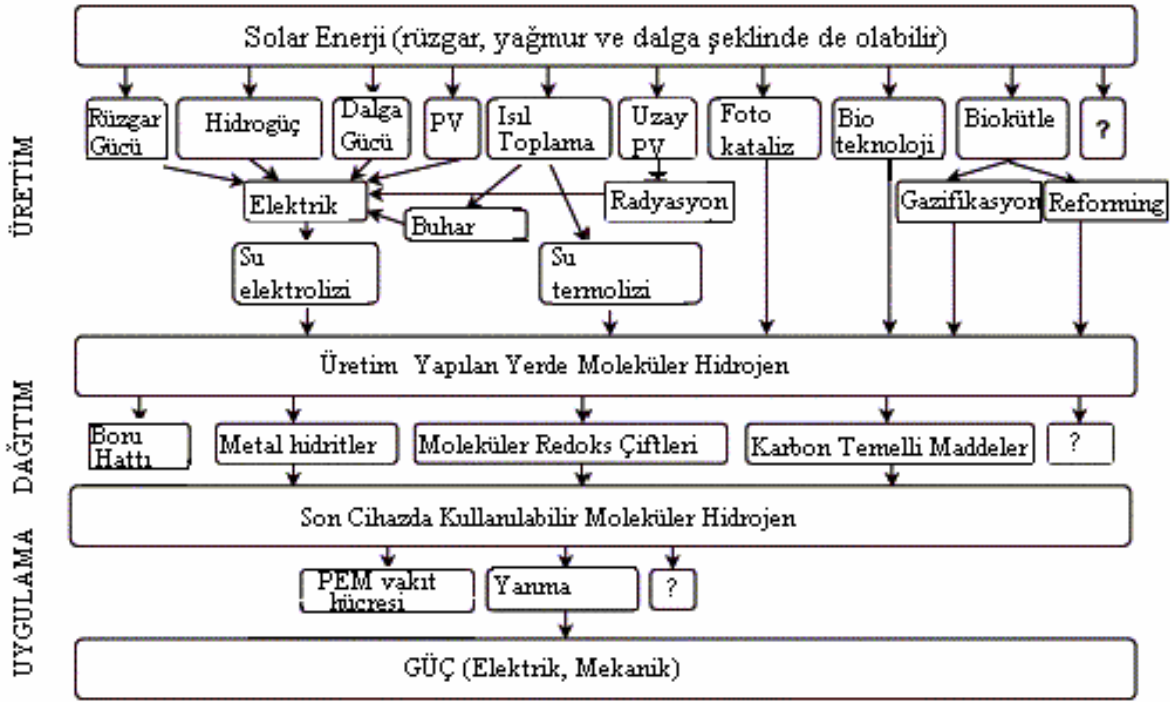
Şekil 2. 7 Jeotermal ısı pompaları [23]

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyanın şanslı ülkelerinden sayılabilir. Ancak , teknik, finans ve yönetim gibi sorunlar nedeniyle jeotermal enerjiden ülkemizde yeterli düzeyde yararlanılmamaktadır.

### 2.2.2.3 Hidrojen Enerjisi

Birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile elde edilen ikincil enerjiler, “enerji taşıyıcısı” olarak da adlandırılır. Hidrojen enerjisi de, fosil yakıtlar ile su, güneş, rüzgar, biyokütle ve hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile elde edilen bir enerji taşıyıcısıdır. 2.016 moleküler ağırlığı ile en hafif element olan hidrojen renksiz, kokusuz bir gazdır. Atmosfer basıncında, sıvı şeklinde olan hidrojenin yoğunluğu havanın yoğunluğunun 1/14’ü kadardır. Kütle başına 141.9 MJ/kg ısı değeri ile en yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. [6]

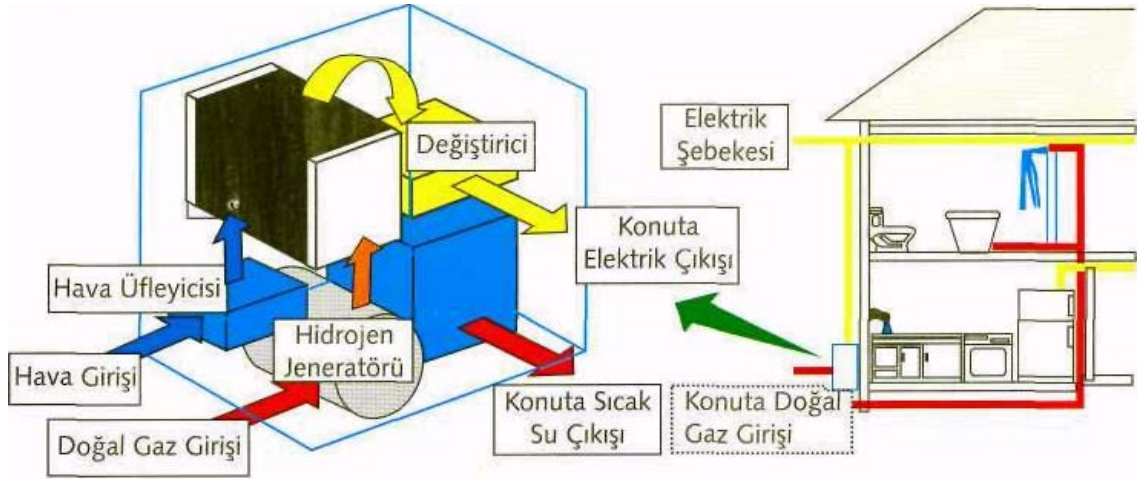
Hidrojen, yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, her alanda kullanılabilen bir enerji türüdür. Hidrojen üretimi yapılırken, buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, fotosüreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi üretim teknolojileri kullanılır (Ün, 2003).



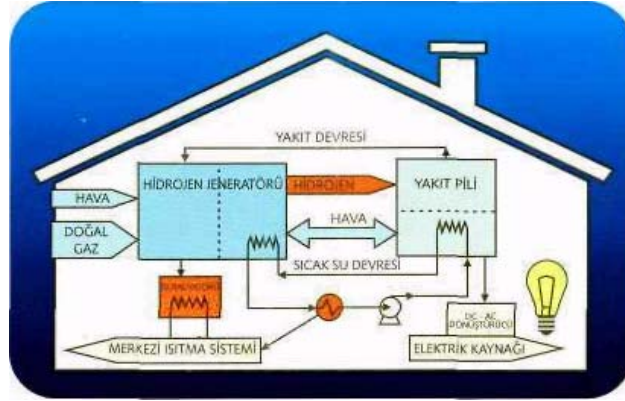
Şekil 2. 8 Hidrojen Üretim Zinciri(16)

Hidrojen, yakıt pili teknolojisi ile elektrik üretilmektedir. Yakıt pillerinin çalışma özelliklerine göre birçok türü olmakla beraber en çok kullanılan tipi PEMFC (proton değişim membran) tipidir. Sistem, anot, membran ve katot olmak üzere 3 ana parçadan meydana gelir. Anota gelen hidrojen molekülleri önce proton ve elektronlarına ayrılır ve proton membran tarafından çekilir. Membran tarafından çekilen proton, membrandan geçerek katotta bulunan havanın içindeki oksijen ile birleşir. Anotta biriken elektronlar, anot ile katot arasında dışarıdan kurulan bir devre ile, bu devrenin üzerinden geçerek, katotta birleşip saf su meydana getirerek bu dönüşümde, ısı, saf su ve elektrik enerjisi elde edilerek dönüşüm tamamlanır.(17)

Hidrojen enerjisi, bisikletten motorlu araçlara, dizüstü bilgisayardan cep telefonuna kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Konutlarda uygulanan hidrojen enerjisi sisteminin çalışması doğal gaz şebekesinden alınan gazdan hidrojen üretilerek yakıt piline gönderilmesi ile sağlanmaktadır (Şekil 2.8). Hava üfleyicisi açık havadaki oksijeni yakıt piline göndererek hidrojenle oksijenin yakıt pili içerisinde birleşmesi sağlanır. Bunun sonucunda ortaya elektrik enerjisi, saf su ve ısı açığa çıkar. Elektrik enerjisi konutun elektrik ihtiyacını karşıladığı gibi yakıt pilindeki ısı, su ısıtmada ya da konutun ısıtmasında kullanılır. Sistemin en büyük avantajı ulusal şebekelerde meydana gelen elektrik kısıtlamasından ve dalgalanmalardan etkilenmemesidir. Konutlara hidrojen enerji sistemleri uygulamada genellikle 1KW, 2KW, 5KW, 10 KW'lik üniteler üretilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2. 9 Hidrojen Enerjisinin Konutlara Uygulanması



Şekil 2. 10 Hidrojen Enerjisinin konut içinde devirdaim şeması

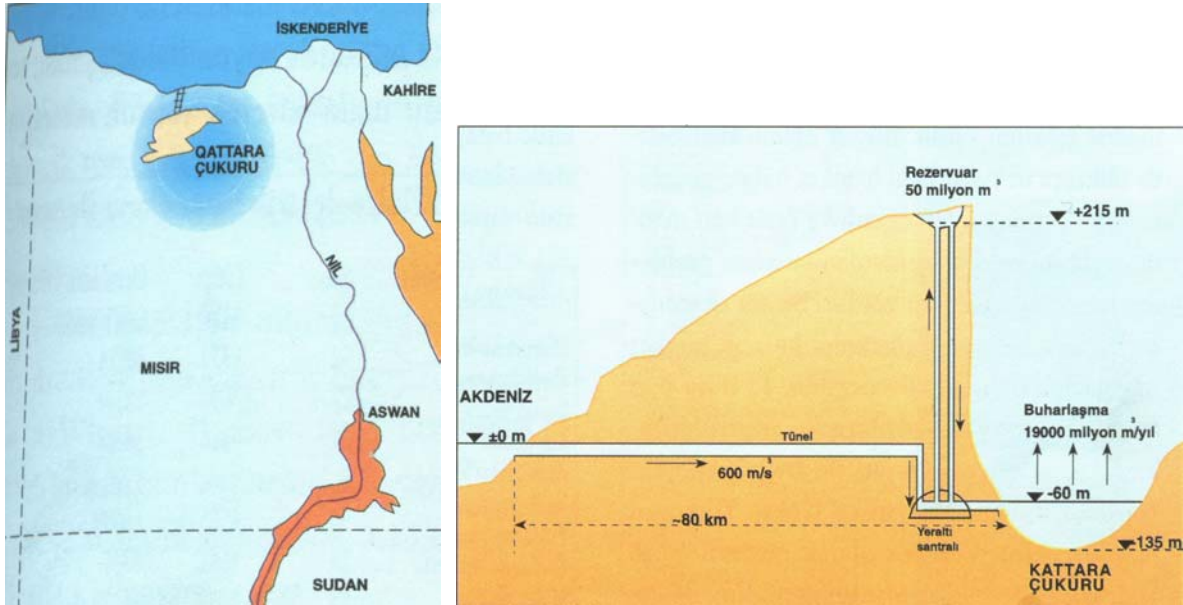
#### 2.2.2.4 Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan enerjidir (Akkaya vd, 2002). Bütün hidroelektrik tesislerin ana enerji kaynağı güneştir. Elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanması ile 19. yüzyılın sonunda hidroelektrik tesislerin de yapımına başlanmıştır. Sıcak ülkelerde suyun buharlaşmasından yararlanarak kurulan depresiyon tesisleri, gel-git olaylarından ve dalga enerjisinden yararlanarak akarsular üzerinde kurulan hidroelektrik tesisleri bunlara örnek olarak verilebilir.

Maliyetinin düşük olması, çevre kirliliğine yol açmaması ve yüksek verimli olmaları nedeniyle hidroelektrik tesisleri tercih edilmektedir [7]. Avrupa Birliği'nde 1999 yılı itibariyle hidroelektrik santrallerin kurulu gücü 9755 MW'a ulaşmıştır. Hidroelektrik santrallerden elde edilen enerji Amerika'daki enerji ihtiyacının %10'unu karşılamaktadır. Türkiye'de bu rakam 1990 yılında %40 iken 2001 yılında %20'ye düşmüştür (Çengel, 2003).

Sıcak bölgelerde, suyun fazla buharlaşmasından yararlanılarak kurulan tesislere depresiyon tesisleri denilmektedir. Uygun bir koy bulunarak bir duvarla denizden ayrılır, ayrılan kısımdaki buharlaşma sonucunda su seviyesi alçalır. Buharlaştıran su miktarına eşit debi denizden alınarak hidroelektrik tesisi kurulur. Çöllerde yapılan tesislerde ise, çölün denizden alçakta olan bölgelerine bir tünel veya kanal ile deniz suyu ulaştırılır ve bu bölgede hidroelektrik tesisi kurulur.

Çöllerde yapılan hidroelektrik tesislerinin en büyüğü, Kahire'nin 300 km batısında ve Akdeniz seviyesinden 135 m alçakta Kattara Çölünde kurulmuştur. 80 km uzunluğunda bir tünel ile Akdeniz'den alınan  $600 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik deniz suyu çöldeki çukura aktarılmaktadır. Çukurun yüzeyindeki suyun buharlaşmasından yararlanılarak burada bir hidroelektrik tesis kurulmuştur. Tesisin kurulu gücü 1200 MW olarak hesaplanmıştır (Çeçen, 1994).



Şekil 2. 11 Kattara Tesisleri (Çeçen, 1994)

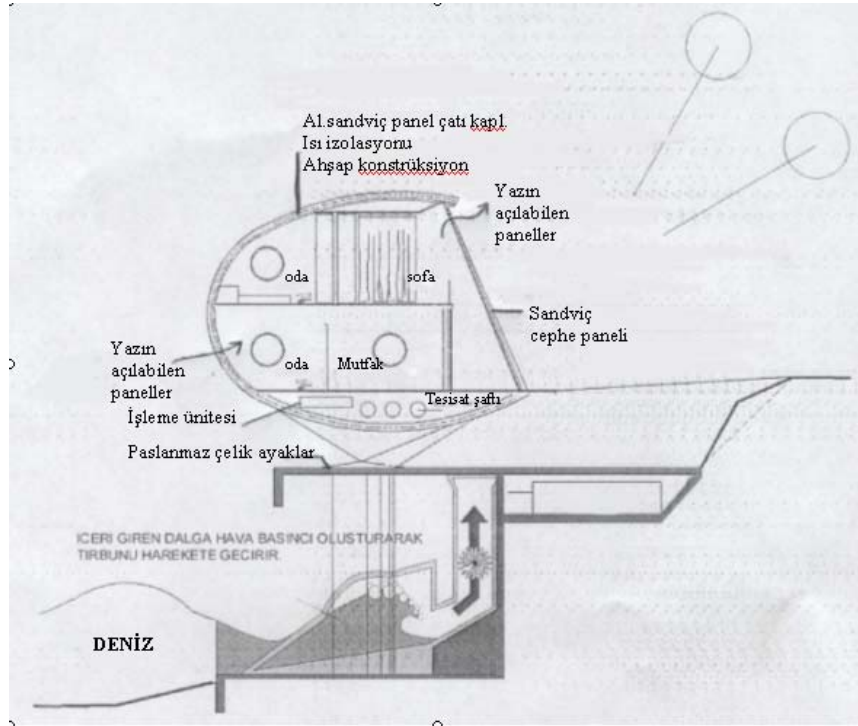
Açık denizlerde meydana gelen med-cezir olaylarından faydalanılarak elektrik enerjisi üreten tesislere gel-git tesisleri adı verilir. Kabaran denizin suyu, bir koya ya da nehrin ağzında yapılan hazneye doldurulur. Dolarken, boşalırken ya da her iki durumda da çalışan tek ve çift hazneli tesisler yapılmıştır. 24 saat içinde, 20 dakika süre ile deniz iki defa kabarrır ve alçalır. Dolarken ve boşalırken aynı türbin çalışır.



Şekil 2. 12 Rance tesisi (Çeçen, 1994)

Gel-git tesislerinin en büyüğü Fransa'da Atlantik sahilinde kurulu olan Rance pilot tesisidir. 10 MW gücünde 24 türbin grubu vardır. 240 MW gücündedir. Enerji üretiminin süreksizliği ve gel-git dalgalarının başka yerlerdeki olumsuz etkileri yüzünden esas tesis kurulmamıştır (Çeçen, 1994).

Dalga enerjisinden yararlanarak enerji üreten tesisler, dalga enerjisinin süreksiz olması nedeniyle uygulaması belli koşullar altında yapılmaktadır. Şekil 2.13'de dalga enerjisi kullanılan bir konut önerisi gösterilmiştir.



Şekil 2. 13 Dalga enerjisi kullanılan bir konut önerisi

20 yy.'ın ikinci yarısında hidroelektrik tesislerin yapımında büyük gelişmeler olmuş ve dev tesisler yapılmıştır. Akarsular üzerinde kurulan tesisleri, barajsız ve barajlı hidroelektirk tesisler olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Barajsız hidroelektirk tesislerinde, bağlama adı verilen bir sistem aracılığıyla alınan su, bir kanal veya tünel yardımıyla az bir eğimle akarsu yatağına bırakılır. Böylece seviye farkından yararlanılarak enerji üretilir. Barajlı hidroelektirk tesislerinde, baraj yardımı ile hazneler yapılır. Yedek türbinler yardımı ile, yağışlı günlerde de ikincil enerji üretilir ve kurak mevsimlerde de enerji ihtiyacı karşılanır (Çeçen, 1994).



Şekil 2. 14 Hasan Uğurlu Barajı (Çeçen, 1994).



Şekil 2. 15 Keban Barajı(19)

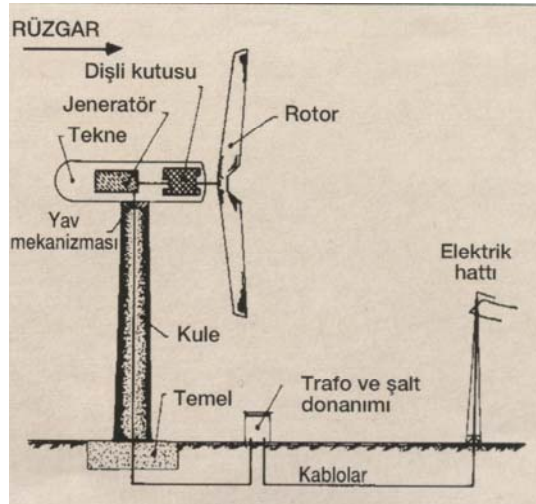
Barajlar çevresindeki bölgenin ekolojisini değiştirir. Örneğin, barajlarda toplanan su, akarsudan akan suya göre her zaman daha soğuktur ve bu da balık ölümlerine neden olur. Barajlar nedeniyle, akarsulardaki su seviyesi düşük yada yüksek olduğu için, nehir çevresindeki bitki gelişimini de etkiler [7].

### 2.2.2.5 Rüzgar Enerjisi

“Rüzgar, yüksek basınç alanından, alçak basınç alanına yer değiştiren havanın, Dünya yüzeyine göre bağıl olarak yaptığı harekettir.” Rüzgar enerjisinin kullanımı, M.Ö. 2800 yıllarına dayanır. M.Ö. 17.yy’da Babil Kralı Hammurabi döneminde Mezopotamya’da sulama amaçlı kullanılmıştır (Ültanır, 1996). Yüzyıllarca teknelerin yelkenlerini şişirmek, tarımsal ürünleri öğütme ve su pompalamak için kullanılan rüzgar, modern rüzgar santrallerine uzanan teknolojik bir süreç geçirerek günümüzde elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır.

1970’li yıllardaki petrol krizi modern rüzgar türbinlerinin gelişimine katkıda bulunmuştur [7]. 1980’li yıllarda Uluslararası Enerji Ajansının yürüttüğü araştırma geliştirme çalışmalarının rüzgar enerjisinin gelişimine büyük etkisi olmuştur. Artık eski tip rüzgar jeneratörleri yerine, modern ve çağdaş rüzgar enerjisi çevrim sistemleri kurulmaya başlanmıştır.

Rüzgar türbinleri, çevredeki engellerin rüzgarı kesemeyecekleri yükseklikte bir kule ve bunun üzerine yerleştirilmiş bir gövde ve gövdeye bağlı rotordan oluşmaktadır. Rotorda rüzgarın kinetik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Türbinin rüzgara göre yönlenmesi, rotor eksenini ile rüzgar doğrultusu arasındaki yav açısını kontrol eden yav mekanizmasıyla sağlanır ve motorla çalışır (Ültanır, 1996). Modern rüzgar türbinleri kanat çaplarının 1m’den 30m’ye kadar değiştiği 2-3 kanata sahip olup, elde edilen enerji, o bölgedeki rüzgarın hızı ve kanat uzunlukları ile doğru orantılıdır (Aksoy, 2005)



Şekil 2. 16 Rüzgar türbini (Ültanır, 1996).



Rüzgar türbinleri, rotorun konumuna göre yatay ve düşey eksenli olabilirler. Elektrik üretim amaçlı kullanılan türbinlerin çoğu yatay eksenli, yüksek hızlı ve az kanatlı türbinlerdir.

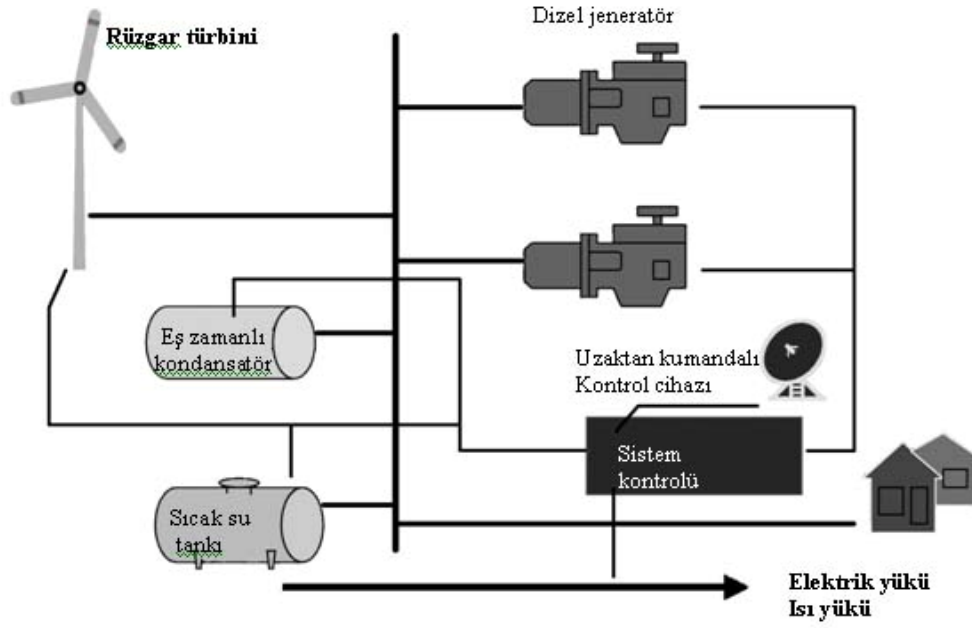


Şekil 2. 17 Kappel rüzgar çiftliği, Danimarka (Ültanır, 1996).



Şekil 2. 18 Vindeby denizüstü rüzgar çiftliği, Danimarka (Ültanır, 1996).

Rüzgar enerjisinin konutlarda kullanımında bölgenin rüzgar potansiyeli rüzgar türbininin verimini belirleyeceği için arazi ve çevresi bu sistemi kullanmaya uygun olmalıdır. Bu nedenle, tekil konut projelerinde ender rastlanan rüzgar türbinleri, çoğunlukla daha yüksek enerji ihtiyacı sanayi yapılarında lokal olarak yada elektrik santralleri kurularak kullanılmaktadır (Şekil 2.19).



Şekil 2. 19 Mimarlıkta rüzgar enerjisi kullanımı [24]

1999 yılı sonunda sonunda 13400 MW olan dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü 2002 yılı sonunda 31127 MW'a ulaşmıştır. Amerika, Danimarka, Almanya ve İspanya dünyada kurulu bulunan rüzgar gücünün %70'ini üretmektedir.

Çizelge 2. 2 Avrupa ülkelerinde rüzgar enerjisi potansiyeli (Çengel, 2003)

	Toplam Yüzölçümü 1000 km <sup>2</sup>	Yöre Potansiyeli 1000 km <sup>2</sup>	Teknik Potansiyel	
			GW	TWh/yıl
Danimarka	43	1720	14	29
Almanya	357	1400	12	24
İngiltere	244	6840	57	114
İtalya	301	4160	35	69
Hollanda	41	400	3	7
İspanya	505	5160	43	86
Türkiye	781	9960	83	166

Çizelge 2.2’de Avrupa ülkelerinde rüzgar enerjisi potansiyeli gösterilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli en fazla ülkedir. Bu sebeple hızla rüzgar enerjisi yatırımlarına başlanmıştır (Çengel, 2003).

Çizelge 2. 3 Karşılaştırma tablosu (Çengel, 2003)

Yakıt	maliyet (sent/kWh)
Kömür	4.8-5.5
Doğalgaz	3.9-4.4
Hidroelektrik	5.1-11.3
Biyokütle	5.8-11.6
Nükleer	11.1-14.5
Rüzgar	4.0-6.0

Çizelge 2.3’de rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin maliyetinin diğer enerjilerle karşılaştırması gösterilmiştir. Burada rüzgar enerjisinin maliyetinin kömür ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarıyla maliyetinin yaklaşık olarak aynı olduğu ancak biyokütle nükleer ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji türlerinin maliyetinden ucuz olduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisinde hızın maliyet üzerindeki etkisi büyüktür. Rüzgar enerjisi rüzgar hızının küpü ile orantılıdır.

Rüzgar enerjisi çevreyi kirletmeyen, doğa dostu bir enerjidir. Türbinler, kurulduğu arazinin sadece %5’ini işgal ettiğinden ve türbin kanatları epeyce yüksekte olduğundan kalan arazi tarım, otlatma ve diğer amaçlarla kullanılmaktadır. (Çengel, 2003). Rüzgar türbinlerinin kuş ölümlerine sahip olma, radyo ve televizyon alıcılarını olumsuz etkileme gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

#### 2.2.2.6 Güneş Enerjisi

Güneş, yarıçapı dünyanın yarıçapının 109 katı ve kütlesi, dünyanın kütesinin 330 000 katı olan, yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı, dünyaya  $1.496 \times 10^8$  km uzaklığında bir yıldızdır. Güneşte, her saniyede 564 milyon ton hidrojenin 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve kaybolan 4 milyon ton kütle karşılığı  $3.86 \times 10^{26}$  joule enerji açığa çıkmaktadır (Ültanır, 1996). Güneşin bir saniyede ürettiği enerji miktarı, insanlığın şimdiye kadar kullandığı enerji miktarından fazladır. Dünyamız, güneşten gelen enerjinin milyarda birini alır. Güneş

enerjisinin uzaydan geçerek dünyaya ulaşması elektromanyetik radyasyonla olmaktadır. Bu enerjinin kullanılması için dönüştürülmesi gereklidir (Uyarel ve Öz, 1987). Günümüzde, binaların ısıtılması, soğutulması ve elektrik enerjisine dönüştürülmesi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır.

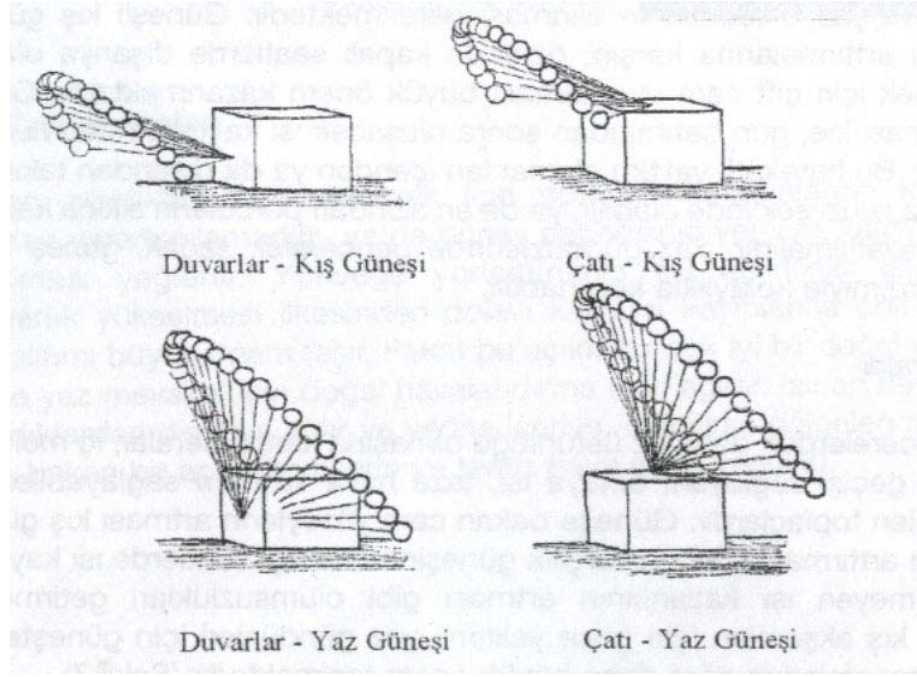
Coğrafi olarak 36-42° kuzey enlemleri arasında yer alan Türkiye, güneş kuşağında yer almaktadır. Güneş kuşağının bu kesimi, iyi güneş almakla beraber, mevsim değişikliklerinin etkili olduğu bir bölgedir. Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2609 saattir. Güneşlenme süreleri yönünden en zengin böleler sırasıyla, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Marmara bölgeleridir. En düşük değer ise Karadeniz Bölgesindedir.

Güneş enerjisi, yenilenebilir bir enerji oluşu, çevreye zarar vermemesi, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri ile son yıllarda tercih edilen bir enerji kaynağı olmuştur. İnsanoğlu Dünya'da var olduğundan beri güneş enerjisinin önemini fark etmiş uzun yıllar fazla bir teknik geliştirmeden güneş enerjisinden yararlanmıştır (İnan, 2001).

Güneş bilinçli tasarlanmış binaların, sağlıklı olmalarının yanısıra enerji tasarrufu sağlayarak hem ülke ve aile ekonomisine katkıda bulunması, hem de ekolojik döngüyü sağlaması nedeniyle, mimarların “güneş mimarlığı” kavramına yönelmesine büyük etken olmuştur. Mimarlıkta, güneş enerjisinden yararlanma, pasif ve aktif olmak üzere iki temel yöntemle sağlamaktadır.

### **Pasif Sistemler**

Pasif sistemlerde, güneşin dünyaya geliş açısının değişiminin mimaride akılcı kullanımı ile binalarda yaz ve kış için ısııl açıdan en uygun koşulların oluşturulması esastır. Kış güneşinin yatık, yaz güneşinin dik gelmesi, kuzey yarımkürede güneye bakan cephelerin kışın daha fazla güneş ışığı alması, mimaride güneye bakan cephelerin değerli olmasına yol açmıştır.



Şekil 2. 20 Yaz ve kış güneşin yüzeylere gelişi (İnan, 2001)

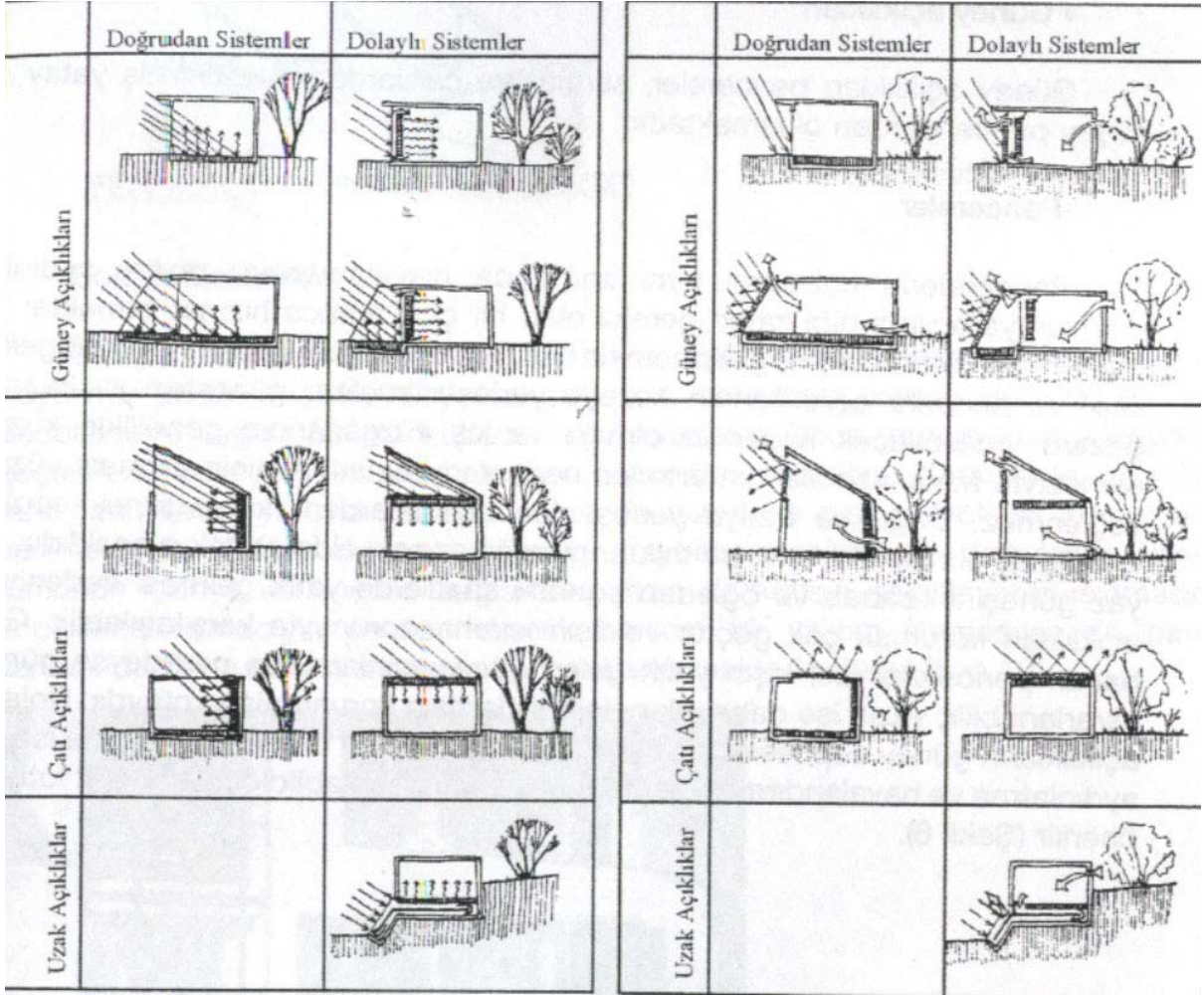
Pasif sistemler,

- doğrudan kazançlı
  - dolaylı kazançlı sistemler
- olarak 2 ana gruba ayrılmaktadır.

Pasif sistemlerde, ısının toplanmasını sağlayan açıklıklar

- güney açıklıkları,
- çatı açıklıkları
- ayırık (uzak) açıklıklarıdır.

Güneş alabilmek için arazinin uygun olmadığı ya da komşu binaların güneşi engellediği yerlerde çatı açıklıkları tercih edilmektedir. Arazinin eğiminden yararlanılarak güneşin binaya girişini sağlayan açıklıklar ise ayırık açıklıklardır.



Şekil 2. 21 Pasif sistemlerde güneşle ısıtma ve serinletme (İnan, 2001).

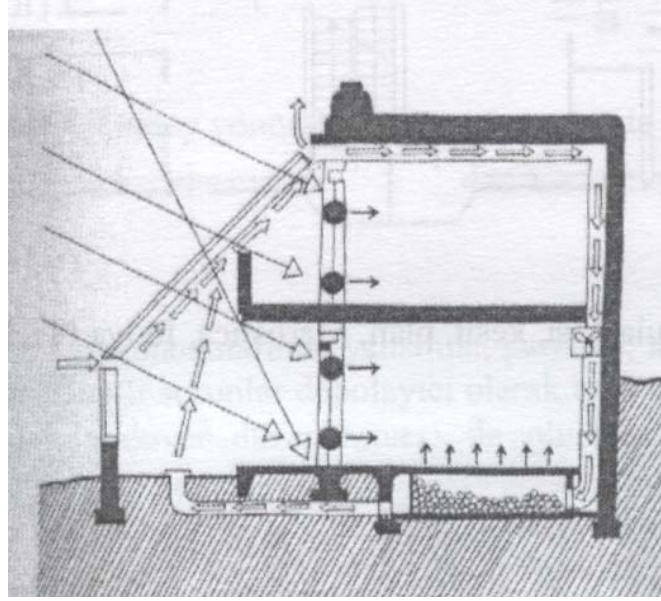
### ***Doğrudan Kazançlı Sistemler***

Doğrudan kazançlı sistemlerde, güneş ışınları binanın içine güneye bakan cam yüzeylerden doğrudan alınmaktadır. İç yüzeylere çarpan güneş ışını, bu yüzeylerce soğurulup ısı olarak bırakılmakta ve mekanın ısıtılması sağlanmaktadır. Güney açıklıkları, pencereler, seralar ve çatı açıklıklarından oluşmaktadır.

Pencerelerin kullanımı, aynı zamanda havalandırma, doğal aydınlatma ve manzaraya açılmayı da sağlamaktadır. Güneye bakan pencereler, kışın yatık gelen güneş ışınlarından gün boyu yararlanabilir, yazın ise daha dik gelen ışınlardan korunmaları kolaydır. Tüm bu nedenlerle, güney cepheleri pasif sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, duvarlarla karşılaştırıldığında yalıtım özelliklerinin zayıf olması nedeniyle, yaz ve kış için önlemlerinin alınması gereklidir.

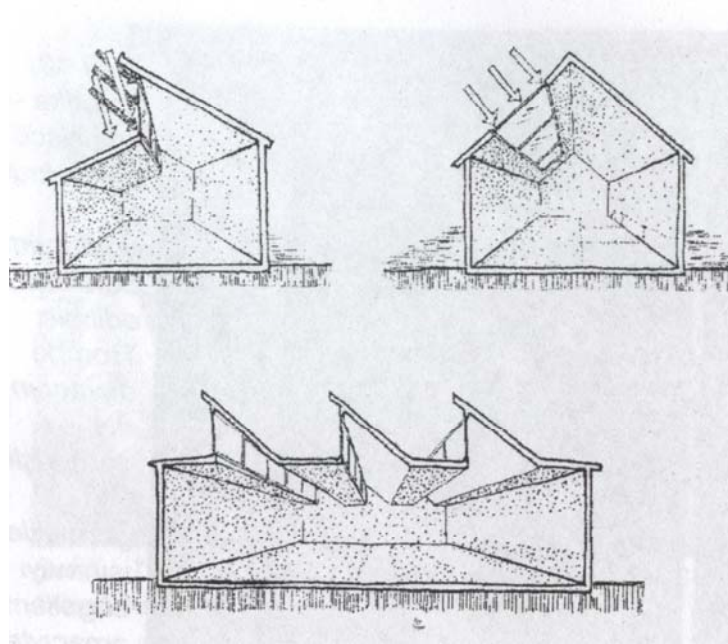
Kış bahçeleri, iç mekanla dış mekan geçişini sağlayan, binaya ısı, taze hava ve nem sağlayabilen ve içinde yaşanabilen mekanlardır. Güneşe bakan cam yüzeylerin artması sonucu

oluşan istenmeyen ısı artışları ve kayıplarını engellemek için, kış akşamları için ısı yalıtımı, yaz gündüzleri için güneşten korunma sağlanmalıdır (İnan, 2001).



Şekil 2. 22 Kış bahçesi işleyiş şeması, konut-Santa Fe (Özbalta, 2005).

Çatı açıklıkları, ısı kazanmak için çok fazla tercih edilmeseler de, güney cephesinden yararlanılmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Çatıya yerleştirilen bu açıklıklar, ısınan havanın hafifleyerek yükselmesi ilkesi nedeniyle kışın ısı kayıplarına neden olmaktadır.



Şekil 2. 23 Çeşitli çatı açıklıkları (İnan, 2001)

### ***Dolaylı Kazançlı Sistemler***

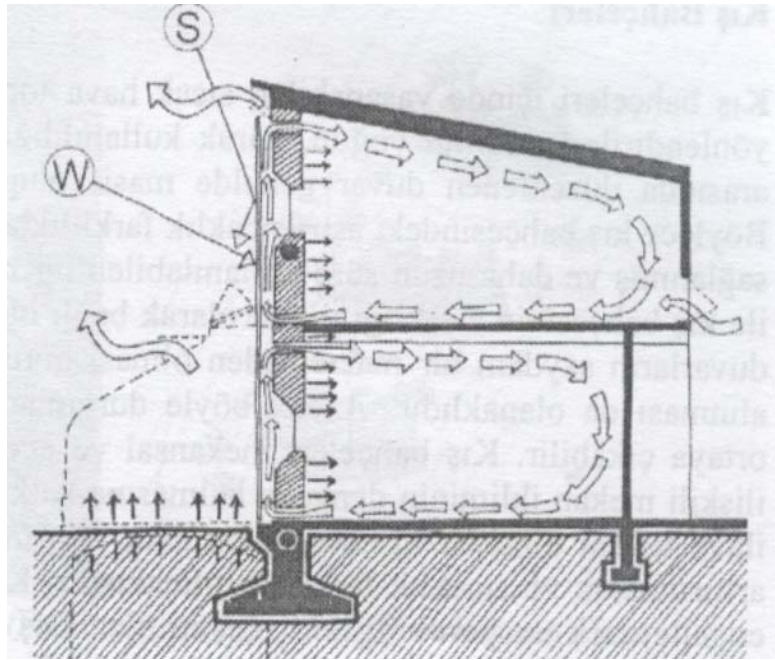
Dolaylı kazanç sistemleri, cam yüzey ve arkasına yerleştirilmiş genelde siyaha boyanmış

beton, dolu tuğla, kerpiç veya taş gibi ısı depolamaya uygun ısıl kütleden oluşmaktadır. Güneş önce cam yüzeyden geçerek duvara gelmekte, sonra ışını ya da taşınım yoluyla iç mekana verilmektedir. Gece dışarıya ısı kaybını engellemek için perde, yazın aşırı ısınmaya karşı kepenk gibi elemanlar kullanılmaktadır.

Dolaylı sisteminin tercih edilmesinin en büyük nedeni, yapım kolaylığı ve devingen yalıtım dışında, devingen parçaların olmamasıdır. En büyük olumsuzluğu ise, ısıl kütlenin sabahları geç ısınması, sonra da içeriye aktarılan ısının istenmediği durumlarda denetlenememesidir.

### ***Trombe Duvarı***

Isıl kütlenin ısıyı içeriye geç iletmesi sonucu camın 10-15cm arkasına yerleştirilmiş koyu renkli ya da seçici yüzeye sahip duvara eklenen havalandırma açıklıklarıyla çözülebilmekte, trombe duvarı olarak adlandırılan bu sistemde cam ile duvar arasındaki boşlukta, ısınan ve yükselen hava duvarda tavana yakın yerleştirilen bir açıklıktan içere girmekte, mekanın serin olan havası da, zemine yakın olan açıklıktan duvarla cam arasına girmekte, burada ısınan hava yükselerek sürekli dolaşım sağlanmaktadır (İnan, 2001).



Şekil 2. 24 Trombe duvarı (Özbalta, 2005)

Trombe duvarının önüne yerleştirilecek bir kış bahçesiyle sisteme doğrudan sistemin bir elemanı olan seranın üstünlüklerinden de yararlanılabilmektedir.



## Aktif Sistemler

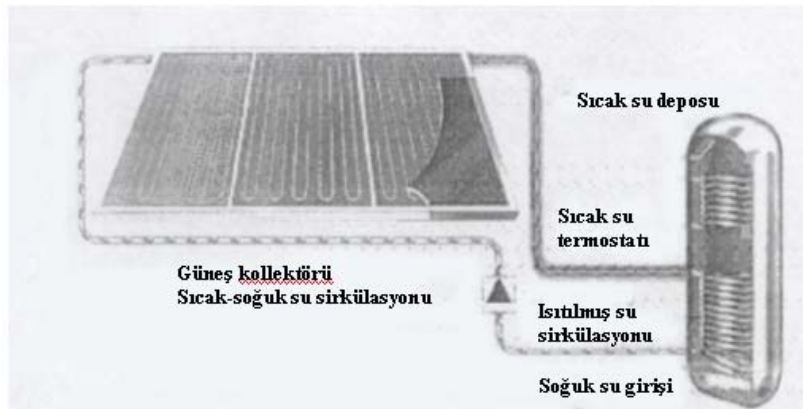
Aktif güneş sistemleri teknik donanım yoluyla güneş enerjisinin kazanıldığı sistemler olarak tanımlanmaktadır (Tönük, 2001). Güneş enerjisinden aktif sistemlerle 2 şekilde yararlanılmaktadır:

- Güneş Kolektörleri : Güneş ışınımından kazanılan ısı enerjisi kolektörlerde toplanarak binanın ısıtma ve sıcak su ihtiyacını karşılamaktadır.
- Fotovoltaik Paneller: Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirerek binalarda kullanan sistemlerdir.

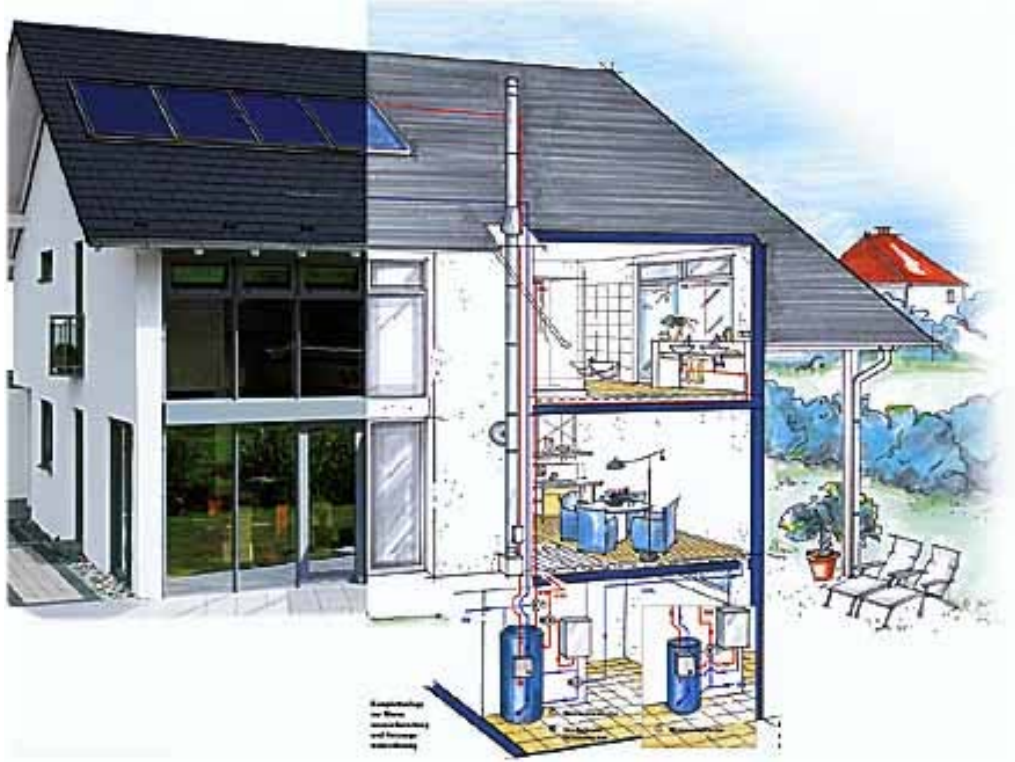
Fotovoltaik modüller sayesinde elektrik elde edilmesi tüm dünyada gün geçtikçe artmaktadır. Böylece, güneşten yararlanarak, enerji açısından kendine yeten ve konutlar tasarlama mümkün olmaktadır. Binalarda, hem güneş kolektörleri hem de fotovoltaiklerin sonradan eklenmesi yerine daha estetik bir görüntü için tasarım aşamasında bina kabuğuna yerleşimleri düşünülmelidir (Demirbilek ve Eryıldız, 2001).

### Güneş Kolektörleri

Sisteme verilen soğuk suyun ısınmasını sağlayan güneş kolektörleri, güneşten yayılan radyasyonun toplanması ve yoğunlaştırılması mantığıyla çalışan sistemlerdir. Kolektörlerden elde edilen sıcak su binaların ısıtılmasında da kullanılmaktadır. Sistemle ilgili yaşanan en büyük problem olan kış aylarındaki donma problemi, yalıtımları yapılmış kolektörler, borular ve depolama üniteleri ile çözülmektedir. Bir kolektörden, yüksek verimlilik, uzun ömür, uygun fiyat ve kolay montaj beklenir. Kolektörün verimliliği, topladığı enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır.



Şekil 2. 25 Güneş Kolektörü [25]



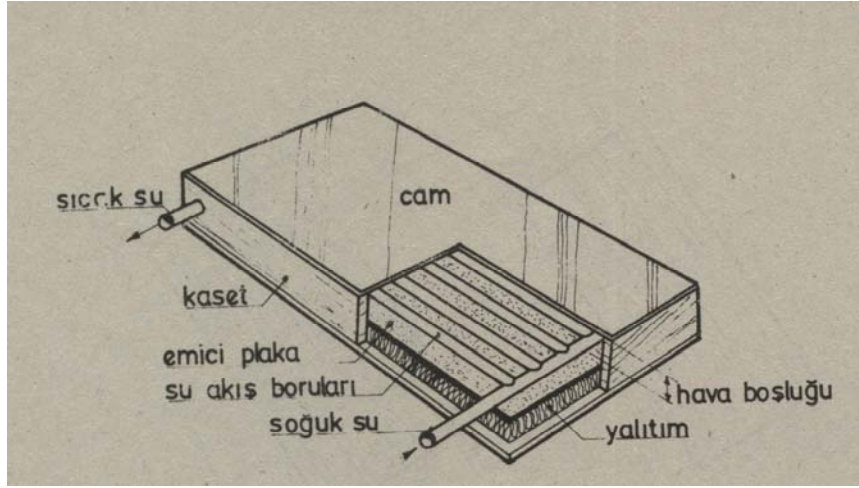
Şekil 2. 26 Güneş Kolektörü İşleyiş Şeması [25]

Güneş kollektörleri:

- Düz Yüzeyle Kollektörler
  - Vakum Borulu Kollektörler
  - Yoğunlaştırıcı Kollektörler
- olmak üzere 3 çeşittir.

### ***Düz Yüzeyle Kollektörler***

En yaygın olarak kullanılan kollektör türüdür. Bu kollektörler doğrudan gelen güneş ışınlarının yanında, kırılma ve yansımalarla dağılmış güneş ışınlarını da değerlendirirler. Güneye yönlendirilerek ve güneş ışınlarının üzerine dik gelebileceği bir eğim verilerek yerleştirilen bu kollektörlerin mevsime göre ayarlanması gerekmektedir. Güneşli su ısıtıcılarında kullanılan kollektörler bu tiptir. Bu kollektörler emici plaka, ısı yalıtımı, üst saydam(cam veya plastik) örtü ve dış kasadan oluşmaktadır.



Şekil 2. 27 Düz güneş kolektörü (Deriş, 1984)

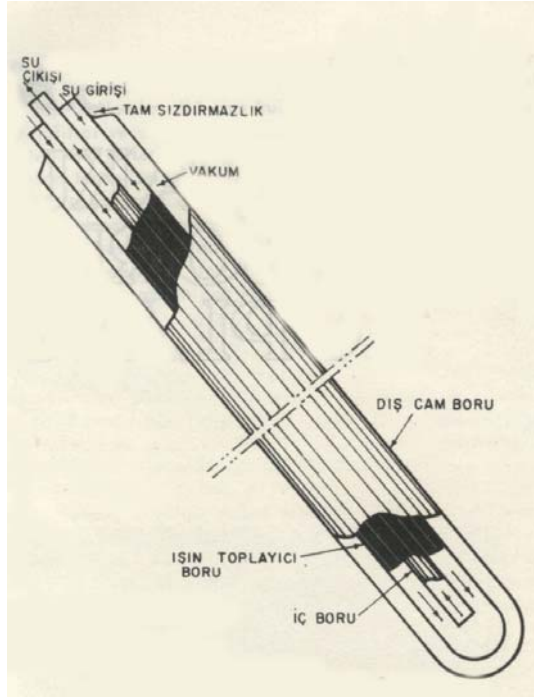
Güneş ışınları, emici plaka tarafından tutularak su veya hava gibi bir akışkana transfer edilir. Isıtılacak akışkanın cinsine göre soğurucu plakada boru veya özel kanallar bulunur. Emicinin güneş ışığını daha iyi çekebilmesi için güneş gören yüzeyinin mat siyaha boyanması gereklidir. Ön tarafında tek ya da çift saydam örtü, arka tarafında sırt yalıtımı bulunmaktadır.

Modern düz yüzeyli kolektörlerde ise ısı borusu kullanılmaktadır. Isı borusu yapıldığı malzemenin ısıl geçirgenliğine ve sıcaklık farkına bağlı olmaksızın yüksek kapasiteyle ısıyı tek yönde geçiren bir elemandır (Ültanır, 1996)

### ***Vakum Borulu Kolektörler***

Düz kolektörlerin cam örtüsünden taşınım yoluyla büyük kayıplar olmaktadır. Vakum borulu kolektörlerin dışındaki saydam cam boru ile içindeki siyah boyalı boru arasında vakum yaratarak taşınım kayıpları azaltılmıştır. Bu nedenle vakum borulu kolektörlerin verimi düz yüzeyli kolektörlerden daha fazladır. Vakum borulu kolektörler, sıcak su elde etmekte, endüstriyel işlemlerde, bina ısıtması ve soğutmasında kullanılmaktadır.

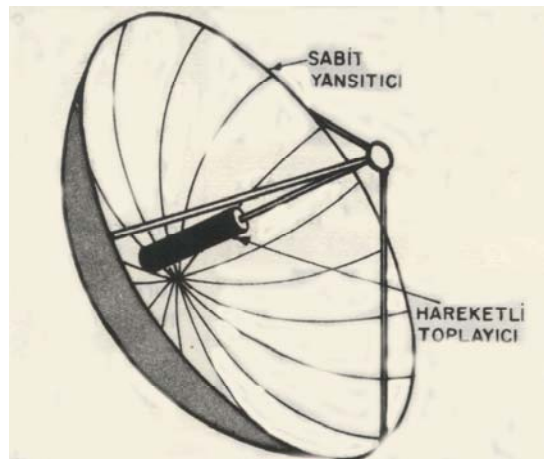
Boruları birbirine değecek şekilde yerleştirip fazla toplayıcı yüzey sağlamak mümkün olmakla beraber, boruları aralıklı dizerek altlarına yansıtıcı yüzey koymanın daha verimli olduğu anlaşılmıştır. Yansıtıcı yüzeyler, ayna, paslanmaz çelik, alüminyum olabileceği gibi beyaz boyada kullanılabilir. (Deriş, 1984)



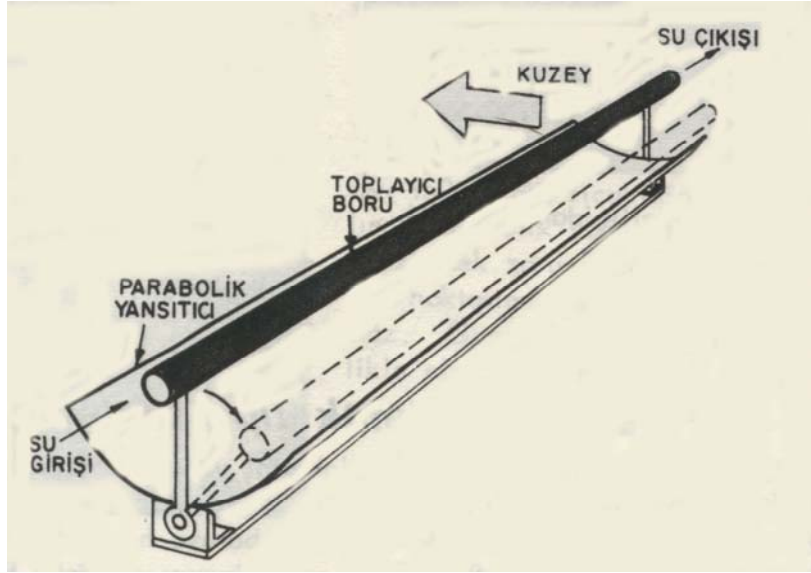
Şekil 2. 28 Vakum borulu kolektör (Deriş, 1984)

### ***Yoğunlaştırıcı Kollektörler***

İç bükey aynaya benzeyen bu kolektörler değişik parabolik biçimlerde yapılırlar ve yalnızca doğrudan gelen güneş ışınlarını değerlendirirler. 100-200°C sıcaklıklı uygulamalarda, mevsimlik ayarlama isteyen, uzunlamasına silindirik odaklı kolektörlerdir. Çanak tipi kolektörler, her sıcaklıkta güneşi izlemek zorundadırlar. Çanak tipi kolektörlerde 3000°C'yi aşan sıcaklıklar elde edilmektedir (Ültanır, 1996).



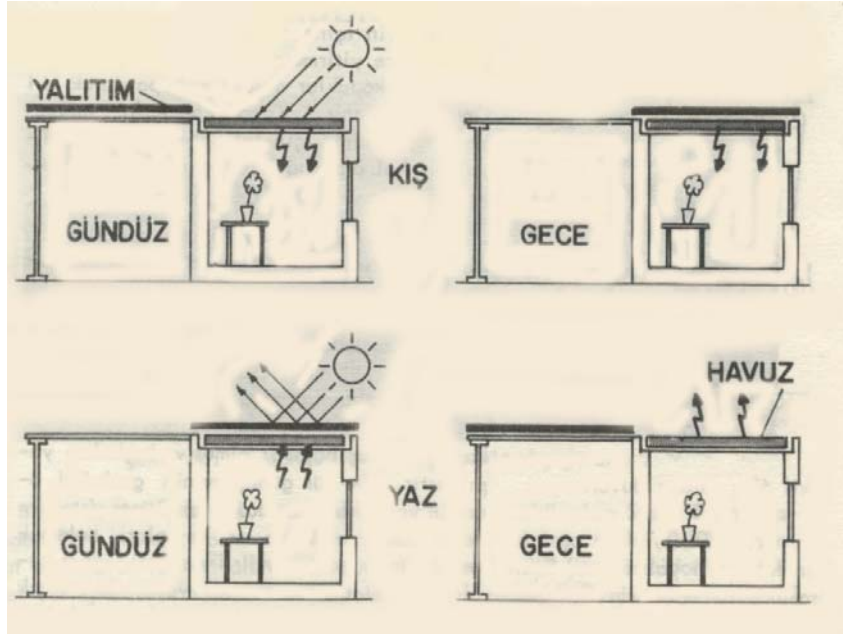
Şekil 2. 29 Çanak tipi kolektör (Deriş, 1984)



Şekil 2. 30 Silindirik kollektör (Deriş, 1984)

### **Güneş Havuzları**

Geniş yüzeyle kollektörler denilen güneş havuzları binanın üstüne yerleştirilmektedir. Havuzun tabanı ısıyı emecek yapıdadır ve ısı, ısı değıştirici ile çekilerek kullanılmaktadır. Siyah plastik torbalara doldurulan su bu havuzun içine yerleştirilir ve havuzun üstündeki yalıtım plakaları bir motor aracılığıyla harekete geçirilerek havuzun üstü tamamen kapatılabilmektedir. Kışın gündüz vakti güneşli günlerde yalıtım plakaları kenara çekilerek siyah plastik torbalar içindeki suyun ısınmasını sağlamaktadır. Güneş çekildikten sonra yalıtım plakaları havuzun üzerini örtmektedir. Enerji depolayan torbalardaki su, ışınım yoluyla tavandan binanın içine aktarılır ve böylece odaların ısı girişi sağlanır. Yalıtım plakaları enerjinin dışarı çıkmasını engeller. Yazın ise, güneşli saatlerde havuzun üstü örtülü tutularak güneşin suyu ısıtması önlenmektedir. Buna karşın binanın içindeki mevcut ısı yukarı doğru çıkarak suyu ısıtmaktadır. Yaz geceleri, yalıtım plakası açılarak suyun ısısının dışarı verilmesi sağlanmakta ve böylece ev serinletilmektedir (Deriş, 1984).



Şekil 2. 31 Çatı güneş havuzu işleyiş şeması (Deriş, 1984)

### ***Fotovoltaik Sistemler***

Fotovoltaikler, güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Fotovoltaik hürelere güneş ışığı geldiğinde, doğru akım meydana gelmektedir. Yakıtı güneş olan bu sistem çalışması sırasında çevreye zarar vermemektedir. Bu hücrelerin çalışma esası fotovoltaik olayına dayanmaktadır. Fotovoltaik hücreler, iki katmandan oluşan yarı iletken malzemeden meydana gelirler. Bir katman pozitif, diğeri negatif olup, güneş ışığı geldiğinde öndeki ve arkadaki temas noktalarında bir elektrik gerilimi oluşmaktadır. Bu temas noktalarının bağlanması ile akım meydana gelmektedir.

Fotovoltaik sistemlerin, tarihçesi, teknik özellikleri , türleri ve bina kabuğunda kullanımını bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

### 3. BİNA KABUĞUNDA KULLANILAN FOTOVOLTAİK PANELLERİN TASARIM BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi ve çevre ile ilgili olumsuz gelişmeler, doğaya doğrudan müdahale eden mimarlık disiplini de yakından ilgilendirmiş, o yıllarda “çevreselci”, “yeşil” ve günümüzde de yaygın olarak “sürdürülebilir” ve “ekolojik” olarak nitelendirilen mimari yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu yaklaşımlarla, binanın ekosistemin bir parçası ve onunla etkileşim içinde olduğu kabul edilmeye başlanmıştır. Bugüne kadar, binalarda, aydınlatma, binanın ısıtılması ve soğutulması, nem ve temiz hava gibi konfor koşullarının sağlanması çoğunlukla yenilenemeyen enerji kaynakları ile sağlanmaktadır. Gelişmiş birçok ülkede, bulunduğumuz çağın enerji ve çevre gerçekleri karşısında, binalarda bilinçsizce enerji tüketilmesi yersiz bir tutum olarak kabul edilmektedir. Her alanda olduğu gibi yenilenemeyen enerji kaynakları kullanımının binalarda da azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır. Tasarım aşamasında alınan bilinçli kararlarla binaların enerji tüketimleri denetlenebilmekte ve daha az fosil yakıt tüketen, gereksinim duyduğu enerjiyi kendisi üretebilen binalar, mimarlık gündeminin ilk sıralarında yer almaktadır.

Binaların enerji kazançlarını arttırmada, yenilenebilir kaynaklardan olan güneş enerjisi kullanılmaktadır. Bu bağlamda, bir önceki bölümde de bahsedilen, aktif ve pasif sistemler kullanılmaktadır. Bina kabuğu, dış ortamdan insanları sınırlama ve yaşamsal mekan sağlama gibi işlevlerin yanında bir enerji kazanım yüzeyi olarak da düşünülmekte ve tasarlanmaktadır. Böylece, binayı oluşturan kabuk, sadece mimari bir stil, estetik bir öge ve binanın kültürel kimliğini yansıtan bir sınırlayıcı olarak kalmamaktadır. Gelişen teknolojiler ve yeni malzeme kullanımları ile bina kabuğu, iklimsel koşullara karşı koruma ve yalıtım sağlama görevlerinin yanında bir enerji kazanım yüzeyi de olabilmektedir (Canan, 2003).

Çağdaş yapım ve üretim teknolojilerinin, yeni gereç ve malzemelerin kullanımının yaygınlaştığı, daha etkili yeni sistemlerin binaya entegre olduğu ve yapı sisteminin giderek karmaşıklaştığı günümüzde, bina kabuğunda kullanılan malzeme daha fazla önem kazanmaktadır.

Fotovoltaik (PV) panellerin doğrudan kabuk sistemini oluşturabilme bağlamındaki olumlu özellikleri, elektrik üretme özelliği akıllı kabuk tasarımını etkilemekte ve son yıllarda aranan bir donatı sistemi, yapı elemanı olacağını göstermektedir (Herzog, 1996).

Fotovoltaik piller ile enerji üretmenin avantajları:

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

Fotovoltaik piller ile enerji üretmenin dezavantajları:

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

Yeryüzünde kullanılan, fotovoltaikler de dahil olmak üzere enerji eldesine yönelik tüm sistemlerin çevreye olumsuz etkilerinin olması yadsınamaz bir gerçektir. Fotovoltaiklerin potansiyel dezavantajları projenin boyutuna, doğasına ve yer özelliğine bağlıdır ve modüller tasarım sürecinde bir tasarım girdisi olarak ele alındığında minimize edilebilecek etkilerdir.

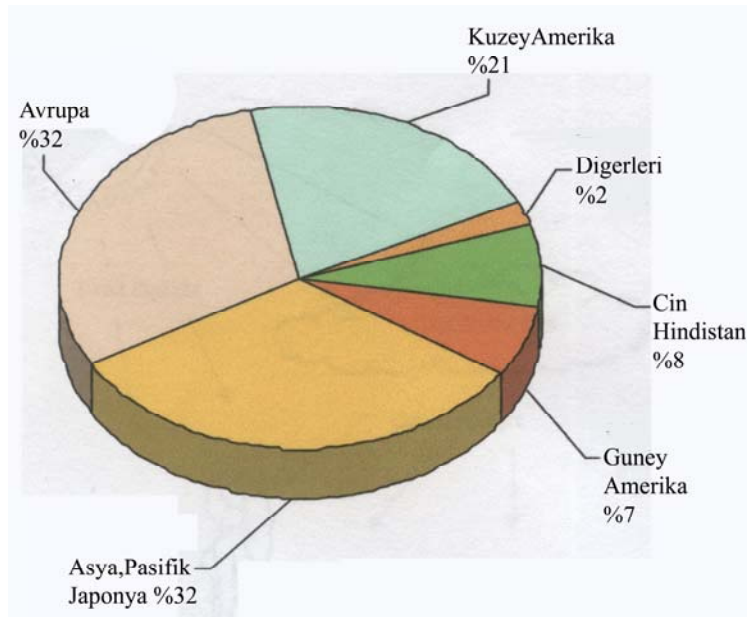
### 3.1 Fotovoltaiklerin Tarihçesi

Fotovoltaik Yunanca, ışık anlamına gelen “photo” ve elektrik akımını geliştiren makinayı tasarlayan Alessandra Volt’tan esinlenerek voltaj anlamına gelen “voltaic” kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Pv’ler ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından araştırılmıştır. Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek fotovoltaik olayını bulmuştur. Katılarda benzer bir olay, 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından selenyum kristalleri üzerinde gösterilmiştir. Daha sonraki yıllarda, bakır oksit ve selenyuma dayalı foto-diyotların, yaygın olarak fotoğrafçılık alanında, ışık metrelerinde kullanılmıştır. 1914 fotovoltaik diyotların



verimliliği %1 değerinde ulaşmış ise de, gerçek anlamda güneş enerjisini %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiik diyotlar ilk kez 1954 yılında Chapin tarafından silikon kristali üzerinde gerçekleştirilmiştir [26].

Fotovoltaiik güç sistemlerinin dönüm noktası sayılan bu araştırmalar,uzay teknolojisi uydu araçlarında elektrik üretici olarak kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak, saat ve hesap makinalarında, sokak aydınlatmasında, 1981 yılından bu yana da binalarda entegre olarak kullanılmaktadır. Önceleri, özellikle elektrik şebekesinin olmadığı yerlerde kullanılmaya başlanmıştır. Maliyeti yüksek olan fotovoltaiik sistemler ise, üniversitelerin enerji araştırma merkezlerinde kullanılmıştır. Çevre bilincinin artmasıyla da binalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

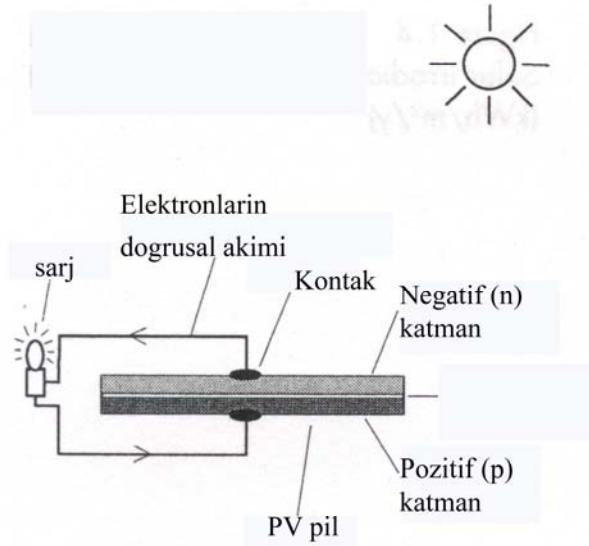


Şekil 3. 1 Dünyada PV kullanımı (Canan, 2003)

Fotovoltaiik paneller, açık alanlarda kullanılan güneş santrallerinde elektrik üretmek amacıyla kullanılırken, binalarda ilk kez çatılarda uygulanmıştır. Özel fotovoltaiik çatı panelleri mevcut çatılara ek bir sistem olarak ilave edilmiş, daha sonraları ise doğrudan çatı kaplama malzemesi olarak üretilmiştir. Güneş ışınımının panel üzerindeki etkileri, gölgeleme, ısı geçirgenlik değeri ve sızdırmazlık üzerine yapılan çalışmalar sonucunda fotovoltaiiklerin bina düşey kabuğunda da etkin olarak kullanılabileceğini göstermiştir. 1992'den bu yana giderek uygulamalar artarak devam etmektedir (Çelebi, 2002).

### 3.2 Fotovoltaiklerin Yapısı ve Türleri

Fotovoltaikler, güneş-elektrik çevriminin kalbi olup, optiksel ve elektriksel özellikleri bu dönüşüme uygun olarak seçilen yarı-iletken malzemeden yapılan diyotlardır. PV'ler en az iki kat elektrik enerjisini ileten maddeden oluşur. Bir kat pozitif yüklü (p katmanı) diğer kat negatif yüklüdür (n katmanı). Işık pile geldiği zaman, ışıktan gelen bazı fotonlar yarı iletken malzeme tarafında emilir, serbest elektronlar ise pilin negatif katmanından dış devreye ve pozitif katmana geçer. Elektronların bu geçişi ile elektrik akımı oluşur [9].



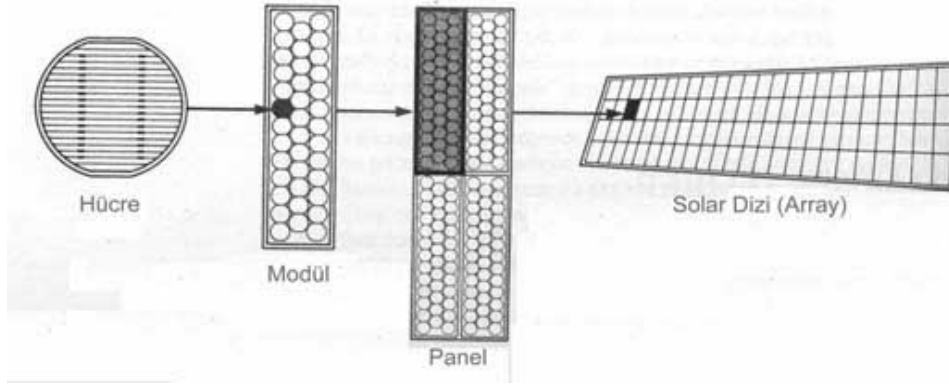
Şekil 3. 2 PV'nin yapısı (Thomas, 2001)

Fotovoltaik sistemler doğrusal akımı alternatif akıma çeviren sistemler olduğu için, bunun sağlanması için de sisteme bir dönüştürücü (inverter) eklenmelidir. Binada kullanılmayan fazla enerji ise, şehir şebekesine verilebilmektedir.

Fotovoltaik sistemlerin çoğunda, güneş ışığından alınan enerji, modüller aracılığıyla toplanarak, gece veya bulutlu günlerde kullanılabilir için kimyasal enerjiye dönüştürülerek akülerde depolanır. Ayrıca, eğer pillerden alınan güç, istenen miktarda değilse, aradaki fark akülerden karşılanabilir. Depolanan enerjinin, günün her saati ve her hava koşulunda kullanılıyor olmasına karşılık, piller harcanan enerjiyi, ancak gün ışığında ve genellikle de birkaç saat içinde yerine koymaya çalışmaktadırlar. Sistem dizayn edilirken, çözülmesi gereken en önemli sorun, bu dengeyi sağlamaktır.

Fotovoltaiklerde akım, özel işlenmiş yarı iletken malzemelerden yapılan kare, dikdörtgen

veya daire şeklindeki solar hücrelerden sağlanır. Güç çıkışını arttırmak için, çok sayıda hücreler seri ya da paralel bağlanarak “solar modülleri”, solar modüller birleşerek panelleri, panellerin birleşmesiyle de solar diziler oluşur (Şekil 3.3). Fotovoltaiklerde en basit sistem, bir modül ve buna bağlı bir akü veya elektrik motorundan oluşmuş bir sistemdir. Bir fotovoltaik sistemin ömrü minimum 25 yıldır.



Şekil 3. 3 PV hücre, modül, panel,solar dizi (Çelebi, 2002)

Fotovoltaik hücre üretiminde en önemli kriterlerden biri, diyotun yapımında kullanılan malzemedir. Emici tabaka olarak kullanılan yarı iletken, güneş spektrumunun önemli bir bölümünü metrenin milyonda biri kadar soğurmalıdır. Elementer kristaller arasında yalnızca silisyum ve germanyum elementlerini bu koşulları sağlar (Oktik, 2001). Bunun yanında, kadmiyum(cd), tellür(te), indiyum(in), selenyum(se) ve galyum elementleri de hücre yapımında kullanılmaktadır. Silisyum doğada en çok bulunan elementtir ve dolayısıyla rezerv sorunu yoktur. Diğer elementlerin rezerv durumları,dünyada yıllık üretimi ve 500 MW güç üretimi için gerekli miktar çizelgede gösterilmiştir (Shock ve Shah, 1997).

Çizelge 3. 1 Hücre üretiminde kullanılan elementlerin dünyadaki rezerv durumu (Shah, 1997)

Element	Dünya rezervleri(ton)	Dünya Yıllık üretimi(ton)	500MW Güç için Gereken Miktar
Cd	970 000	20 000	25
Te	39 000	404	28
In	5 700	180	25
Se	130 000	2000	60
Ga	1 000 000	35	5

Fotovoltaik malzemenin seçiminde diğer bir önemli kriter, yarı iletken maddenin mikro yapısıdır. Bu kritere göre piller, tek kristalli silisyum, çok kristalli silisyum, ince film, amorf

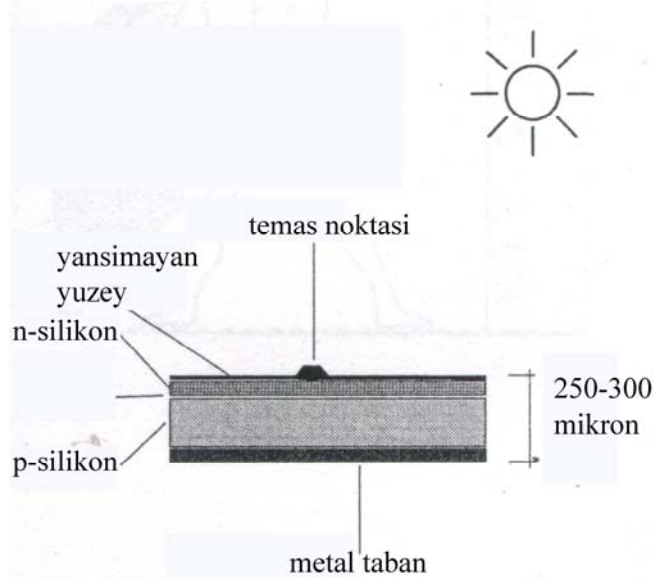
silisyum, katmilyum tellür ince film ve bakır indiyum güneş pilleri olmak üzere 6'ya ayrılmaktadır. Bütün türlerdeki güneş pillerinden elde edilen en büyük verim çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2 Güneş pillerinin rapor edilmiş en yüksek verimlilikleri [11]

Fotovoltaik pilin cinsi	Alan cm <sup>2</sup>	Verimlilik %	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4.00	24	UNSW Sydney Avustralya
Çok Kristalli Silisyum	21.2	17.4	ISE,Freiburg,Almanya
Amorf Silisyum	1	14.7	United Solar
Cu/In,GaSe <sub>2</sub>	0.4	17.7	NREL,USA
CdTe/CdS		15.8	USA
GaAs tek kristal	1	23.9	K.Univ,Nijmegen ,Hollanda

### 3.2.1 Tek Kristalli Silisyum Güneş Pilleri

Tek kristalli silisyum güneş pilleri, güneş-elektrik dönüşümünü yüksek verimlilikte gerçekleştirdikleri için çok tercih edilmektedirler. Bu piller, koyu mavi renkte olup ağırlığı 10 gramdan azdır. Pilin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır. Bunlar negatif kontaklardır. Kontakların altında, 150 mm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan bir kaplama tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka, pil yüzeyinden olan yansımayı önler. Pilin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde tasarlanmıştır. Yansıtıcı olmayan kaplamanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı iki farklı katmandan oluşan bir yapı bulunur. N-katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P-katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşmuş, pilin pozitif tarafıdır. İki katman arasında, p-n kavşağı denilen, pozitif ve negatif yüklü elektronların karşılaştığı bir bölge bulunur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak yer alır (Çıtıroğlu, 2000).



Şekil 3. 4 Tek Kristalli Silisyum Güneş Pili Yapısı

Üretilen piller, 25°C sıcaklıkta, 1000 W/m<sup>2</sup> ışınım şiddetinde ve 1.5 hava-kütle oranında test edildikten sonra tüketiciye sunulmaktadır. Tipik bir silisyum güneş pili, 0.5 volt kadar akım üretmektedir. Pilleri seri bağlayarak üretilen gerilim değerini arttırmak mümkündür.

### 3.2.2 Çok Kristalli Silisyum Güneş Pilleri

Çok kristalli malzemede damarların kristal yapılarının birbirlerine göre yönelmeleri dışında elektriksel, optiksel ve yapısal özellikleri özdeşdir. Gri-mavi tonlarındadır. Damarların büyüklükleri kristalin kalitesi ile doğru orantılıdır. Damarlar arasındaki süreksizlik özellikle elektriksiz güç taşıyıcılarının aktarılmasında önemli ölçüde engelleyici rol oynamaktadır. Çok kristalli malzemenin elektriksel özelliklerinin küçülen damar büyüklüğü ile orantılı olarak bozulması, elde edilebilecek verimliliğin tek kristalle karşılaştırıldığında küçük olmasına neden olur.

Oksijenden sonra yeryüzünde en çok bulunan element olan silisyumun en çok bulunan çeşidi kum ve kuartzdır. Kumun saflık derecesi çok düşük olduğundan, kullanılmaya uygun değildir. Kuartzın %90'ı silisyumdur. Kuartzın işlenmesi ile %99 silika elde edilir. Sonra, silikadan metalurji kalitesinde silisyum elde edilir. Bunu izleyen aşamada ise, silisyum saflaştırılarak yarı iletken niteliğinde çok kristalli silisyum elde edilir. Çok kristalli silisyumun eritilip, büyütülmesi ve elmas testere ile dilimlere ayrılması ile tek kristalli silisyum elde edilir (Oktik, 2001).

### 3.2.3 İnce Film Güneş Pilleri

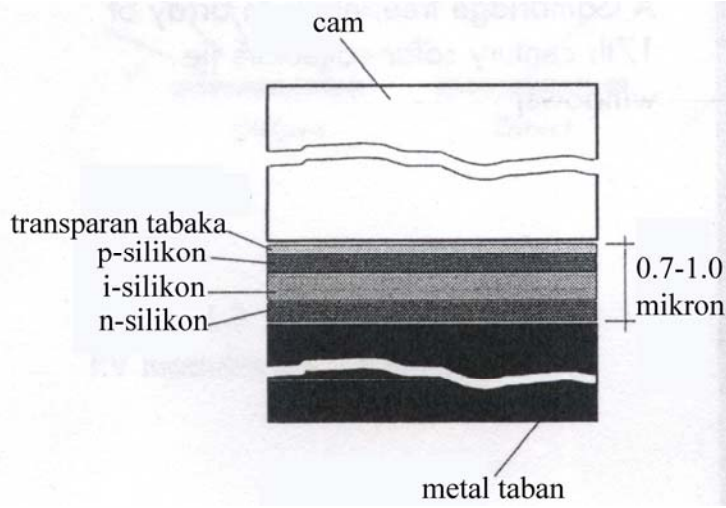
Güneş pillerinde kullanılan malzemenin ve işçiliğin azaltılması, teknolojinin basitleştirilerek maliyetlerinin düşürülmesi yönünde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları, yarı-iletken malzemenin geniş yüzeyler üzerine ince film şeklinde kaplanması yöntemini ortaya çıkarmıştır. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları güneş pilleri üretiminde kullanılabilecek bir çok yarı-iletken malzemenin düşük maliyetlerde cam, metal ya da plastik folyo gibi tabakalar üzerinde geniş yüzeylere kaplanabileceğini göstermiştir. İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. Başka bir deyişle ince film yarı-iletken malzeme, büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden milyonda birine değin değişen damarlardan oluşmaktadır (Sick ve Erge, 2003).

Yarı-iletken malzemenin elektriksel optiksel ve yapısal özellikleri her damar içerisinde fotovoltaik uygulamalar için çok uygun olsa da, damarlar arası sınırlar da yer alan mikro düzeydeki yapısal kusurlar, çok kristalli malzemede karşılaşılan en önemli problemdir. Optiksel özellikleri uygun seçilen bir yarı iletken malzemede milimetrenin binde biri kadar bir kalınlık içerisinde güneş ışınlarının tümüne yakın bir kısmı soğurulabilir. Dolayısı ile, ince film fotovoltaik malzemede kalınlık, silisyum üzerinde yapılan pillere göre çok daha azdır (Oktik, 2001).

İnce film güneş pilleri; amorf, silisyum, kadmiyum ve tellür elementlerinden meydana gelen birleşik yarı-iletken kadmiyum tellür ve bakır, iridyum, selenyum elementlerinin bir aralığı olan bakır iridyum-diselenid güneş pilleri olmak üzere 3'e ayrılmaktadır.

#### 3.2.3.1 Amorf Silisyum Güneş Pilleri

Amorf silisyumun yapısı, tek kristalli ve çok kristallilerdeki gibi düzgünlük göstermemektedir. Koyu kahverengi rengindedir. Malzeme içindeki yapı taşlarının gelişmiş dizilimi, amorf silisyumun elektriksel iletim kapasitesini düşürse de, uygun yaklaşımlara yarı iletken içerisine %5-10 oranında hidrojen katılarak elektriksel özellikler fotovoltaik çevirime uygun olan düzeyde tutulabilirler (Oktik, 2001).



Şekil 3. 5 Amorf silisyum güneş pili yapısı (Thomas, 2001)

Ancak ince katmanlar halinde kullanıldıkları hem de uygulamada sağladıkları kolaylıklar nedeniyle tercih edilmektedirler.(10) Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesinde. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılmaktadır.

### 3.2.3.2 Kadmiyum Tellür Güneş Pilleri

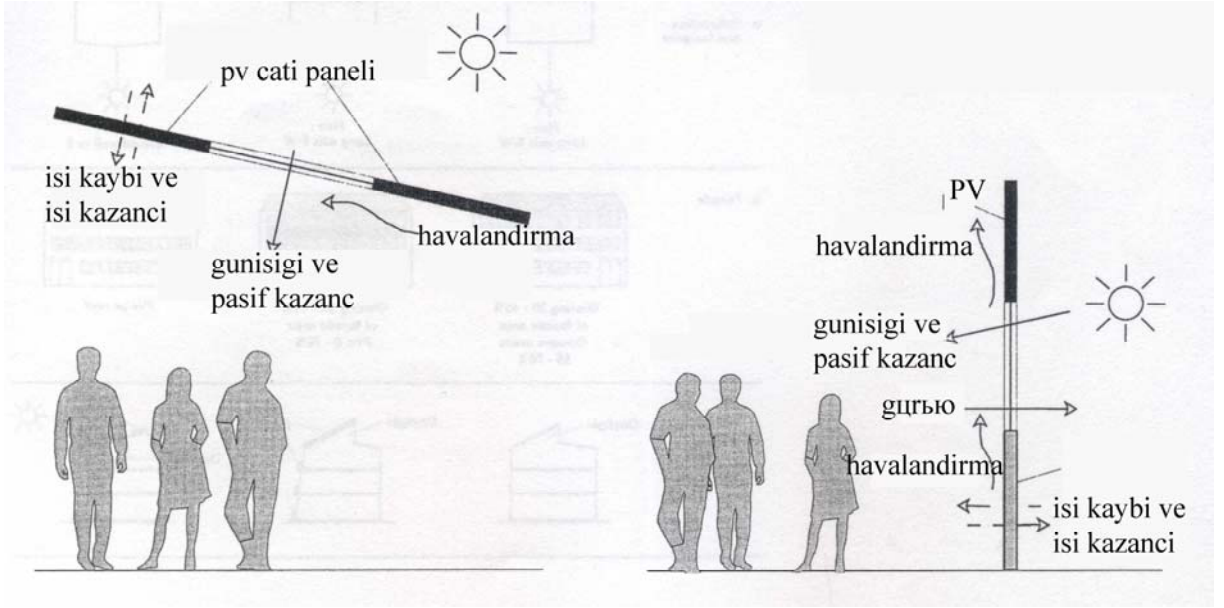
Periyodik tablonun ikinci grubunda bulunan kadmiyum elementinin ve altıncı grubunda bulunan tellür elementinin bir araya gelmesi ile oluşan II-IV bileşik yarı-iletkeni kadmiyum tellürün oda sıcaklığında enerji aralığı maksimum güneş-elektrik dönüşümü elde etmek için idealdir. Yüksek soğurma katsayısı yanında, ince film büyütme teknolojilerinin bir çoğu ile kolayca üretime olanak sağlaması, CaTe'ün güneş pili yapımında tercih edilme sebebidir. (4) Çok kristalli yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir [6].

### 3.2.3.3 Bakır İndiyum Diselenid Güneş Pilleri

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı grubundan elementlerin üçünün ya da daha fazlasının bir araya gelmesiyle oluşan bu bileşik yarı iletkenlerin soğurma katsayıları oldukça yüksektir. Bu tür ince film güneş pillerine Ga elementinin katılmasıyla daha yüksek verimlilikler elde edilmektedir. CdTe güneş pillerine en büyük rakip olarak görülmektedir. (4) Bu çok kristalli pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir [6].

### 3.3 Bina-Pv Entegrasyonu ve Tasarım Kriterleri

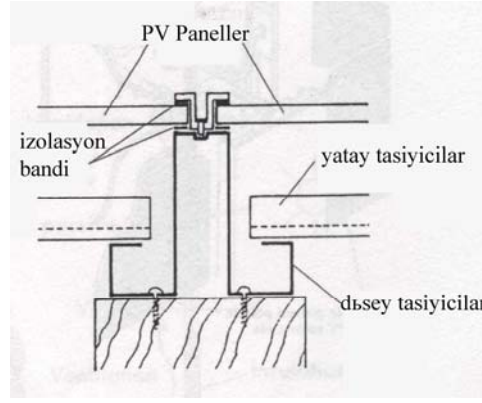
Bina dış kabuk yüzeyi alıcı bir yüzey olarak kabul edildiği zaman eğim açısı farklı olan çeşitli yüzeyler çıkmaktadır. Genel bir sınıflandırma yapılacak olursa bina kabuğunda 2 alıcı yüzey bulunmaktadır: Cepheler ve çatılar. Bina cephesinde, fotovoltaik paneller cephe kaplama elemanı olarak kullanılabilir gibi, gölgeleme elemanı olarak da kullanılabilir. Çatı yüzeylerinin kullanımı eğim avantajı sağlamaktadır. Binaya sonradan fotovoltaik panel eklemesi yapılacaksa da çatılar uygun yerlerdir.



Şekil 3. 6 Çatı ve cephede kullanılan PV panellerin karşılaştırılması (Thomas, 2001)

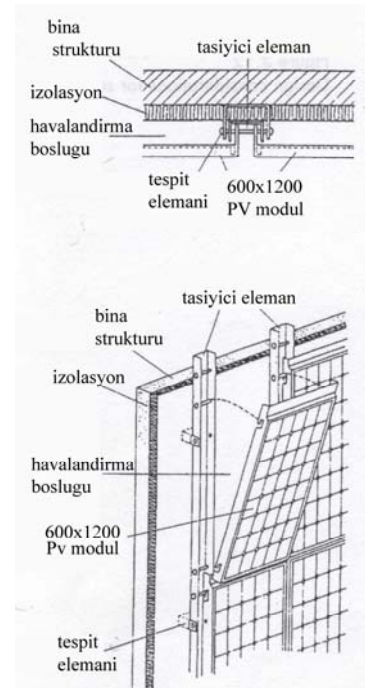
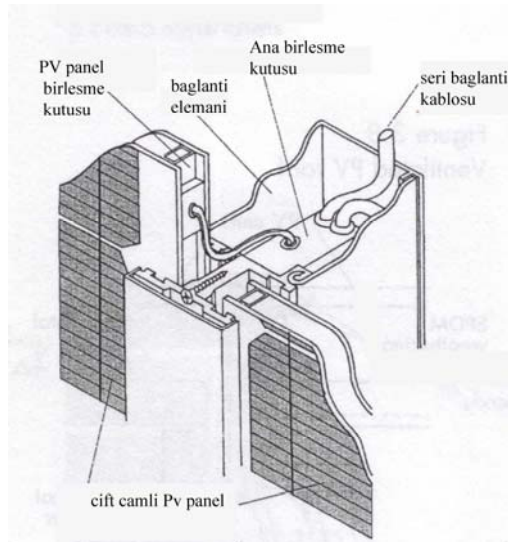
Fotovoltaik panellerin çatılarda kullanımında, paneller üzerinde hem gölge olmaması ve hem de eğimi nedeniyle verimi cepheye göre daha fazladır. Ayrıca panellerin çatıya uygulanması, cepheye uygulanmasından daha kolaydır. PV paneller, çatı kaplamasının aralarında kullanılabileceği gibi, kaplama olarak sadece PV panellerde kullanılabilir. Bu uygulama çatı strüktürü ile panel arasında havalandırma boşluğu bırakılmasına olanak sağlamaktadır. (Şekil) Aynı şekilde, şet çatı uygulamalarında da, güneşe bakan tarafta PV panel uygulanmakta, kuzeye bakan tarafta ise açılan pencerelerle doğal havalandırma sağlanmaktadır (Canan, 2003).





Şekil 3. 7 Çatı da PV kullanımı (Canan, 2003)

Fotovoltaik paneller, kolaylıkla varolan giydirme cephe sistemiyle bütünleşmektedir. Uygulamasında, transparan kaplı paneller ile bina arasında boşluk bırakılması, drenaj ve havalandırma sağlamaktadır. Ayrıca, bina için gerekli kablo geçişleri de bu boşluktan sağlanmaktadır. (Şekil) Perde duvar sistemi ise, şehir merkezlerinde pek çok prestij binasında uygulanmaktadır. Binalarda, dışarının görüldüğü yerlerde çift cam kullanılmakta, perde duvarın geldiği yerlerde ise PV modüller bu yüzeye kolayca uygulanmaktadır. Böylece hem perde duvarlar değerlendirilmekte hem de binaya enerji sağlanmaktadır. (Şekil 3.8)



Şekil 3. 8 Cepheye PV uygulama detayları (Thomas, 2001)

Çizelge 3. 3 Çatıda PV Kullanımı

<b>ÇATI PV SİSTEMLERİ</b>		
<b>PV'lerin pozisyonu</b>	<b>Sistem</b>	<b>Özellikleri</b>
1.Eğimli çatılar	a.PV çatı panelleri	PV sistemi ile çatı strüktürü birleşir
2.Şet çatılar	a.PV paneller	Gün ışığına izin veren sistem
3.Kavisli çatı	a.Opak PV, metal ya da sentetik alt tabaka, ya da çatı rijit modüllerle düzenlenebilir	Esnek tasarım imkanları sağlar
4.Atrium	PV çatı panelleri	Opak ve yarı transparan PV lerle günışığı sağlanır.

Çizelge 3. 4 Cephede PV Kullanımı

<b>CEPHE PV SİSTEMLERİ</b>		
<b>PV'lerin pozisyonu</b>	<b>Sistem</b>	<b>Özellikleri</b>
1. Düşey duvarlar	Perde duvar	Standart, ekonomik. Opak ve yarı-transparan PV'ler kullanılabilir.
2. Düşey Duvarlar	Giydirme Cephe sistemi	Bina ile Pv arasındaki boşluktan hem havalandırma sağlanır, hem de kabloların geçişleri sağlanır.
3. Düşey Duvarlar Eğimli PV'ler	Cam ya da giydirme sistem	PV'lerin verimi yüksek. Pencerele gölge sağlıyor.
4. Eğimli duvarlar	Cam	Mimari görünüm zenginliği sağlıyor. Bina kat alanı kullanımında az verim sağlıyor.
5. Sabit Gölgeleme elemanı	Cam	Mimari estetik sağlıyor.Gün ışığı girişi az
6. Hareketli Gölgeleme Elemanı	Cam	Tüm sistemlerle beraber kullanmak mümkün. Gün ışığı girişi sabit gölgeleme elemanlarına göre daha fazla

Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de PV panellerin çeşitli çatı ve cephe türlerinde uygulama sistemleri ve bu uygulamaya bağlı özellikler gösterilmiştir. Çizelgelerde de görüldüğü gibi

Fotovoltaik modüller hem çatıda hem de cephede tasarımcıya esnek tasarım imkanları sunmaktadır

Tasarım aşamasında, fotovoltaik panellerinde, diğer yapı elemanları gibi binanın bir parçası olması durumunda entegrasyondan söz edilebilir. İlk fotovoltaik modüller, var olan binalara monte edilmekteydi. Bu da çok estetik olmayan görünümlere yol açıyordu. Oysa tasarım aşamasında binaya entegrasyonu düşünülürse, görsel olarak estetik bir malzemedir. Günümüzde, fotovoltaik modüller tasarım sürecinde bir tasarım girdisi olarak değerlendirilmektedir. Böylece, mimari kendine özgü bir görünüm kazanmakta ve çevreci olmaktadır.

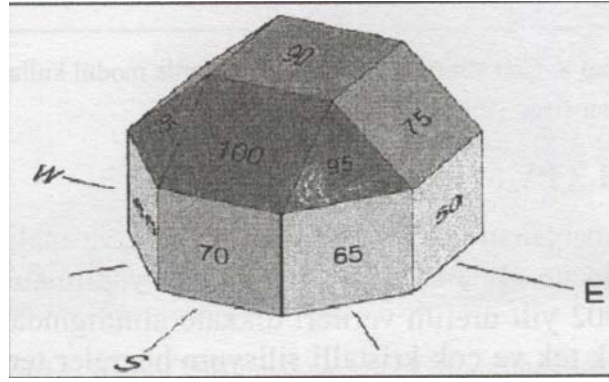
Tasarım kriterleri coğrafi konum, PV yüzeyin yönü ve açısı ve kullanılan PV'nin özellikleridir.

### **3.3.1 Coğrafi Konum**

Fotovoltaik sistem, güneşten yararlanma esasına dayandığı için güneş verileri çok önemlidir. PV uygulamanın yapılacağı yerin, yıllık güneş alma süresi ve şiddetinin etüt edilmesi gerekmektedir. Bulunan değerlere göre tasarım hesaplamaları yapılmaktadır. Fotovoltaik panellerin, veriminin yüksek olması için, yan binaların panel üzerine gölge atmamaları ve uygun açının bulunması için gölge boyları mevsimlere göre etüt edilmelidir.

### **3.3.2 Yüzeyin Yönü ve Açısı**

Fotovoltaik panelin eğim açısı güneş ışığının dik veya dike yakın gelmesini sağlamalıdır. Kuzey yarımkürede, güney, güney-doğu ve güney-batı PV uygulamaları için uygun yönlerdir. Yüksek verim sağlamak için, güneşin panellere geliş açıları etüt edilerek cephelere eğim verilmektedir. Şekilde, 45 derece kuzey enleminde, yön ve eğimine göre güneş enerjisi elde etme yüzdeleri gösterilmiştir. Diğer yüzeylerle karşılaştırıldığında, en uygun seçim güneye bakan ve eğimli olan yüzeydir (Canan, 2003).

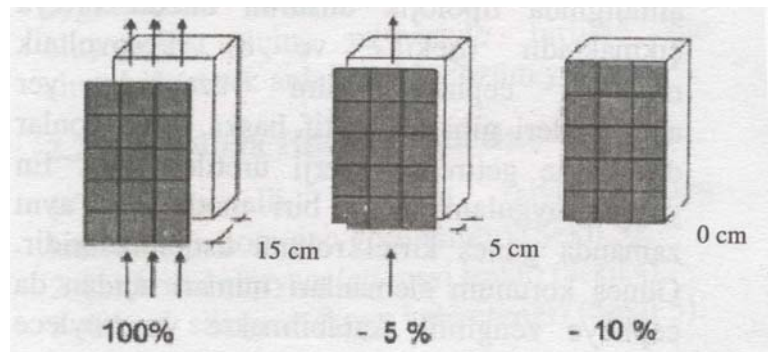


Şekil 3. 9 Yön ve eğime göre güneş enerjisi elde etme yüzdeleri (Canan, 2003).









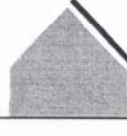
### 3.3.3 PV Modülün Özelliği

İstenilen enerji düzeyine göre modül seçimi yapılmalıdır. Gerekli olan yük değerine göre, örgülerde yer alacak modül sayısı, bağlantı şekilleri (seri veya paralel) bulunur ve bu değere göre, akü sayısı hesaplanır. Kablo bağlantıları, devre kesiciler, sigortalar, topraklama ekipmanları seçilir. Sistemin tek başına veya destekli kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir. Bu sistemler, rüzgar milleri, mikro-hidro jeneratörler veya normal jeneratörlerle destekli olacak şekilde de dizayn edilebilirler. Ayrıca şebeke sistemine de bağlanarak mevcut sistemle birlikte çalışabilirler. (Çıtıroğlu, 2000)

Günümüzde en çok tercih edilen güneş pilleri, tek ve çok kristalli silisyum hücrelerdir. Aynı gücü elde etmek için, 1 m<sup>2</sup> tek kristalli hücre, 1.2 m<sup>2</sup> çok kristalli hücre ve 2.5 m<sup>2</sup> amorf hücre gerekmektedir. PV modüllerin verimliliği ortam sıcaklığından da etkilendiği için, paneller aşırı ısınmadan korunmalı ve havalandırma sağlanmalıdır. Panellerle bina arasında bırakılan havalandırma boşluğa göre panelin verimde farklılıklar olacaktır (Canan, 2003).



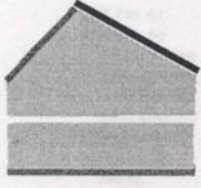
Şekil 3. 10 Havalandırmaya bağlı enerji verimi değişimi

Pozisyonu	ince film PV'ler			Tek kristalli PV'ler		
						
<b>1.Dusey duvar</b> 	2.00	2.15	2.13	3.50	3.75	3.72
<b>2.Cati 30 derece</b> 	2.96	3.09	3.08	5.18	5.41	5.38
<b>3.Cati 45 derece</b> 	2.86	3.03	3.01	5.00	5.30	5.26

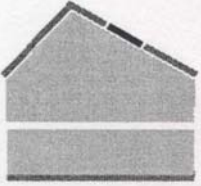
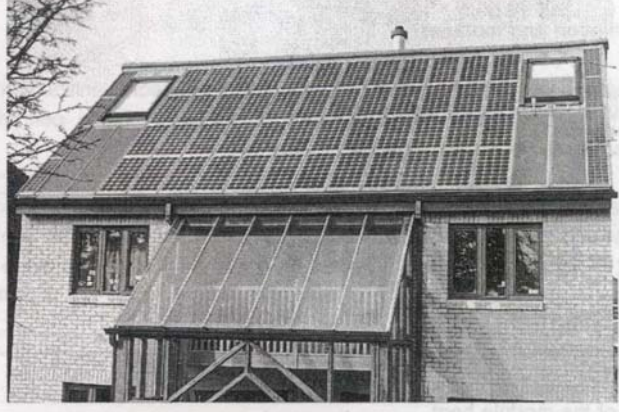
Şekil 3. 11 PV modüller verim tablosu (Thomas, 2001)

Şekil 3.11'de Londra verilerine göre çatı ve cephede değişik pozisyon ve açılarda yerleştirilmiş PV modüllerin kullanılan yönlere göre verimleri verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, tek kristalli PV modüllerin her durumda verimleri ince film modüllere göre daha fazladır. Hem İnce film modüllerde hem de tek kristalli modüllerde en yüksek verim modüllerin güneyde 30° açı ile yerleştirildiği sistemlerde alınmıştır. En düşük verim ise güneş ışığını dik göremediği için düşey duvara yerleştirilen sistemlerde olmuştur.

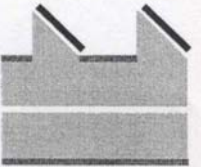
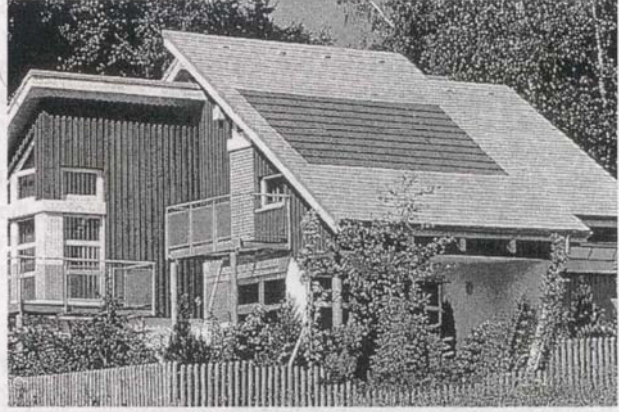
Şekil 3.12'de fotovoltaik modüllerin bina kabuğunda kullanım yerleri ve bu kullanımlara ait uygulanmış örnekler gösterilmiştir.



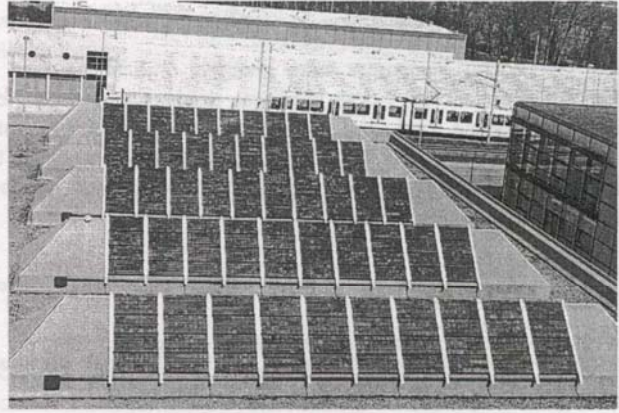
1.Eğimli çatılarda  
kullanımı



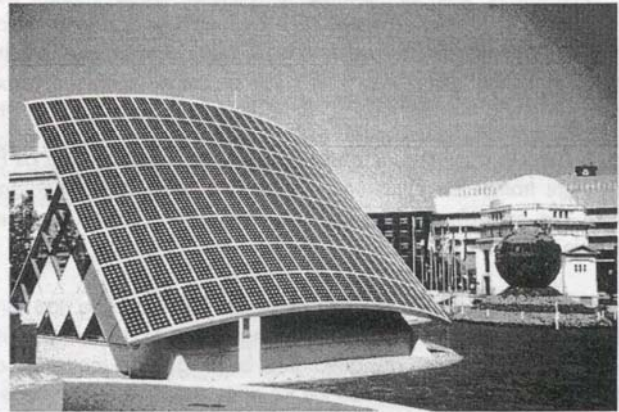
2.Çatı kaplaması ile  
beraber kullanımı

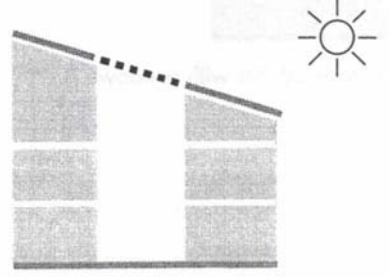
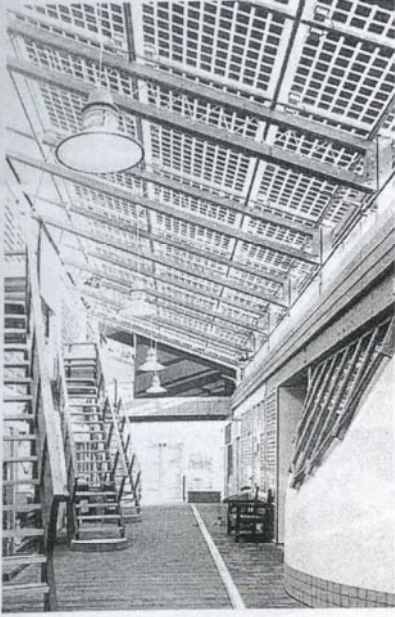


3.Şed çatıda  
kullanımı

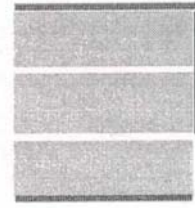


4.Dairesel çatılarda  
kullanımı

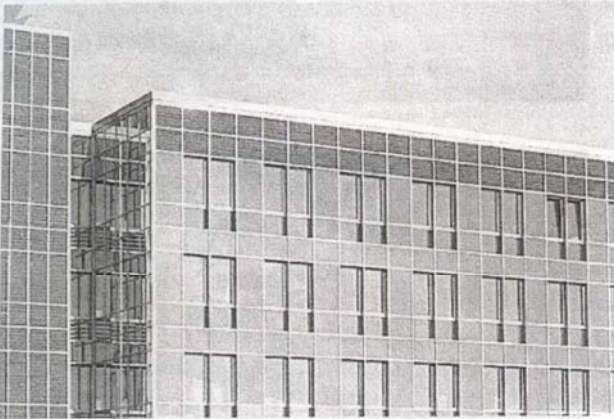




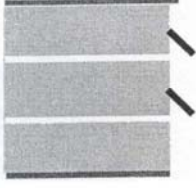
5.Galeri boşluğunda  
kullanımı



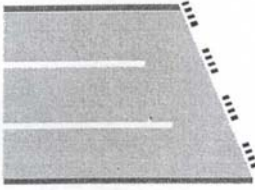
6.Cephede düşey  
kullanımı



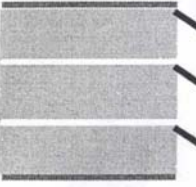
7.Cephede pencerelerle  
kullanımı



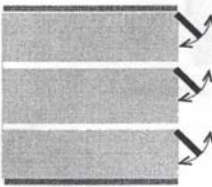
8.Pencerlerle eğimli kullanımı



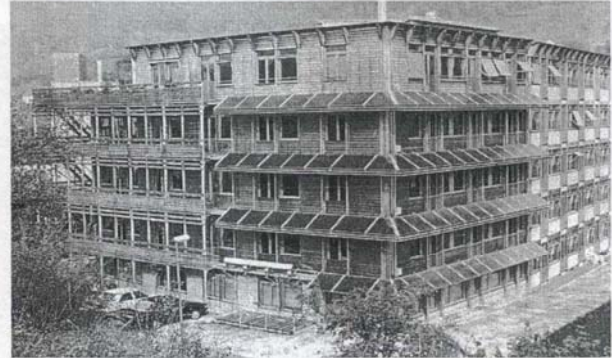
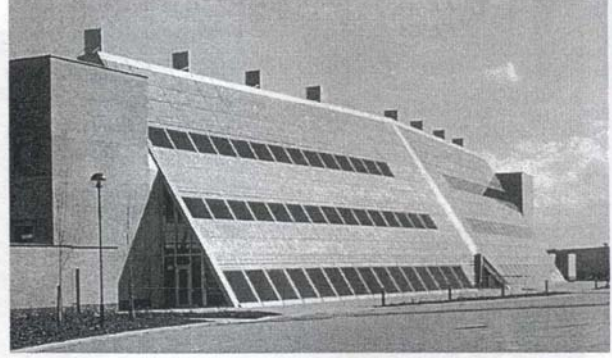
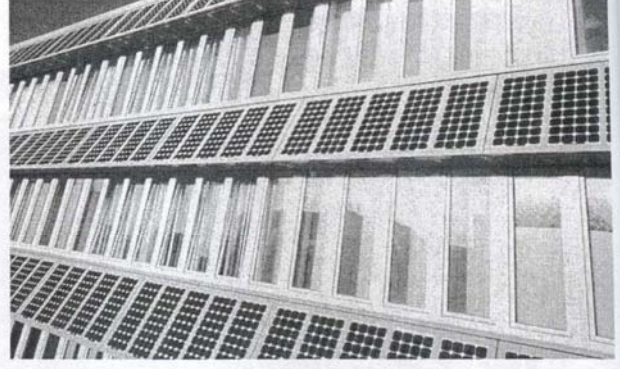
9.Eğimli cephede pencerelerle kullanımı



10.Sabit gölgelik olarak kullanımı



11.Hareketli gölgelik olarak kullanımı



Şekil 3. 12 Binalarda PV Kullanımı (Thomas, 2001)



#### 4. BİNA KABUĞUNDA FOTOVOLTAİK PANELLERİN KULLANILDIĞI YURTDIŞI ÖRNEKLER

Binalarda fotovoltaik panel kullanımı enerji bilincine ulaşmış toplumlarda gün geçtikçe artmaktadır. Bu uygulamalarla hem binanın elektrik gereksiniminin bir bölümü karşılanırken hem de çevre bilincini artırılması hedeflenmektedir. Tüm dünyada büyük şirket binalarında ve kamu binalarında pahalı malzemelerden üretilmiş dikkat çeken bina cephesi uygulamaları yaygındır. Yurtdışında birçok kuruluş yeni binalarında ve yenilenmeyi düşündüğü mevcut binalarında, pahalı cephe kaplama malzemeleri yerine maliyeti yakın olduğu için fotovoltaik hücrelerden oluşan akıllı cephe uygulamalarını tercih etmektedirler.

Gelişmiş ülkeler, sürdürülebilir kalkınma planları kapsamında enerji korunumu politikaları kapsamında fotovoltaik panellere bir fon oluşturmaktadırlar. Örneğin, ABD hükümeti, fotovoltaik araştırmalarına 3 milyar dolar fon ayırmıştır. Böylece, binalarda cephe ve çatılara yerleştirilen fotovoltaik sistemlerin yaygın olarak kullanımı hedeflenmektedir. Amerika’da bu tür uygulamalar 1980 yılında Amerikan enerji dairesi (DOE) desteğiyle Massachusetts Institute of Technology (MIT) binasında gerçekteştirilmiştir.

Günümüzde fotovoltaik panel uygulamalarının yaygınlaştırılması için 15 ülkede farklı programlar yürütölmektedir. Örneğin teknolojinin gelişimini desteklemek üzere Alman Hükümeti “2000 çatı” projesi kapsamında, 1kW veya daha yüksek kapasiteli birimler için %70 sübvansiyon sağlamaktadır. Hollanda Hükümeti 2010 yılına kadar 100 bin adet, 2020 yılına kadar 500 bin adet güneş enerjili binanın yapımını destekleme kararı almıştır. Yunanistan Enerji Bakanlığı tarafından Girit Adasında yapılacağı açıklanan 50MW gücündeki fotovoltaik santrali tamamlandığında 100 bin kişinin elektrik gereksinimini karşılayacak nitelikte olacaktır. Japonya, 2010 yılına kadar 4600 MW’lık fotovoltaik sistem kurmayı hedeflemektedir [28].

Dünya’da bu gelişmeler yaşanırken, güneşlenme saati oldukça yüksek olan ülkemizde fotovoltaik enerji üzerine yapılan çalışmalar sadece üniversitelerin araştırma laboratuvarlarında kalmaktadır.

Bu bölümde, fotovoltaik panellerin kullanıldığı çeşitli yurtdışı örnekler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yapımı gerçekteştirilen projelerin yanı sıra inşası devam eden projelerde inceleme kapsamına alınmıştır.

İncelenen her binada, işlevi, yeri yapım yılı, mimarı ve bölgenin iklimsel özelliklerinin yer aldığı künye bilgileri verilmektedir. Binalar hakkındaki genel bilgiler, genel özellikler başlığı

altında verilmiştir. Fotovoltaik kullanımı ise, kullanıldığı yer, kullanılan PV'lerin özellikleri ve fotovoltaiklerden sağlanan enerji başlıkları altında Bölüm 3'teki bilgiler paralelinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Fotovoltaiklerin özellikleri, boyutları, gücü, kullanım şekli ile mimari ile entegrasyonu konularını içermektedir.

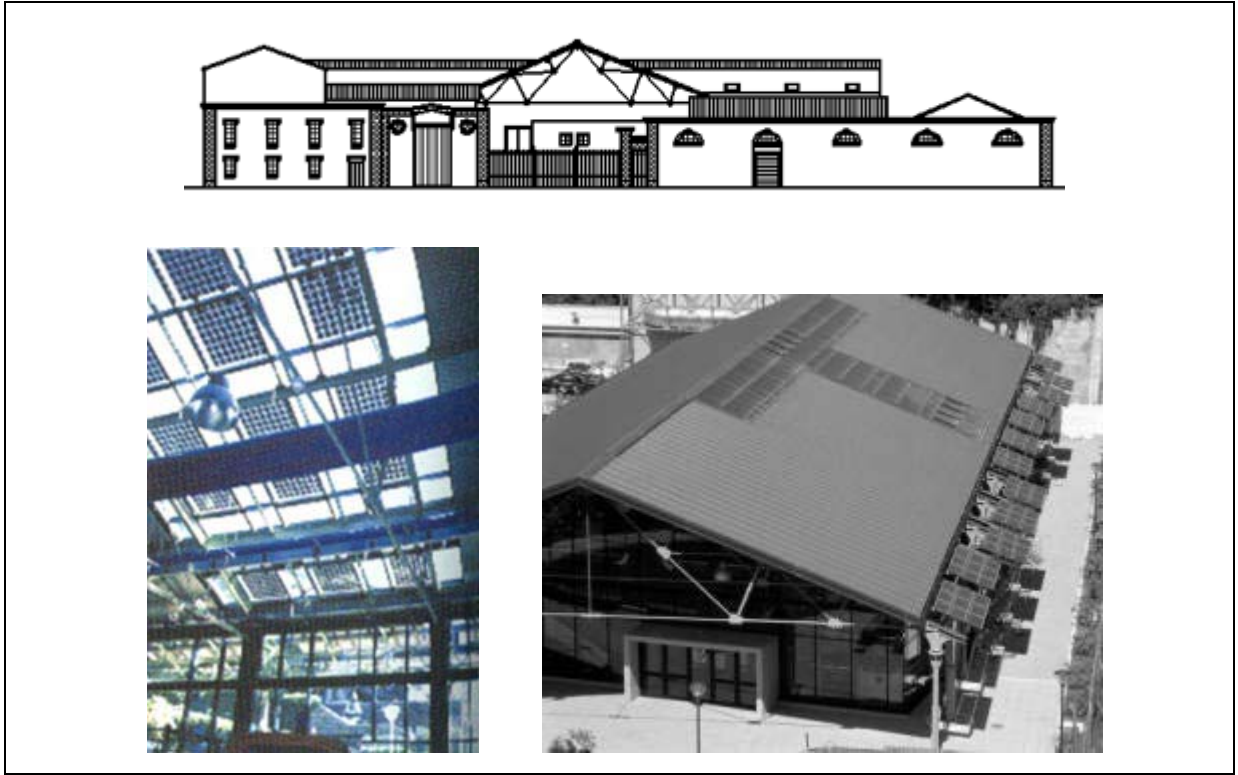
Fotovoltaik panellerin kullanımı kapsamında incelenen bina ve projelerin listesi aşağıda verilmiştir:

1. Roma Çocuk Müzesi
2. Dortoect'te 22 Ev Projesi
3. 4 Times Square
4. Amersfoort'ta Güneş Köyü
5. Bariloche Evi
6. Cambridge Botanik Bahçesi
7. De Kleine Aarde Boxtel Ziyaretçi Merkezi
8. Doxford Ofis Binası
9. Duncan Evi
10. ECN 42 Binası
11. Jubilee Kampüsü
12. KV Kugnvattinet Projesi
13. Langedjik HAL Projesi
14. Leiden'de 5 Ev Projesi
15. Mont-Cenis Akademisi
16. NCC Hammarby Sjöstad
17. Northumberland Binadı
18. Sidney Olimpik Köyü
19. Oxford Eko Evi
20. Parkmount Yerleşimi

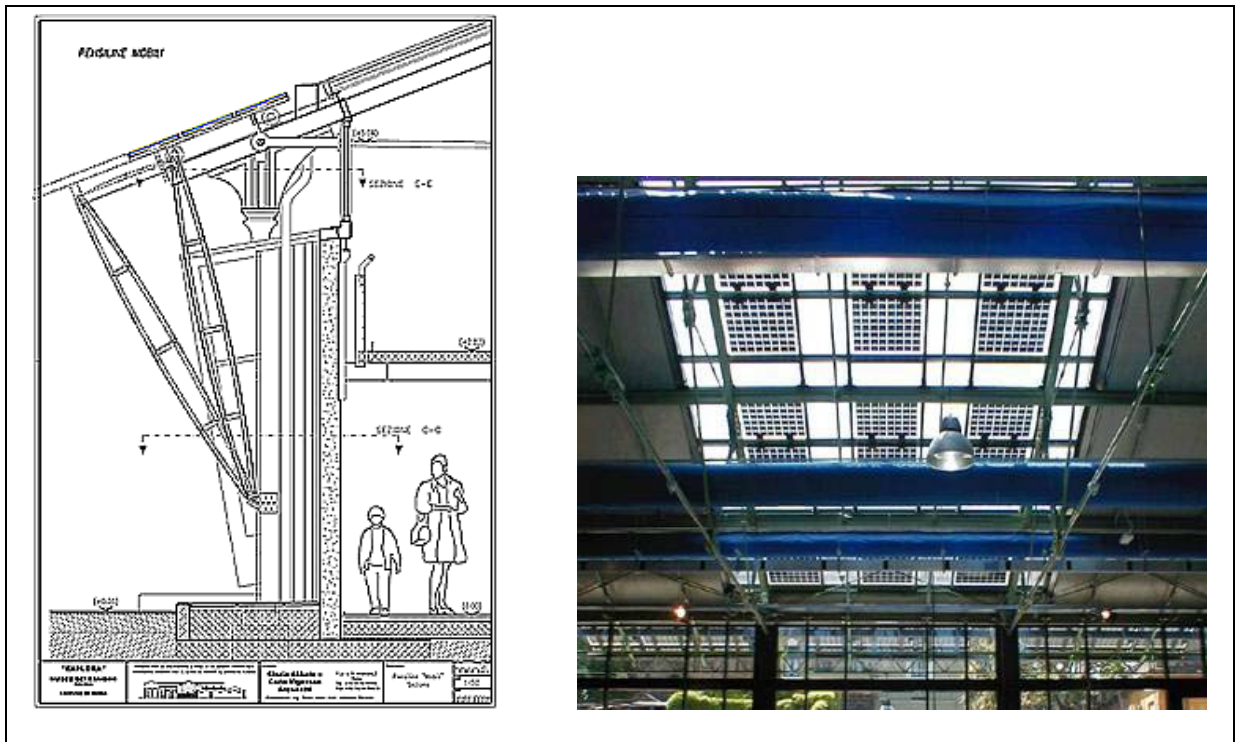
21. Pietarsaari Evi
22. PV Garaj Projesi
23. SBIC Doğu Merkez Ofis Binası
24. Shellharbour İşçi Kulübü
25. Stillwell Caddesi Terminali
26. Vest Agder Tedavi Merkezi
27. Weiss Evi
28. Reichstag Alman Parlamento Binası
29. Tenum Binası
30. Tsukuba Araştırma Merkezi

Çizelge 4. 1 Roma Çocuk Müzesi

<b>1.ROMA ÇOCUK MÜZESİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Müze
	<b>YER</b>	Roma, İtalya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Cinzia Abbate, Carlo Vigevano
	<b>YAPIM YILI</b>	1920'de yapılmış depo binasının yenilemesiyle oluşturulmuştur.
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>1920'de Fransız mühendis Polenceau'nun bir patent strüktürü kullanılarak çelik ve dövme'den inşa edilmiştir. Toplam 2500 m<sup>2</sup> bina alanının 1500 m<sup>2</sup>'si sergi alanıdır. Yeşil dış alanlar ise 25000m<sup>2</sup>'dir.</p> <p>Konsepti çevreye saygı üzerine dayanıyor, bu nedenle inşaatta kullanılan bütün malzemeler ya geri kazanılmış ya da geri-dönüştürülebilir ve toksik olmayan malzemelerdir (Altın, 2003).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada fotovoltaik modüller, çatıda (iki cam tabaka arasında ve saydam bir tasarımla oluşturulmuş şekilde) , sabit gölgeleme elemanı olarak ve hareketli gölgeleme elemanı olarak kullanılmıştır.</p> <p>7 kW'lık fotovoltaik sundurma sistemi, güney cephesini gölgeleyen sabit ve hareketli 108 standart modülden oluşmaktadır. Bu modüllerin her biri 555x1215 mm boyutlarındadır. Standart cam ve PVF (polivinyl fluoride) filminden oluşmaktadır. 76m<sup>2</sup>'lik alanı örtmektedir. 8.2kW lık fotovoltaik sistemi ise özel olarak tasarlanmış ışığı geçiren fotovoltaik modüllerden oluşmaktadır ve eski çatı örtüsünün yerine yerleştirilmiştir. Bu modüller 72 adet ve her biri 1145mmx1145mm boyutlarındadır. Toplam yüzey alanı 142 m<sup>2</sup> dir (Altın, 2003).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 18.000kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 1 Roma çocuk müzesi ve Pv'lerin içten görünüşü [12]



Şekil 4. 2 Kanopilere Pv'nin uygulama detayı ve içten görünüşü [13]

## Çizelge 4. 2 Dordrecht'te 22 Ev

<b>2. DORTRECHT'TE 22 EV</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Dordrecht, Hollanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman; deniz iklimi, yazlar serin ve kışlar ılıman geçer
	<b>MİMAR</b>	GSS Gebaüde
	<b>YAPIM YILI</b>	1996
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Evler ana yola çok yakın bir yerde konumlanmaktadır. Bu nedenle gürültünün çok fazla olacağı yol cephesinde giriş kapısından başka açıklık bulunmamaktadır. Güney ve batı cephelerinde büyük pencereler ve cam kapılar gibi büyük açıklıklara yer verilmiştir. Yazın oluşacak aşırı ısınmayı önlemek amacıyla, gölgeleme elemanlarına ihtiyaç duyulmuştur. Gölgeleme elemanlarının bir bölümü sabit bir bölümü hareketlidir. Dordrecht Belediye'si de projeyi desteklemekte ve yeni yapılan evlerin çevreye uyumunu denetlemek için bir kontrol listesi kullanmaktadır. Geri dönüşümlü malzeme kullanılan çevre ve enerji bilinçli evler gelecekte Hollanda'nın standart evleri olacaktır [14].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>  	<p>Yaşama mekanı cephesinde kullanılan gölgeleme elemanlarının bir bölümü fotovoltaik panellerle oluşturulmuştur.</p> <p>Fotovoltaik modüllerin gölgeleme elemanı olarak kullanılması ve böylelikle birçok birleştirme alternatifinin olması binalara farklı kullanım olanakları sunarak değişik cephe alternatiflerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.</p> <p>Evlerde, 1.030W'lık fotovoltaik modüller ızgara şeklinde kullanılmıştır.</p> <p>Pv'leri bu kullanımı Pv modüllerle oluşturulacak ev tasarımları için yol gösterici olmuştur. [14].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 22.600 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 3 Evlerin genel görünüşü [14].



Şekil 4. 4 Kesit ve PV' lerin görünüşü [14].

Çizelge 4.3 4 Times Square

<b>3 4 TIMES SQUARE</b>	
	<p><b>İŞLEV</b></p> <p>Ofis Binası</p>
	<p><b>YER</b></p> <p>Newyork, ABD</p>
	<p><b>İKLİM BÖLGESİ</b></p> <p>Kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve nemli geçer</p>
	<p><b>MİMAR</b></p> <p>Fox&amp;Fowle Architects</p>
	<p><b>YAPIM YILI</b></p> <p>1996</p>
<p><b>GENEL ÖZELLİKLER</b></p>	<p>Broadway Caddesi ile 42. Sokağın köşesinde yer alan 48 katlı gökdelen Newyork'un 1990'larda yapılmış en büyük binasıdır. Yapılan yüksek kalitedeki binaların çevresel standardını arttırmak için, enerji korunumlu binalar yapılmıştır.</p> <p>Amerika'nın ilk büyük fotovoltaik uygulaması olan 4 Times Square, dünyanın en büyük 79. binasıdır. Binanın sahipleri Douglas ve Jody Durs, binanın çatısına tv istasyonu için bir anten yerleştirmişlerdir. Binada iki tane yönlenme vardır. Broadway'e bakan tarafı Times Square karakterini almış aktif, dinamik ve çevreye uyumludur. 42. Sokak'a bakan tarafı ise Manhattan'ın iş topluluğunun ılımlı karakterini yansıtmaktadır.</p> <p>4 Times Square, Pv sistemlerin ekonomik uygulamalarının yalnızca uzaktan kumandalı kamera ve telekominikasyonda olduğu geleneğini yıkmıştır [15].</p>
<p><b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b></p>	<p>Binada fotovoltaik modüller cephede kullanılmıştır.</p> <p>Tasarımcılar, fotovoltaik yüzey için en uygun alanın 37. ve 43. katlar arasında güney ve doğu cephelerinin olduğunu saptamışlardır. Bu yükseklikte, en yüksek binalar bile kısa gölgeler atar ve böylelikle güneşten yararlanma maksimum düzeyde olur. Binada 15 kW'lık amorf silikon ince film modüller kullanılmıştır. Toplam 3000 feet<sup>2</sup> Pv modüller güney ve doğu cephelerinde 37. ve 42. katlar arasında kullanılmıştır. 150.83 cm x 92.86 cm, 74.30 cm x 92.86 cm, 150.83 cm x 72.72 cm, 74.30 cm x 72.72 cm olmak üzere 4 farklı boyutta toplam 288 modül kullanılmıştır [15].</p>
<p><b>ENERJİ KAZANIMI</b></p>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 690.000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>




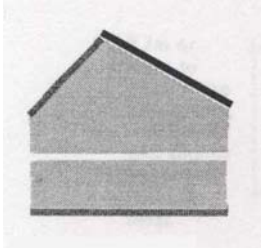


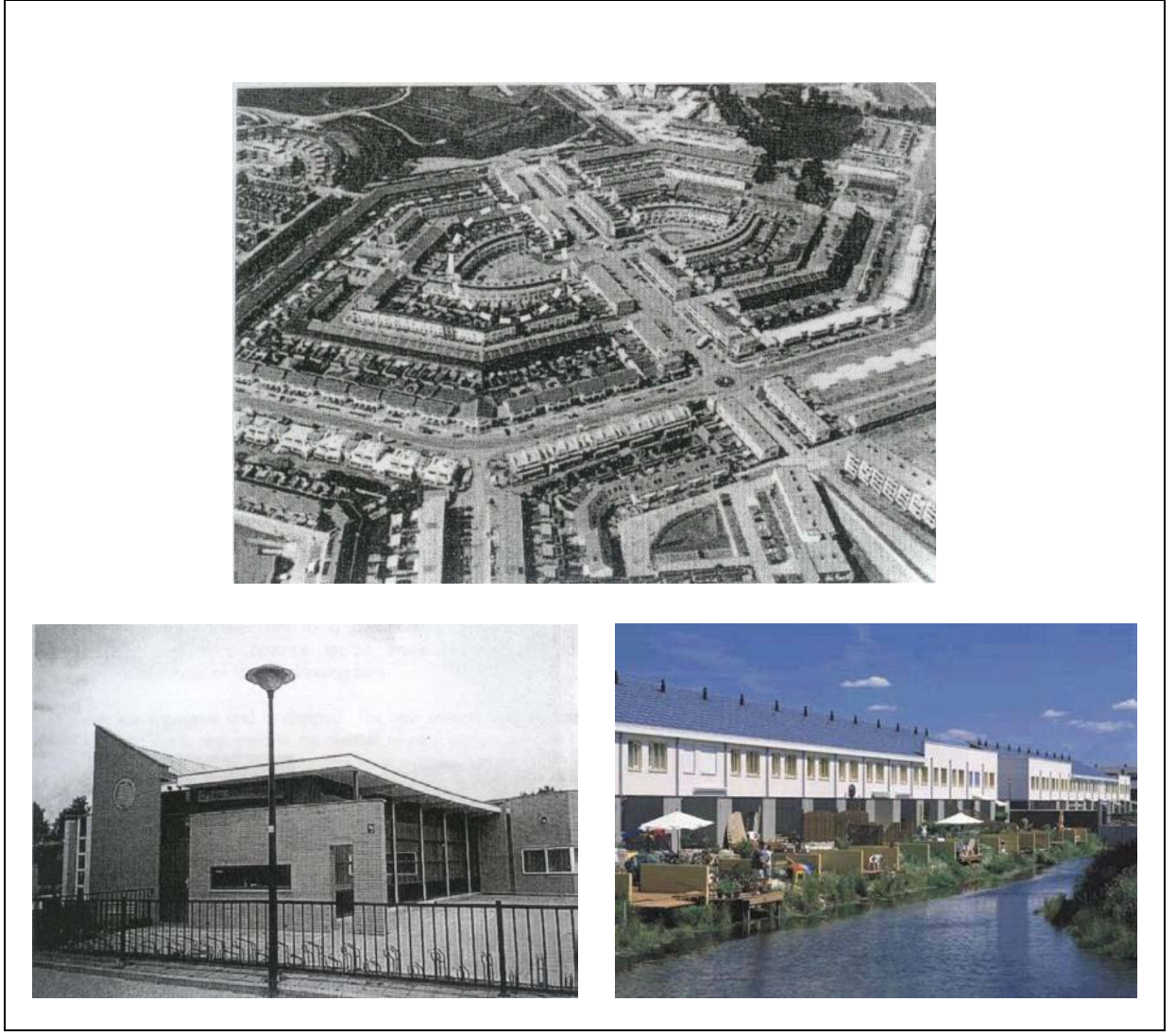
Şekil 4. 5 Genel görünüş ve kesitler [15]



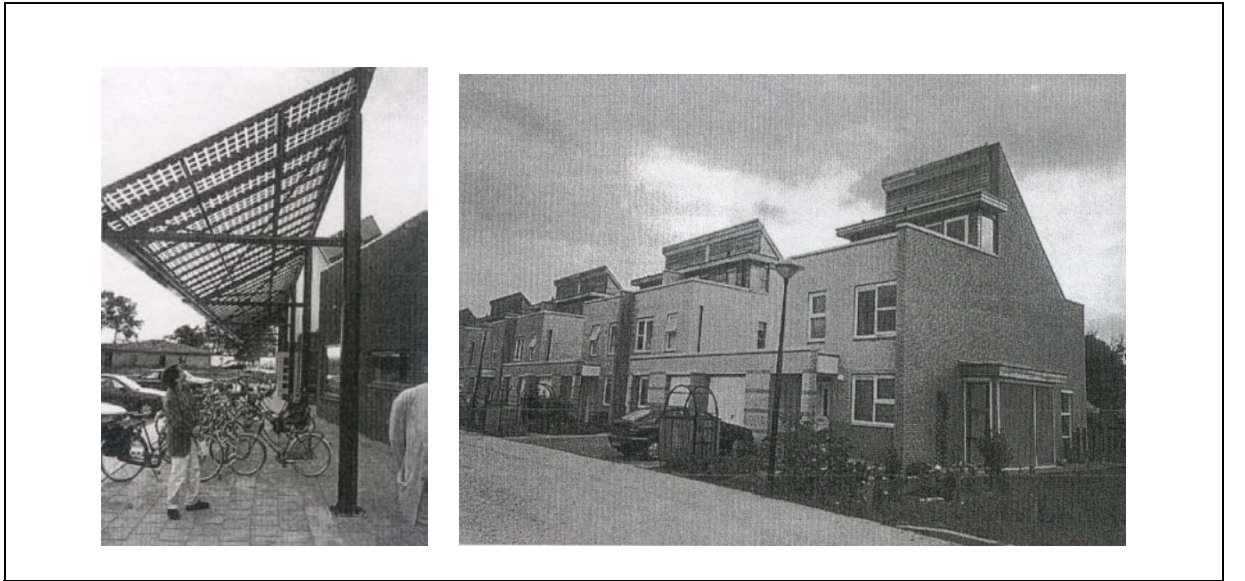
Şekil 4. 6 Cephede Pv uygulaması [15]

Çizelge 4. 4 Amersfoort'ta Güneş Köyü

<b>4. AMERSFOORT'TA GÜNEŞ KÖYÜ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Amersfoort, Hollanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Bill Watts Randall Thomas
	<b>YAPIM YILI</b>	1999
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Hollanda'nın yeni bir gelişme merkezi olan Amersfoort, Amsterdam'a yaklaşık 55 km 'dir. Güneş Köyünde, evler, spor merkezi, ilkokul ve anaokulu yer almaktadır. Tasarımda çok çeşitli mimarların görev alması tasarımda yaratıcılığın artmasına neden olmuştur. Evler pahalıdır ama talep fazladır. PV'lerin maliyetleri bir şirket tarafından karşılanmıştır. Binaların sahipleri ise genellikle genç ailelerdir.</p> <p>Projenin amacı , 1MW fotovoltaik sistemlerin 500 evde şehircilik kapsamında kullanılarak Amersfoort'ta yeni bir yerleşim alanı yaratmaktır. Bu bağlamda, sürdürülebilir, düşük enerjili, resident tarzı ve yenilenebilir enerji kullanımı etkili olmuştur. Alan yılda 14477 saat, günde 4.05 saat güneş almaktadır (Thomas, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>  	<p>Projede, 500 evin çatısında fotovoltaik paneller kullanılmıştır. 160 m<sup>2</sup>'lik çatıların 93 m<sup>2</sup>'sinde fotovoltaik modüller kullanılmıştır. Bu modüllerin çoğu opak, ancak bazıları ışığın geçmesini sağlamak için camdır. Çatının bir bölümü cam ve 14 m<sup>2</sup>'si solar termal panellerden oluşmuştur. Bu panellerden sağlanan enerji, sıcak su ve ısıtma sisteminde kullanılmaktadır.</p> <p>1.323 kW'lık multi-kristal piller 500 evin çatısında kullanılmıştır. Her evde 250 watt'lık merkezi dönüştürücüler kullanılmıştır. Fotovoltaiklerden elde edilen 64 volt doğrusal akım dönüştürücüler ile 230 volt'luk alternatif akıma dönüştürülmektedir (Thomas, 2001).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	Pv'lerden ; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 16 500 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



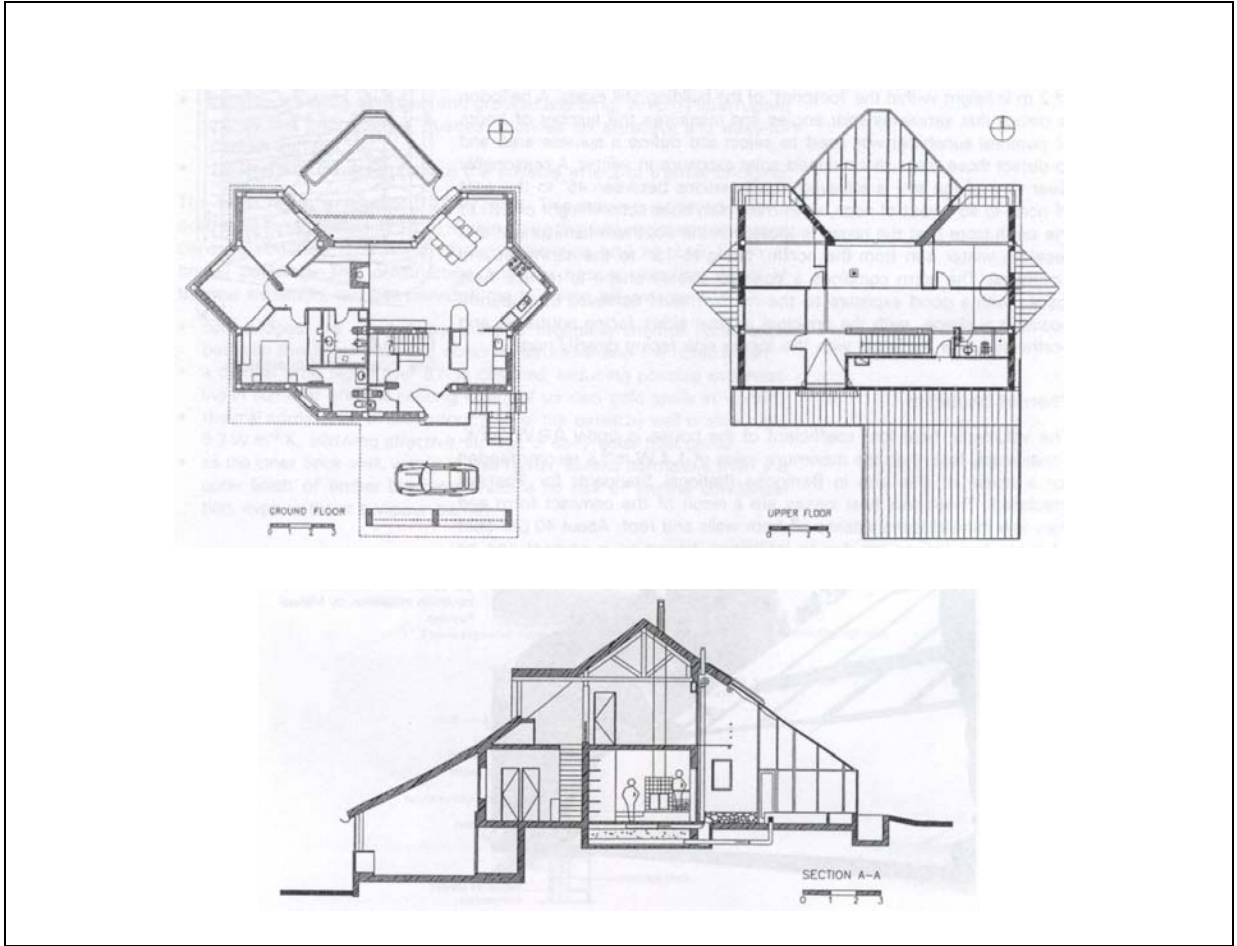
Şekil 4. 7 Güneş köyünün yerleşim planı ve görünüşleri (Thomas, 2001).



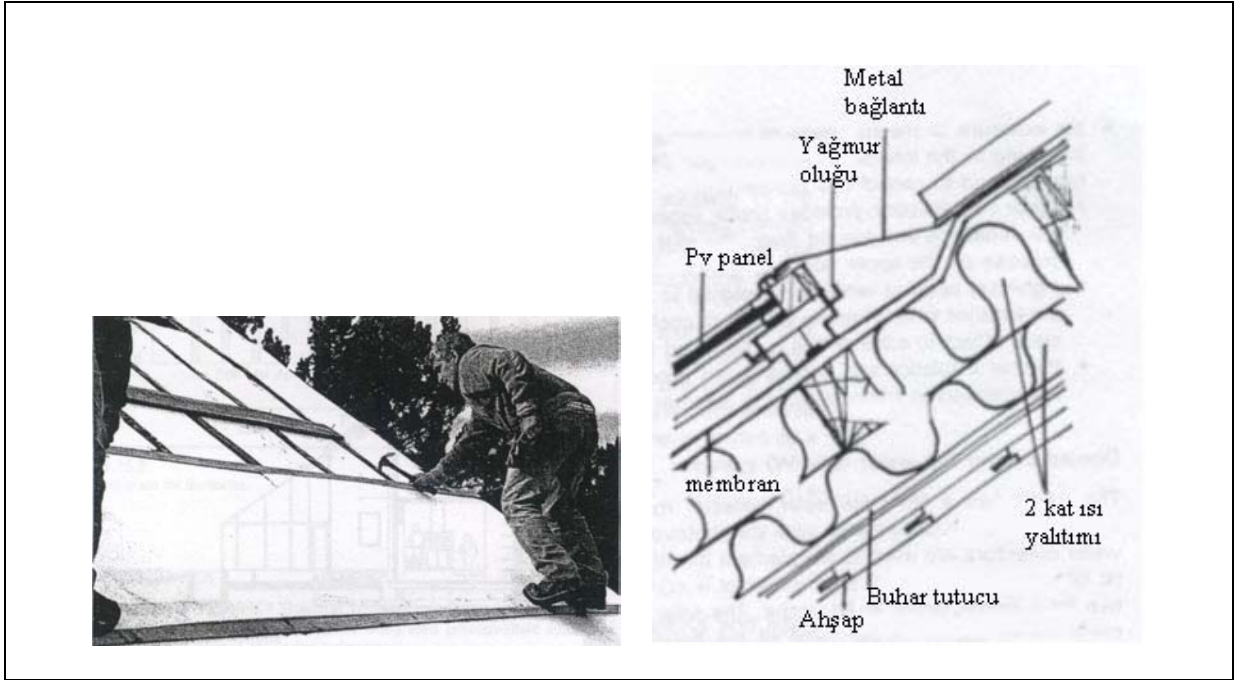
Şekil 4. 8 Amersfoort Güneş Köyü'nde PV kullanımı (Thomas, 2001).

Çizelge 4. 5 Bariloche Evi

<b>5. BARILOCHE EVİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Bariloche, Arjantin
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Soğuk dağ iklimi
	<b>MİMAR</b>	Habitat ve Enerji Araştırma Merkezi
	<b>YAPIM YILI</b>	1998
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Bariloche Evi, Bariloche'nin en önemli turist ve kayak merkezi olan Güneybatı Arjantina'da yer almaktadır. Ev, tepelik ve ağaçlık bir alanda inşa edilmiştir. Şehir merkezinden 18km uzaklıkta yer alan ev, dağlarla çevrelenmiş ve Mahuel Huapi Doğal Parkı manzaralıdır.</p> <p>Toplam 244m<sup>2</sup> alana sahip konut, dört çocuklu bir ailenin rahatlıkla yaşamasına uygun olarak tasarlanmıştır. Ebeveynler için çalışma ve ev ofis imkanı sağlanmıştır. Geniş mutfak-yaşama ve yeme mekanı aile yaşamının geçtiği merkez konumundadır. Ana yatak odası zemin kata yerleştirilmiş, üst katta ise esnek açık alanlar bırakılarak geleneksel forma dönüştürme imkanı sağlanmıştır (Roaf, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada Pv'ler çatıda kullanılmıştır. Ev konumu itibari ile yaklaşık olarak yazın 7.8 saat, kışın ise 1.7 saat güneş almaktadır. Yaz ile kış güneşlenme saatleri arasındaki fark nedeniyle, panel boyutları özel olarak düzenlenerek güneş girdisinin sonbahar ve ilkbahar aylarında maksimum olması sağlanmıştır.</p> <p>Fotovoltaik sistem, 700W'lık elektrik kapasitesinde ince film modüllerden oluşturulmuştur. Fotovoltaik modüller çatının üzerinde alüminyum çerçevelere yerleştirilmiştir.</p> <p>Sistem paralel bağlanmıştır. Doğrusal akımla enerji üretilmektedir. Sistemin verimindeki eksiklikler mevcut bağlantıdan sağlanır. Üretilen enerjinin fazlası ise yerel elektrik şebekesine satılmaktadır (Roaf, 2001).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 16 500 kWh enerji elde edilmektedir (Roaf, 2001).</li> </ul>	



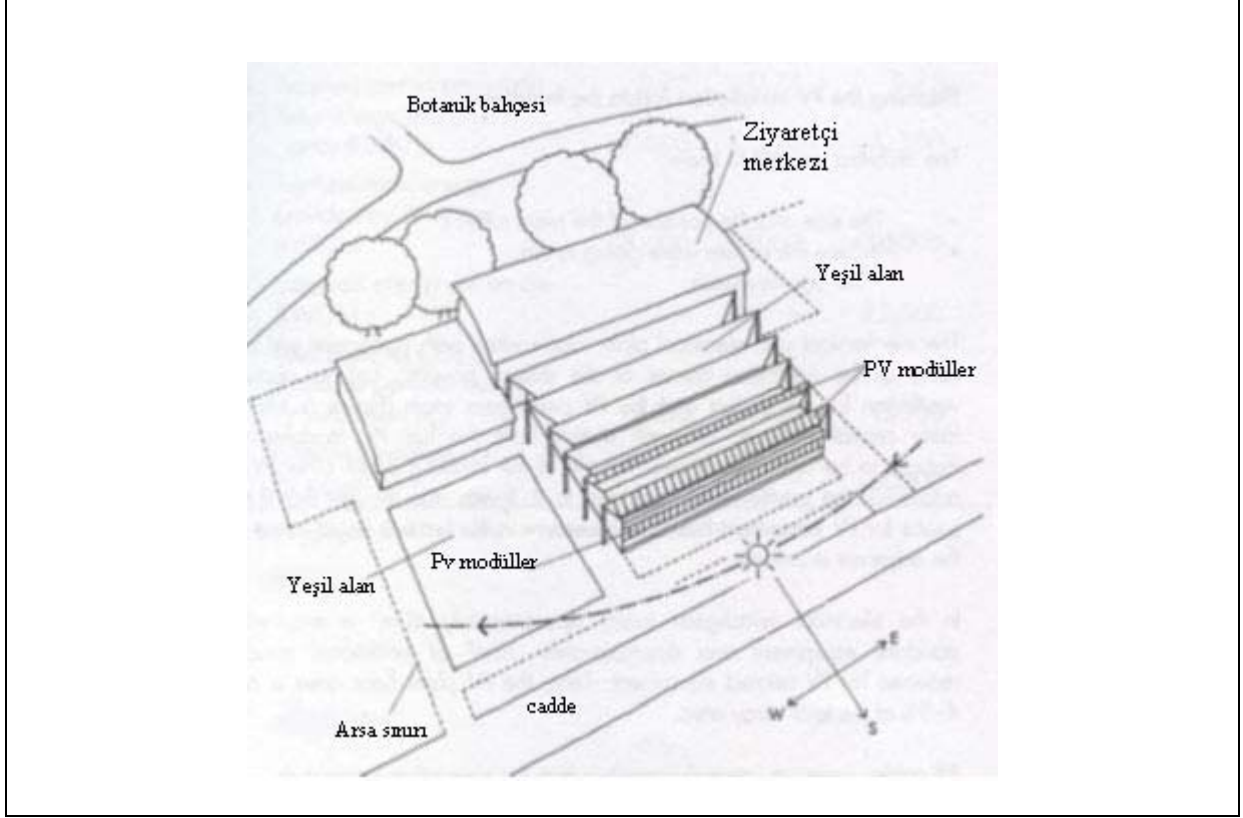
Şekil 4. 9 Bariloche evinin planı ve kesitleri (Roaf, 2001).



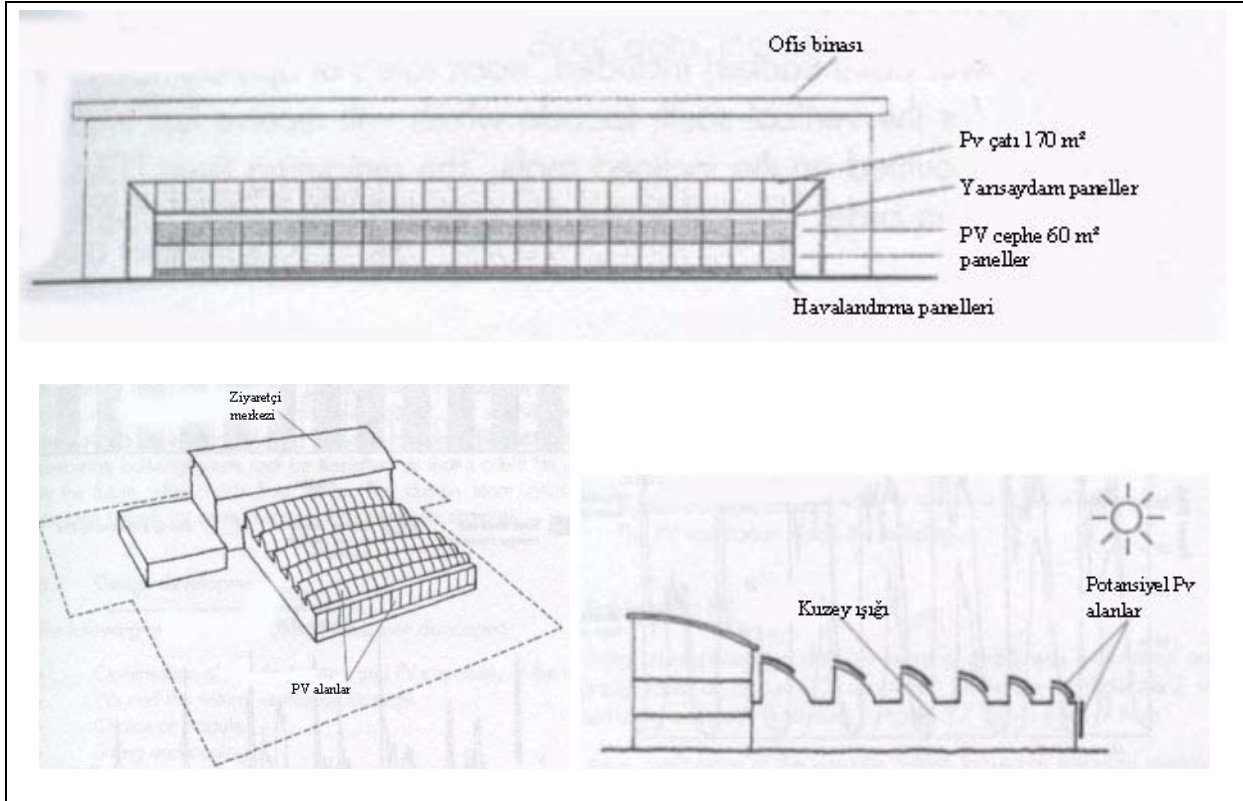
Şekil 4. 10 Pv uygulama detayları (Roaf, 2001).

Çizelge 4. 6 Cambridge Botanik Bahçesi

<b>6. CAMBRIDGE BOTANİK BAHÇESİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Botanik Bahçesi
	<b>YER</b>	Cambridge, İngiltere
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Karasal İklim
	<b>MİMAR</b>	Randall Thomas
	<b>YAPIM YILI</b>	1999
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Tasarımın amacı ziyaretçilere bir merkezde çok çeşitli imkanlar sağlamak ve tüm bu aktiviteleri bir çatı altında toplamaktır. Alan kuzeyde botanik bahçesi ve güneyde Busy Caddesi ile çevrilidir. Bina, 650 m<sup>2</sup> sergi alanı, 1300 m<sup>2</sup> yönetim birimi, 1600m<sup>2</sup> soyunma odaları, wc'ler , ara yollar ve 400m<sup>2</sup> kafe ve bar mekanları olmak üzere toplam 3950 m<sup>2</sup>'dir.</p> <p>Cambridge m<sup>2</sup>'ye yıllık ortalama 981kWh güneş ışığı almakta ve yıllık sıcaklık ortalama 9.6°C, haziran ve ağustosta 15.7°C'ye ulaşmaktadır. Binaların kabuk tasarımı, yönlmesi ve PV'lerin yerleşimini bu verilere göre yapılmıştır (Thomas, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada, çatıda 170m<sup>2</sup>, güney cephesinde 60m<sup>2</sup> olmak üzere toplam 230m<sup>2</sup> PV kullanılmıştır.</p> <p>Çatıda gittikçe artan yükseklikte en öndeki dışın en düşük olduğu sonradan gelen dışlarda eşit pv alanlarının yer aldığı bir sistem kullanılmış.</p> <p>Çatıya yerleştirilen pv'lerin açısı yapılan etütler sonucunda en iyi verimin 45° ile sağlanacağı hesaplanarak bulunmuştur. 16.8kW'lık fotovoltaik paneller kullanılmıştır.</p> <p>PV modüllerin her biri 5 sıra ve ve her sıra 8 modülden oluşmuştur. Modüller birbirlerine bağlanmış ve her sıra sistem voltajını 280V'da kullanmaktadır. PV modüller 05mx0.5mx0.2m boyutlarındadır (Thomas, 2001).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 25 000kWH enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 11 Cambridge Botanik Bahçesinin perspektifi (Thomas, 2001).



Şekil 4. 12 Görünüş ve Pv uygulama alanları (Thomas, 2001).

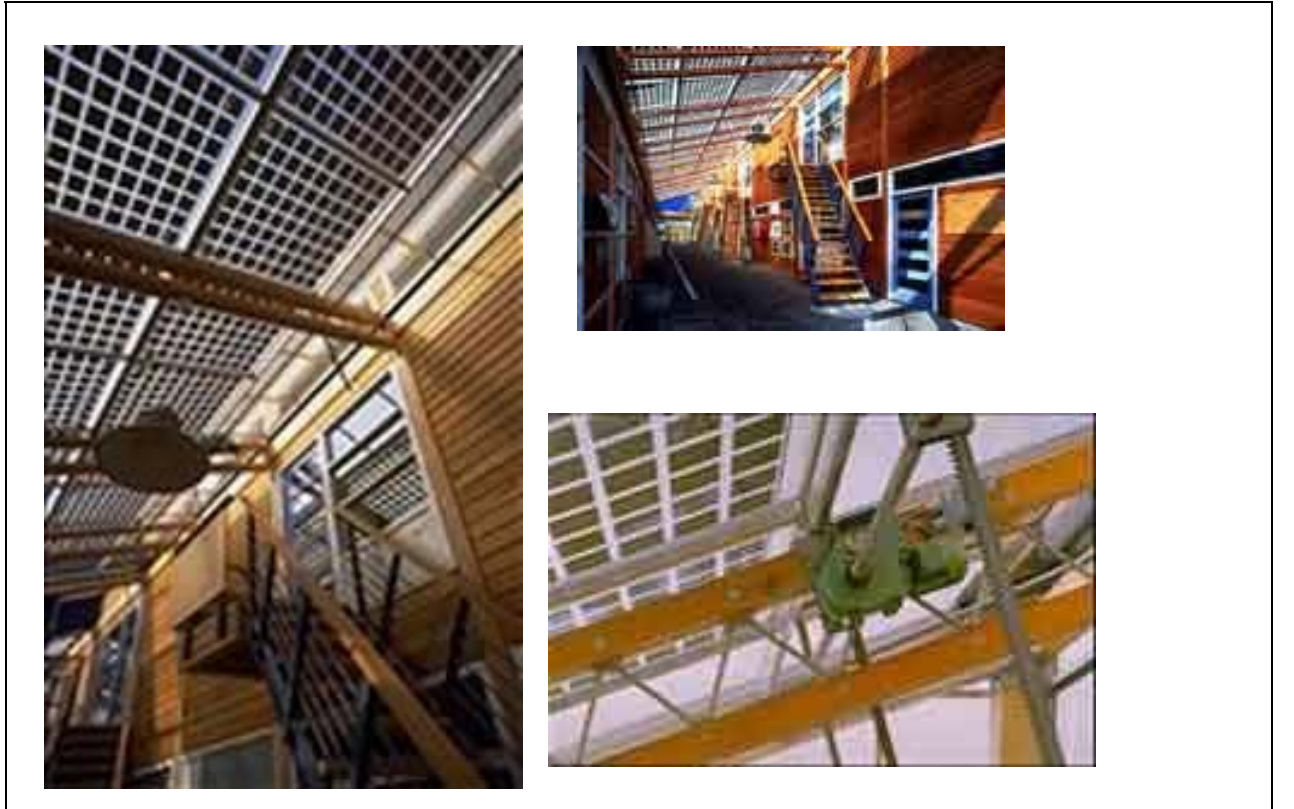
## Çizelge 4. 7 De Kleine Aarde Boxtel Ziyaretçi Merkezi

<b>7. DE KLEINE AARDE BOXTEL ZİYARETÇİ MERKEZİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Ticari
	<b>YER</b>	Hollanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman deniz iklimi
	<b>MİMAR</b>	Bear Architecten
	<b>YAPIM YILI</b>	1995
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>De Kleine Aarde Boxtel Ziyaretçi merkezinin amacı enerji tasarım teknolojilerini geliştirmek ve bu konuda insanları bilgilendirmektir. Merkez içinde, çiftlik evi, ziyaretçi merkezi ve bazı düşük enerji evleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra açık alanda yel değirmenleri, güneş kolletörleri ve fotovoltaik sistemler yer almaktadır.</p> <p>Tasarımın temeli dönüşüm fikri üzerine kurulmuştur. Binada kullanılan malzemeler enerji dönüşümüne göre seçilmiştir. Tasarım, kolay ulaşılabilir olması, sağlıklı bir iç hava, binalardaki görünür dönüşüm, çevreye az zarar verme, az enerji kullanımı, sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı, geri dönüşümlü malzeme kullanımı gibi kriterlere göre yapılmıştır. Bina kurslar, toplantılar ve konferanslar için kullanılmaktadır [14].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Fotovoltaik paneller koridorun çatısında camlarla bütünleştirilerek kullanılmıştır. Böylece ışık çatıdan az miktarda geçerek yazın yüksek sıcaklıktaki risk miktarı ekstra bir güneş koruyucuya gerek duyulmadan azaltılmış olmaktadır. Fotovoltaik sistem DC akım üretmektedir. Bu akım 220 volt AC'ye 3 dönüştürücü ile dönüştürülmektedir. Sistem ızgara şekline bağlanmıştır. Üretilen enerji binada kullanılmakta fazlası gride dağıtılmaktadır. Pv sistem Çatıda konumlandırılarak güneş ışınlarının %70'inin emilmesi, Yz sıcaklığının içerde az hissedilmesi +ile yazın serin bir koridor sağlanmıştır [14].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 9 800 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	





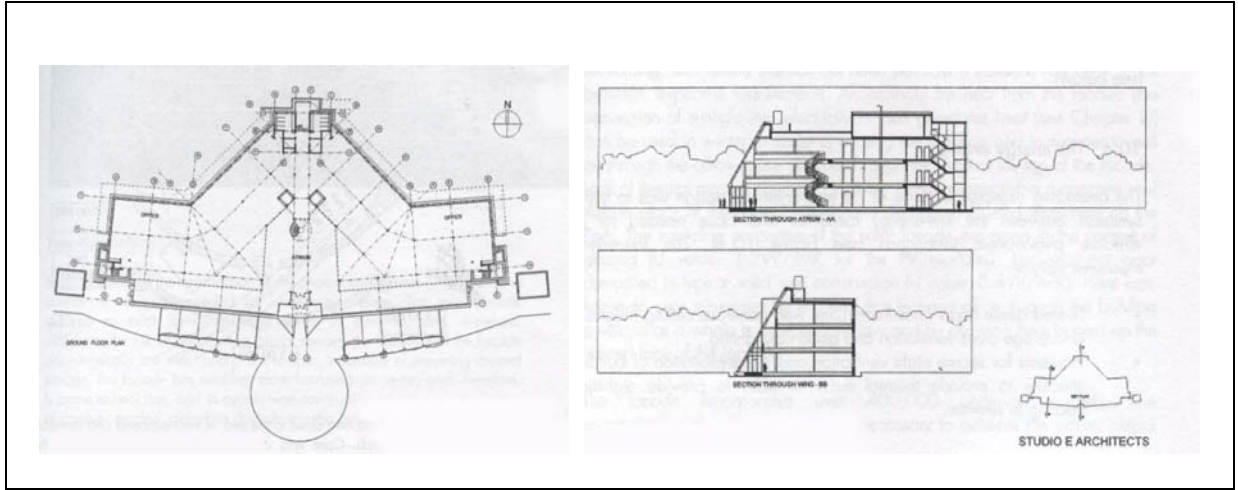
Şekil 4. 13 Vaziyet planı ve genel görünüşü [14]



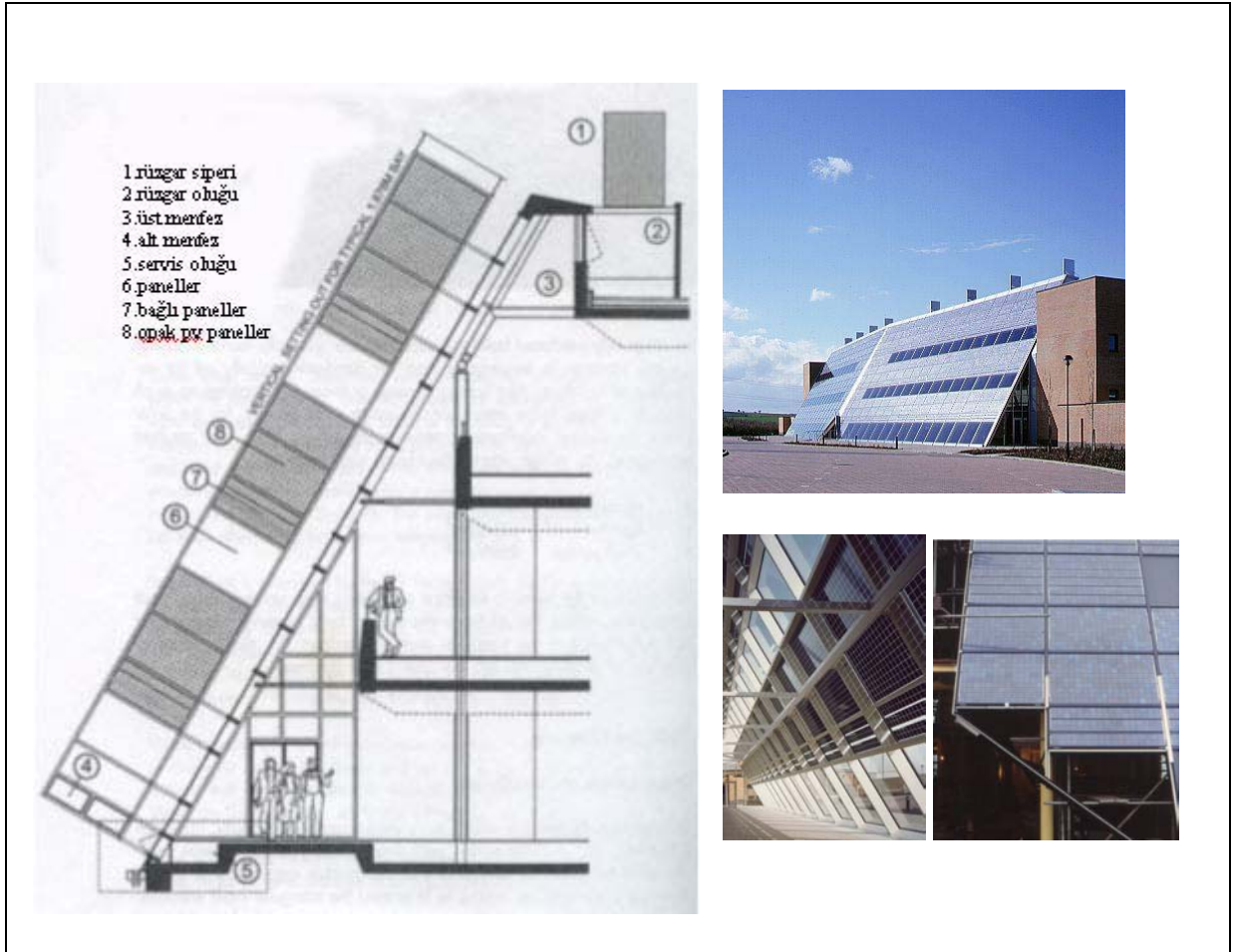
Şekil 4. 14 Pv detayları [14]

Çizelge 4. 8 Doxford Güneş Ofisi

<b>8. DOXFORD GÜNEŞ OFİSİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Ofis Binası
	<b>YER</b>	Sunderland, İngiltere
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	David Lyod Jones
	<b>YAPIM YILI</b>	1998
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Doxford ofis binası, İngiltere'nin kuzeydoğusunda Sunderland'de yer almaktadır. Bina, şimdiye kadar Avrupa'daki en geniş solar cepheli ve kuramsal olarak yapılmış ilk ofis binasıdır.</p> <p>Bina V şeklindedir ve merkez çekirdek V'nin zirvesinde konumlanmıştır. Bina 66 m uzunluğunda ve güneye doğru yönelmiştir. Ana giriş de güneyde yer almaktadır.</p> <p>Arka cephesinde 3 tane galeri yer almaktadır. Her iki kanat güneye 5° açı yapacak şekilde konumlanmıştır.</p> <p>Tüm bina tasarım ve yapım ilkeleriyle on beş aydan fazla sürede tasarlanıp, inşa edilmiştir (Thomas, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada güney cephesinde 73 kW'lık tek kristalli dörtgen modüller kullanılmıştır. 100x100 mm hücrelerin birleşmesinden oluşan 352 panelden oluşmaktadır. Tüm cepheler 1 ya da 2 modülün sıralanmasıyla oluşmuştur, ama üçgen olan ana girişte özel boyutlarda paneller kullanılmıştır. Binada 2 tane 35 kW 'lık dönüştürücü kullanılmıştır.</p> <p>Binada, iklimsel özellikler nedeniyle işlemlerin önemli oranda düşük ışıklı ortamlar altında yapılmasından dolayı çeviriciler kapasitelerinin altında çalışıyordu. Nadiren oluşan güneşli havalardaki üretim kayıpları az güneşli ortamlardaki verimlilik artışıyla dengelenmiştir (Thomas, 2001).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 56 500 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



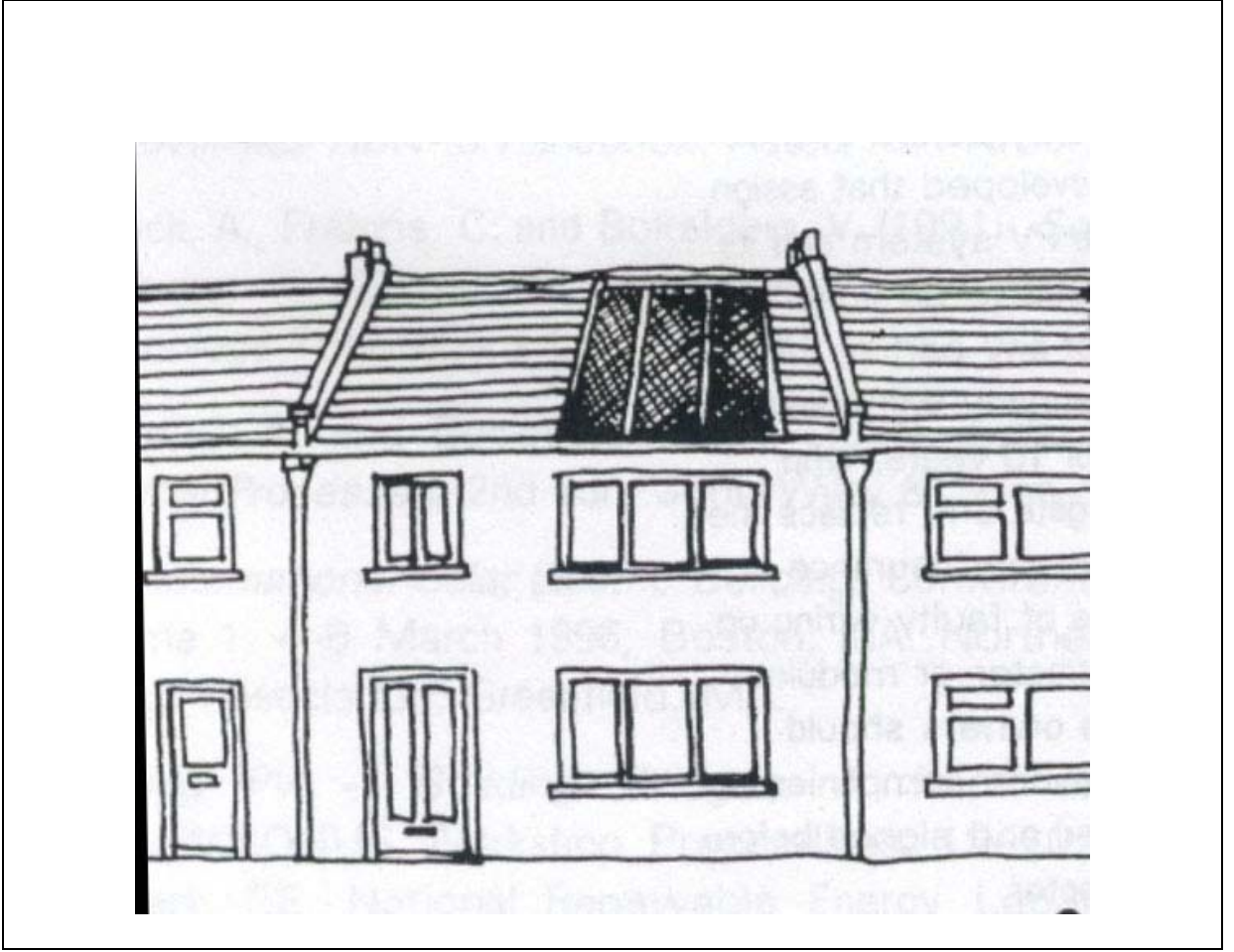
Şekil 4. 15 Doxford ofis binasının planı ve kesitleri (Thomas, 2001).



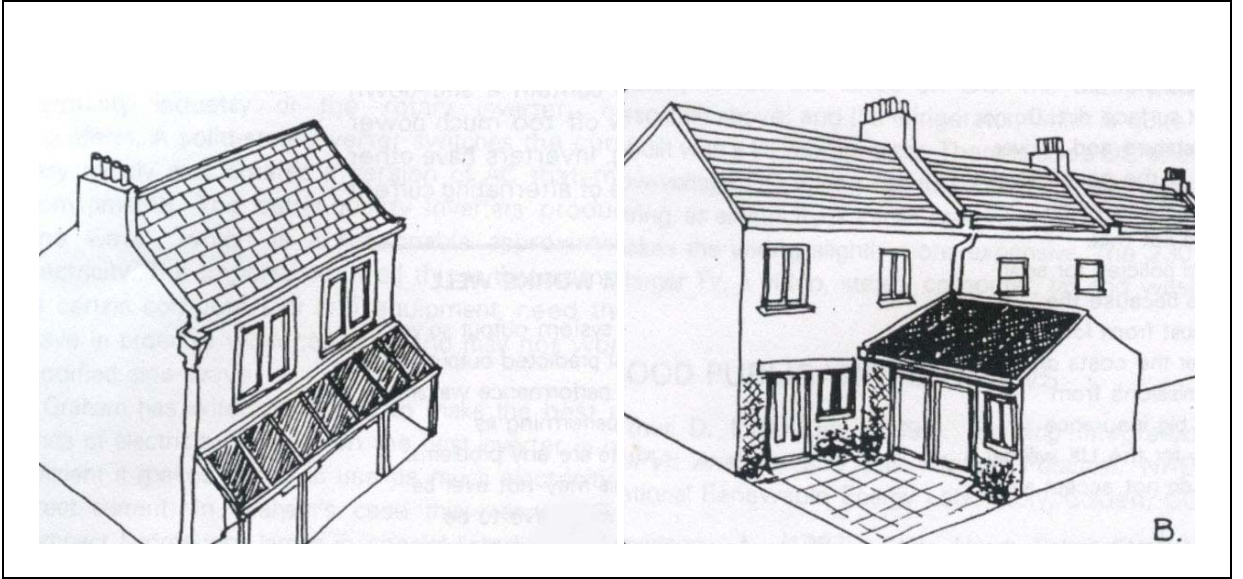
Şekil 4. 16 Cephede Fotovoltaik kullanımı (Thomas, 2001).

Çizelge 4. 9 Duncan Evi

<b>9. DUNCAN EVİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Ostend, Waiheke Adası Yeni Zelanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Graham Duncan
	<b>YAPIM YILI</b>	1998
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Duncan evi 2 katlı dikdörtgen planlı bir evdir. Ev, Waiheke Adası'nın da yönetim merkezi olan Ostend'in merkezindedir. Bu yerleşim adanın tek süpermarketini de içermektedir. Evin alanı 84 m<sup>2</sup>'dir. Kuzey ve güney cephesi 6m, doğu ve batı cephesi 7 m uzunluğundadır. Çatı eğimi kuzey-güney yönünde olan bir kırma çatıdır. Evin girişi batıdandır.</p> <p>Bina yeni Zelanda'nın geleneksel yapım sistemlerine uygun olarak yapılmıştır. Çatı kaplaması olarak oluklu demirli levhalar kullanılmıştır. Pencerelede cilalanmış alüminyum çerçeveler kullanılmıştır. Çatının kuzeye bakan yüzeyi çatı pencereleri ile bölünmüş ve güneş enerjisi sistemlerine yer verilmiştir (Roaf, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada Fotovoltaik paneller çatıda ve kuzey cephesinde kullanılmıştır.</p> <p>Binada, 16.60W 'lık çok kristalli fotovoltaik paneller kullanılmıştır. Bu paneller çatının kuzeye bakan tarafına 42°'lik açı yapacak şekilde yatay konumda yerleştirilmiştir.</p> <p>Çatıya yerleştirilen paneller, çatının üzerinde 50mm kalınlıktaki ahşap taşıyıcılar üzerindeki alüminyum raylara taşınmıştır. Bu yerleştirme ile panellerle çatı yüzeyi arasında 75 mm boşluk bırakılmıştır. Bu boşluk hem paneller için yeterli hava sağlamakta hem de panellerin verimini arttırmaktadır.</p> <p>Sonradan eklenen 4 tane 50W'lık panel kuzey duvarında çatının altına yerleştirilmiştir. Böylece 960w'lık PV kapasitesi 1.16kWh'a çıkarılmıştır (Thomas, 2001).</p>	
	<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 1100 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>


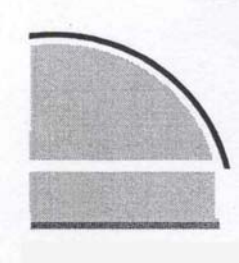


Şekil 4. 17 Çatıda Fotovoltaik kullanımı (Thomas, 2001).



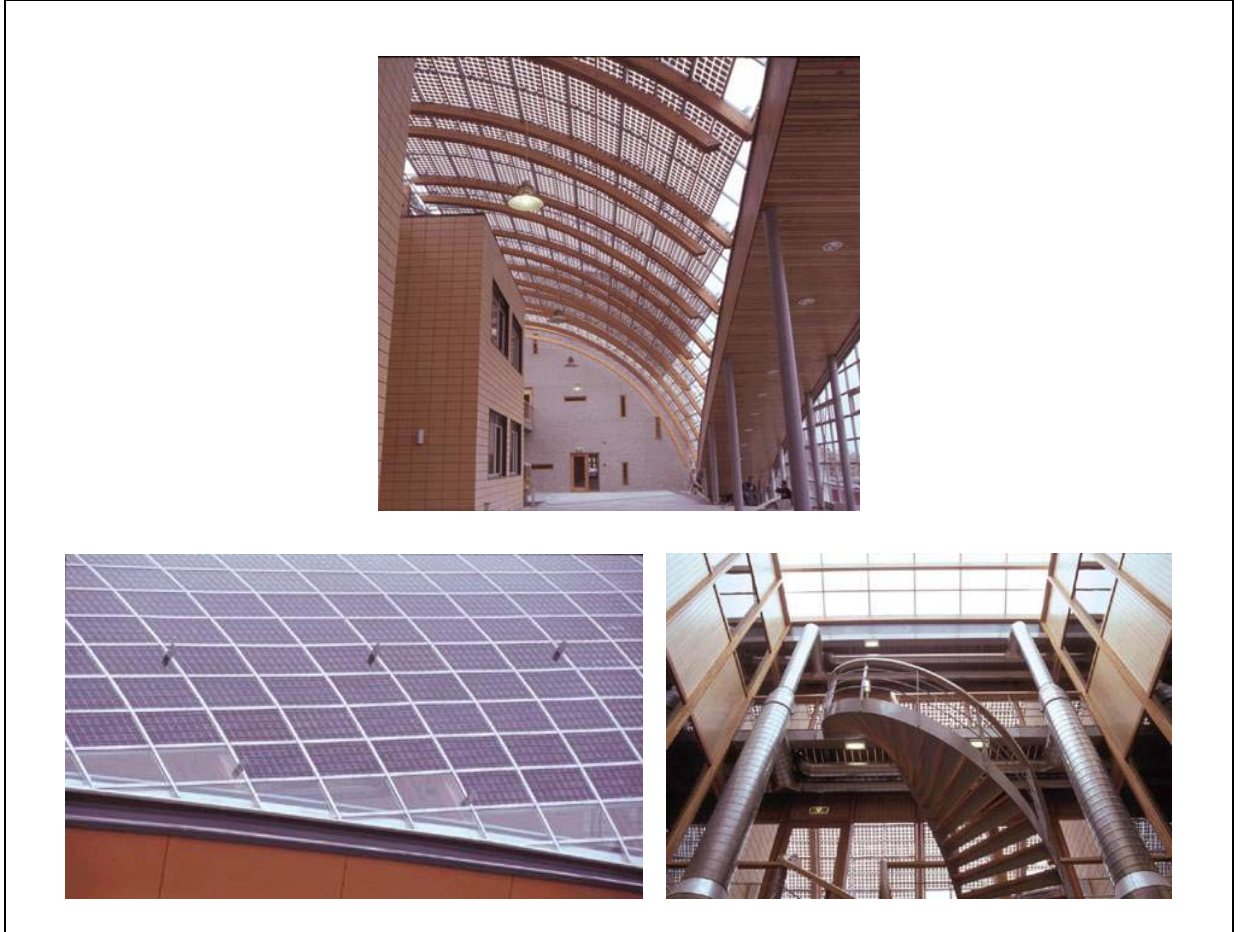
Şekil 4. 18 Cepheler (Thomas, 2001).

Çizelge 4. 10 ECN 42 Binası

<b>10. ECN 42 BİNASI</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Araştırma Merkezi
	<b>YER</b>	Petten, Hollanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman deniz iklimi
	<b>MİMAR</b>	Bear Architecten
	<b>YAPIM YILI</b>	1996 (1963)
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>1996 yılında, Bina 31 olarak da bilinen Hollanda Enerji Araştırmaları Kurumu ( ECN ) Genel Laboratuvarı'nın yenileme projesi, 1963 yapımı bu binanın güneş enerjisini verimli dönüştürmesini sağlamak amacıyla başlamıştır. Hollanda Enerji Araştırmaları Kurumu'nun boş yer ihtiyacını karşılamak için Bina 31'in yanına yeni bir bina kompleksinin temeli atılmıştır. Bina 42 güneş enerjisinin kullanımı açısından yenilenmiş olan bina 31'in modüler uzantısı olarak planlanmıştır. Bina 31 ve Bina 42 bir sera ile birbirine bağlanmaktadır. Bina 42, camla kaplı seranın etrafında gruplanan ve üç adımda inşa edilecek üç bloktan oluşmaktadır. Projenin amacı çok işlevli ofis ve laboratuvar yeri tasarlamaktır [13].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>		<p>Binada PV modüller çatıda kullanılmıştır. 1.blokta 26,73 kWp'lık, 2. blokta 16,31 kWp'lık piller kullanılmıştır. Kullanılan piller % 16,5 verimlilik değerine sahip tek kristalli pillerdir. Oluklu gömme ızgara şeklindeki piller 125 mm x 125 mm ölçülerindedir.</p> <p>Her modül için 575mm x 1175mm ebadında 32 PV-pil kullanılmıştır. Çerçevesiz modüller üst üste binmiş cam levhalar şeklindedir. Ön yüzeyde 3 mm sertleştirilmiş beyaz cam, arada PV piller ve arka yüzeyde 4 mm cam yer almaktadır. Seranın PV çatı camı, standart sera camı profilinden yapılmıştır.</p> <p>PV sistemi ile ölçülmüş verilerin bilimsel hassaslıkta performans verimliliğinin değerlendirilmesini sağlayan ECN tarafından ayarlanmış güneş enerjisi pilleri ile ısı sensörleri PV modüllerinin dokuz tanesinin içinde bulunmaktadır [13].</p>
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 40 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 19 ECN binasının genel görünüşü [13]

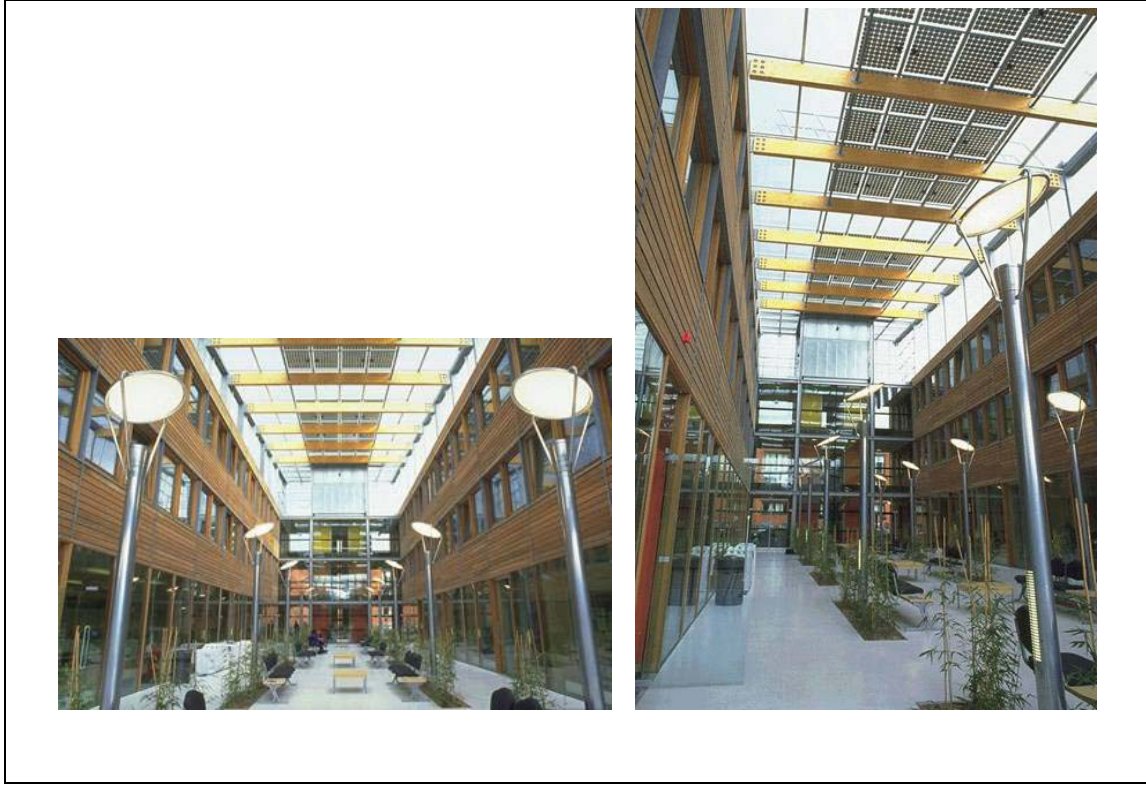


Şekil 4. 20 Çatıda Fotovoltaik kullanımı [13]

Çizelge 4. 11 Jubilee kampüsü

<b>11. JUBILEE KAMPÜSÜ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Eğitim
	<b>YER</b>	İngiltere
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Michael Hopkins and partners
	<b>YAPIM YILI</b>	1999
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Nottingham Üniversitesi Kraliyet İmtiyaznamesi kazanmasının üzerinden elli yıl geçmiştir. Bu süre boyunca Üniversite itibarını, çevresel açıdan bilinçli tasarımları destekleyerek artırdı. Bu yeni kampüsün amacı, üniversite prensiplerine bağlı kalarak, bölge için sürdürülebilir ilerlemenin bir modeli olmaktır. Aynı zamanda, karbondioksit emisyon oranını %70 azaltmak, öğrenciler arasında çevresel sorunların farkındalığını artırmak, sürdürülebilir endüstriyel yenilenmenin yaşamsallığını göstermek ve bunlar için gereken finansal yapıları ve desteği oluşturarak bu hedeflere ulaşmak amaçlanmıştır. Tasarım ekibi, 1996 yılında 25,5 milyon Sterlinlik Proje için yapılan yarışmanın komisyonunu kazandı [13].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada Pv modüller, bölmeli çatı entegrasyonu olarak yerleştirilmiştir. Bölmelerde 12 Kw'lık kare mono-kristal piller kullanılmıştır.</p> <p>Boyut, şekil ve pil yoğunluğu bakımından dokuz farklı modül tasarımı kullanılmıştır. Bunlar, fiziksel entegrasyon ve cephedeki gölge seviyelerinin farklı pozisyonlarının ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmıştır. Modüllerin hepsi dikdörtgen biçimin tasarlanmıştır; ancak ikisi giriş bölgesine uysun diye yamuk şeklinde tasarlanmıştır. Kullanılan modüllerin boyutları 0,93 m<sup>2</sup> ( 70 watt ) ile 262 m<sup>2</sup> ( 285 watt) arasındadır. Sistem düşük basınçlı ve basit olarak tasarlanmıştır. Tüm kontrol noktaları bina yönetim sistemi tarafından denetlenmekte ve müşterinin ana kampüs ofislerine geri bağlanmaktadır [13].</p>	
		
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 51 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	





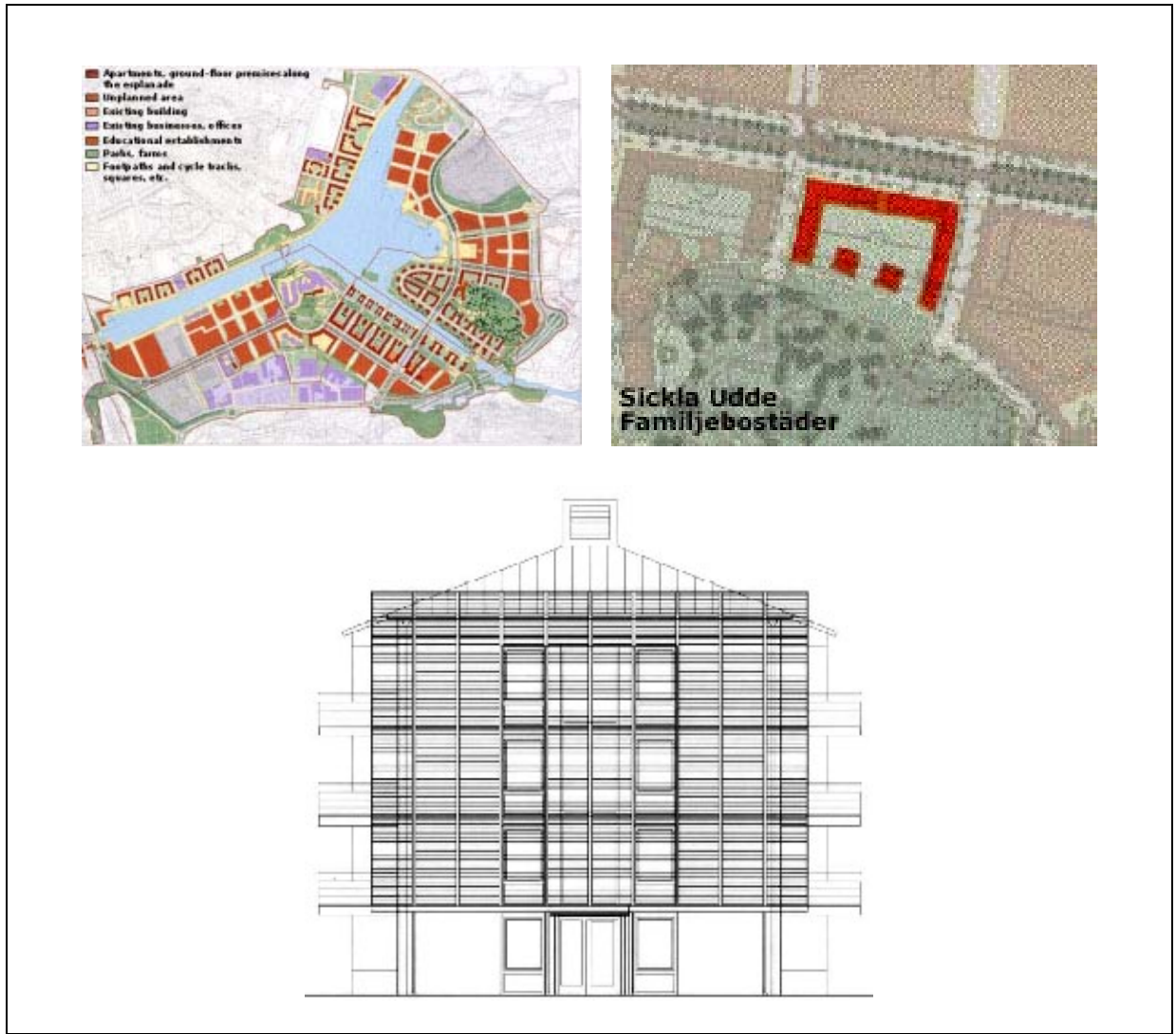
Şekil 4. 21 Galeriden PV'lerin görünüşü [13]



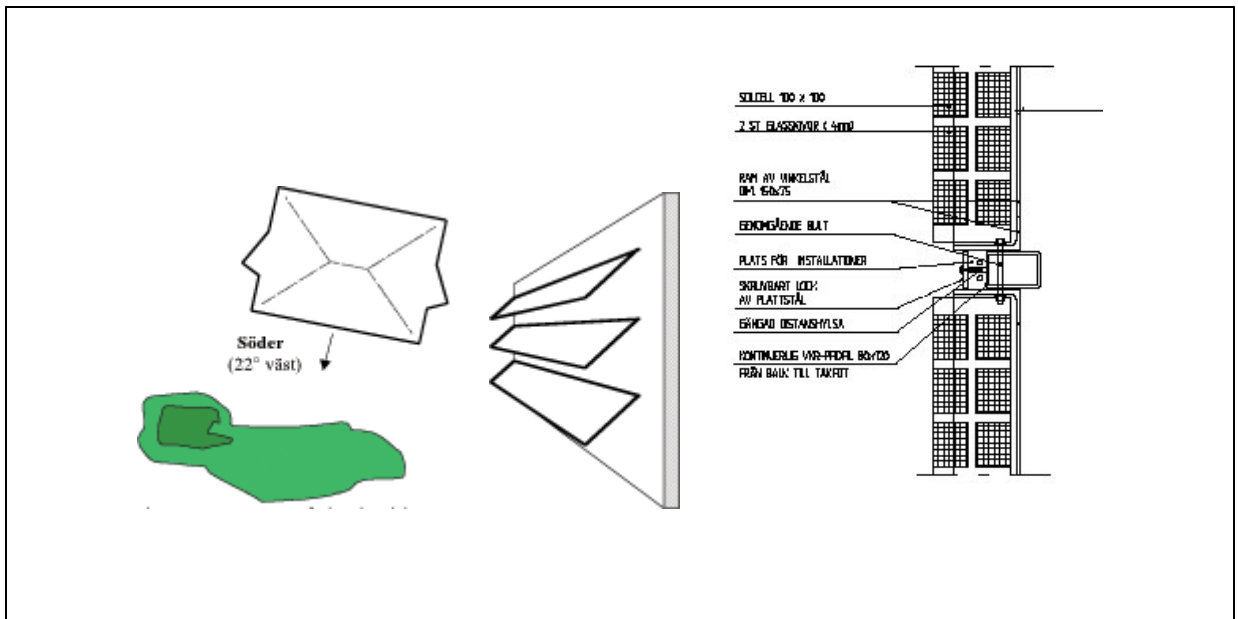
Şekil 4. 22 Çatı-PV entegrasyonu

Çizelge 4. 12 Kv Kugvattnet Projesi

<b>12. KV KUGVATTNET PROJESİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Stockholm, İsveç
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman İklim
	<b>MİMAR</b>	White Arkitekter
	<b>YAPIM YILI</b>	2004
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Hammarby Sjöstad, Stockholm'un şehircilik geliştirme projesinin yapıldığı yerdir. Projenin konsepti, tersane ve endüstri alanlarının şehir alanına dönüştürülmesidir. Kat alanı, 362 m<sup>2</sup> olan projede 20.000 kişilik 8.000 apartman bulunmaktadır. Proje tamamlandığında –2010 yılında-30.000 insanın yaşama ve çalışma alanı olacaktır.</p> <p>Familjebostade projesi, Sicla Udde'de gölün güneyinde yer alan, çok aile konut bloklarını içermektedir. Bina çevresel standartların yüksek isteklerine göre tasarlanmıştır. Komşu evler de benzer mimari özellikler gösterir [26].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada fotovoltaik modüller güney-batı cephesinde ve çatıda kullanılmıştır. Güneybatı cephesinde 113 m<sup>2</sup>, yarı-transparan fotovoltaik modüller ince levhalar üzerine yerleştirilmiştir. 122 m<sup>2</sup> konveksiyonel pv modüller, çatının batı, güney ve doğu yüzüne yerleştirilmiştir. İnce levhalar 45 ° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir.</p> <p>Kullanılan PV'ler ince levhalı, serbest ve binadan yarım metre dışarıda konumlandırılmıştır. Her katta 10 sıra olacak şekilde yerleştirilmiştir (kat yüksekliği:2.9 m) ve bina 4 katlıdır. Modüller ince levhalarla 22 pille oluşturulmuş, her birinin boyutu 100x100 mm'dir. Piller 2 paralel telle, 11 seri bağlantı ile bağlanmıştır. Dıştaki modüllerin boyutları 1380x260 mm ve 30.8 watt'lıktır. Modüllerin kalınlığı 8 mm 'dir. Pencere önünde yer alan modüllerden 2.sırada olanlar odalara daha fazla ışık girmesi için boşaltılmıştır.52 modül güneye, 59 modül batıya, 58 modül doğuya gelecek şekilde169 tane modül çatıya yerleştirilmiştir [26].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 28 600 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 23 Vaziyet planı ve binanın görünüşü [26]



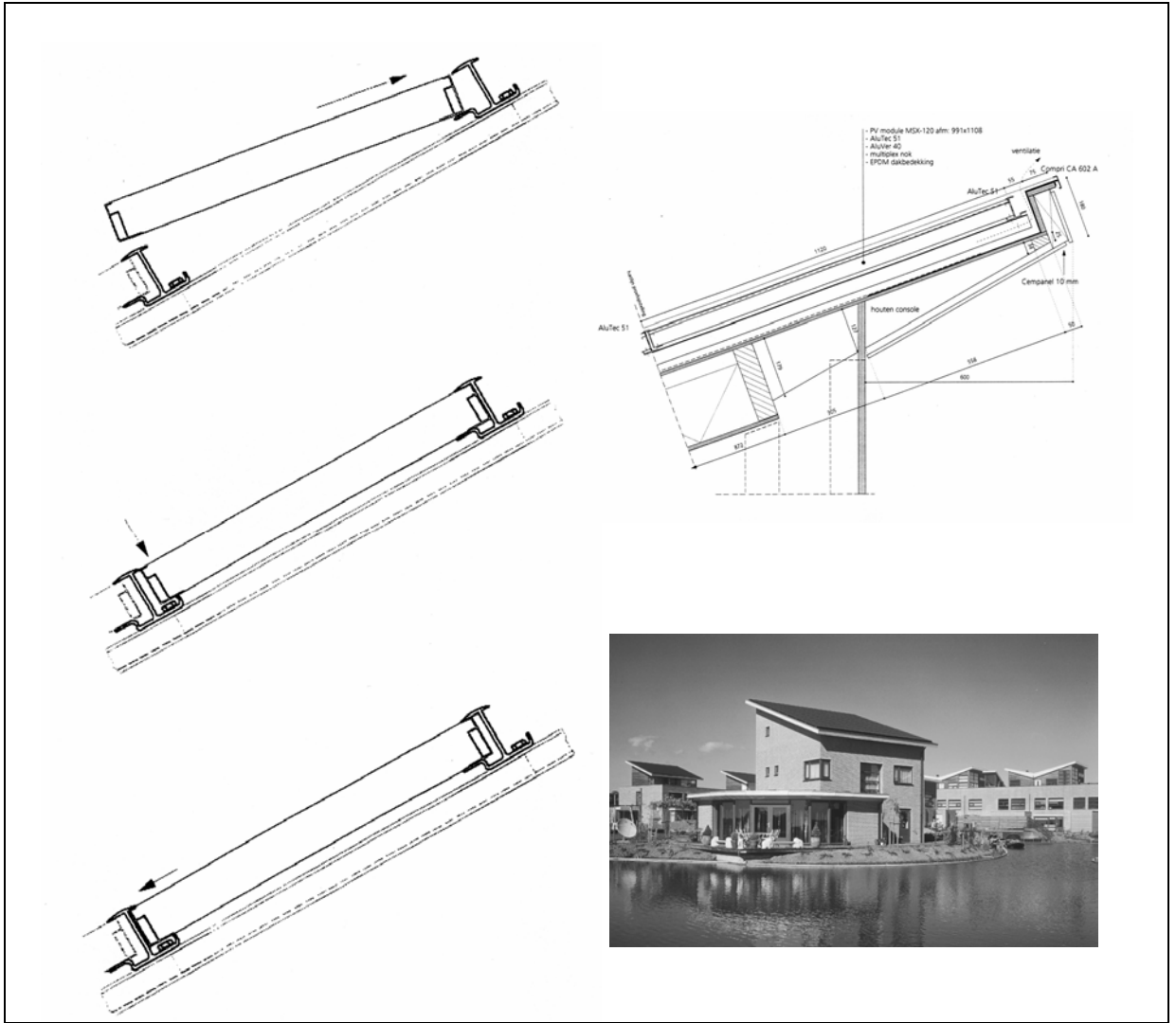
Şekil 4. 24 PV detayları [26]

## Çizelge 4. 13 Langedjik Hal Projesi

<b>13. LANGEDJIK HAL PROJESİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Batı Mayersloot
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	BP
	<b>YAPIM YILI</b>	2000
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Evlerin tasarımında, düşük enerji tüketen ve sürdürülebilir binalar hedeflenmiştir. HAL projesinin, Langedjik, Alkmar ve Heerhugoward şehirlerinde yapılması hedeflenmiştir. İlk uygulaması Langedjik'te yapılmıştır. Diğer projelerde Langedjik projesindeki deneyimlerden yararlanılmıştır.</p> <p>Projenin sade ve basit bir vaziyet planı vardır. Binaların doğusunda cadde, güney ve batıya bakan kısımları ise açık alandır. Arsada küçük bir kıyı gölü yer almaktadır. Bu vaziyet planının genel karakterini oluşturmuş ve binaların yönelişi suya doğru yapılmıştır. Odalar ve rekreasyon alanları suya bakmaktadır.</p> <p>23 tane konuttan oluşan projede pasif ve aktif güneş enerji sistemleri bir arada kullanılmıştır [14].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binalarda, fotovoltaik modüller çatının güneye bakan tarafına yerleştirilmiştir.. Pv sistemde çerçevesiz modüller kullanılmış ve bu modüller su geçirmez çatı konstrüksiyonunun üzerine monte edilmiştir.</p> <p>Tip B, Tip C,ve Tip D olmak üzere 3 tip PV sistem kullanılmıştır.</p> <p>Tip B, 6 binada ,2.88kW'lık panellerden her binada 24 tane olacak şekilde kullanılmıştır ve her binadan 1 tane de dönüştürücü bulunmaktadır.</p> <p>Tip C, 9 tane binada, 5.04 kW'lık panellerden her binadada 42 tane olacak şekilde kullanılmıştır, her binada 2 tane dönüştürücü bulunmaktadır.</p> <p>Tip C, 8 tane binada, 8.64 kW'lık panellerden her binadada 72 tane olacak şekilde kullanılmıştır, her binada 2 tane dönüştürücü bulunmaktadır [14].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 5 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 25 Vaziyet planı ve genel görünüş [14]



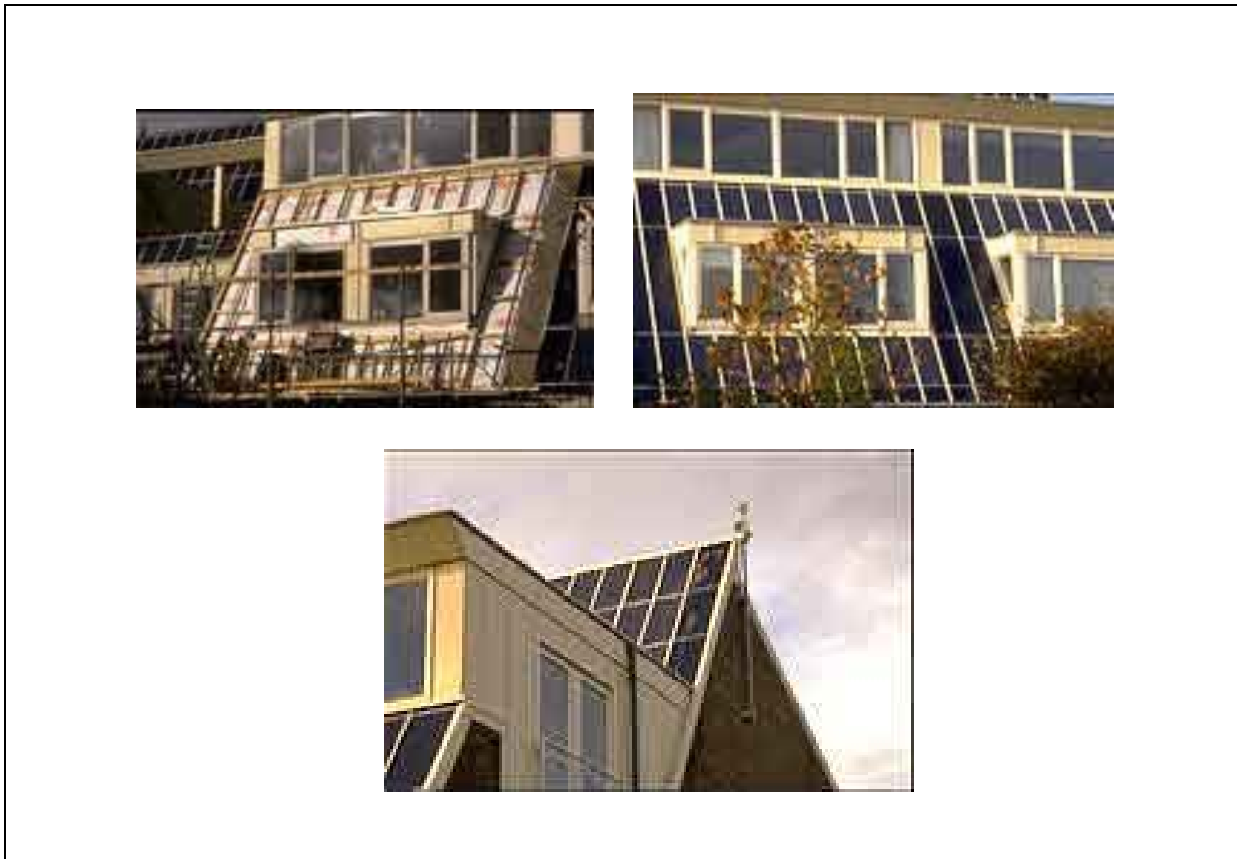
Şekil 4. 26 PV uygulama detayları [14]

## Çizelge 4. 14 Leiden'de 5 Ev Projesi

<b>14. LEIDEN'DE 5 EV PROJESİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Leiden, Hollanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman deniz iklimi
	<b>MİMAR</b>	Shell Solar
	<b>YAPIM YILI</b>	1977'de yapılan binaların renovasyonu
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Proje 10 evi içermektedir.1977'de yapılan binaların 1992 yılında yenilenmesine gerek duyulmuş ve finansal açıdan yapılan incelemeler sonucunda 5 evin çatısında fotovoltaiik paneller kullanılmıştır. Orjinalinde 10 evin çatısında da güneş enerji panelleri bulunmaktadır. Bu kollektörle çatının güneye bakan kısmına 60° açı yapacak şekilde yerleştirilmişlerdir.Kollektörler çatı terasını separe etmektedir [14].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>  	<p>Fotovoltaiiklerin yerleşimi için 3 tane bölge seçilmiştir. Bunlardan ikisi alt çatıda, biri ise üst çatıda bulunmaktadır.</p> <p>Çatıda 3mm'lik buhar geçirmez metal katman buharın çatı konstrüksiyonuna geçişini engellemektedir. Makasın arasında 120mm taşıyıcı yalıtım bulunmaktadır. Bunların hepsi buhar geçirmez metal ile kaplıdır. Küçük kilitler makasın üzerine takılmış ve tahtalar bu kilitlerin üzerine yerleştirilmiştir. Tahtalar arasında kalan boşluk, havalandırma hem de modüllerin arasındaki bağlantı kutuları için gereklidir. Modülleri taşıyan yatay profil sistem tahtaların üzerine yerleştirilmiştir. Plastik contalarla yerine sabitlenmiştir.</p> <p>Çatının üzerine kurulan modüller, çatı pencerelerini engellemek için her evde 70 modül olacak şekilde yerleştirilmiştir. 48 tanesi 2.3kW'lık diğerleri ise 1.8 kw'lık tek kristalli PV donanımları böylece oluşturulmuştur [14].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 5 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 27 Binaların genel görünüşü [14]



Şekil 4. 28 PV görünüşleri [14]

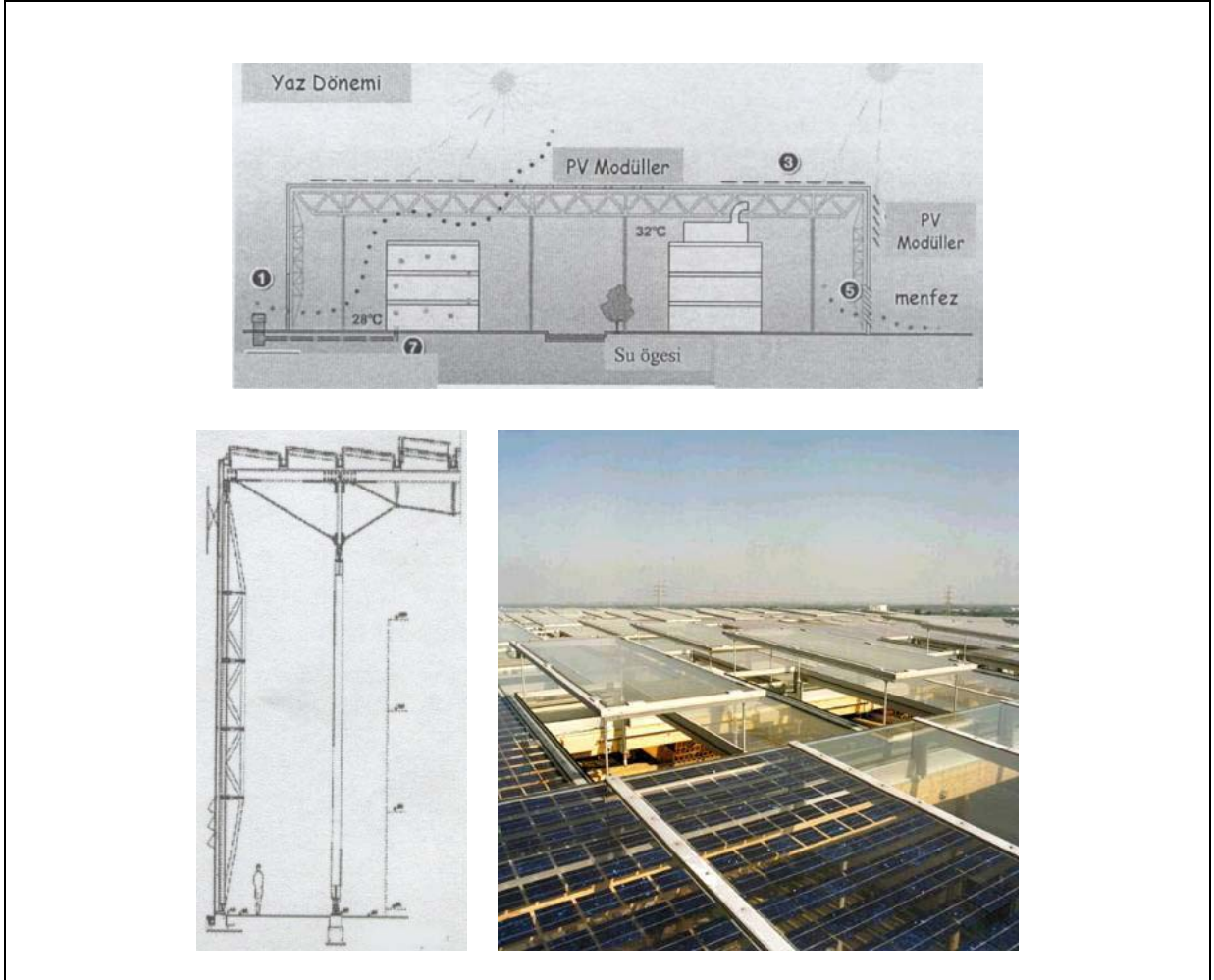
## Çizelge 4. 15 Mont-Cenis Akademisi

<b>15. MONT-CENİS AKADEMİSİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Eğitim Binası
	<b>YER</b>	Herne-Sodingen, Almanya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman deniz iklimi
	<b>MİMAR</b>	Françoise Helenejourda Gilles Perraudin
	<b>YAPIM YILI</b>	1997 –1999
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Mont-Cenis akademi binası, çok amaçlı işlevinin ötesinde enerji etkin tasarım konseptiyle mimari özellikleri açısından bir araştırma niteliği taşımaktadır.</p> <p>Bakanlık tarafından açılan proje yarışmasını, doğal havalandırmalı ve doğal aydınlatmalı, ekolojik mimari karakter taşıyan proje kazanmıştır. Eğitim merkezi, konaklama birimleri, toplantı salonları, idari merkez, çocuk kütüphanesi ve kafeterya gibi farklı işlevlere sahip binalardan oluşan proje, 15 m yüksekliğinde tek çatı örtüsü altına alınmıştır. İklim koşullarının denetlendiği yarı kamusal bir alanın yaratılması, enerji üretim ve tüketimine duyarlı bir ortam oluşturulması projenin ana amacıdır (Canan, 2003).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada PV modüller çatıda ve cephede kullanılmıştır. Cam kabuğun çatısına tek kristalli ve çok kristalli modüllerden oluşan 1 MW gücünde güneş pili entegre edilmiştir. 72 m x 168 m boyutlarına sahip cam fanusta, sera niteliği, atık ısının geri kazanımı ve PV elemanları ile beklenen enerji tasarrufu gerçekleşmekte olup, aynı yalıtım standartlarına sahip binalara karşın % 23, iklimlendirilmiş binalara karşın ise % 18 oranında daha az CO2 emisyonu açığa çıkmaktadır. Güç kapasitesi 192-416 Wpeak arasında değişen modüllerden elde edilen doğrusal akımı, alternatif akıma çevirmek için kullanılan dönüştürücü (invertör) sayısı 600 adettir.</p> <p>Güneş çatısı enerji üretmenin yanında, PV modüllerin organik dağılımı ve yoğunluğu farklı hücre kullanımı ile ışık kontrolü de sağlamaktadır (Canan, 2003).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'ler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 750 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	





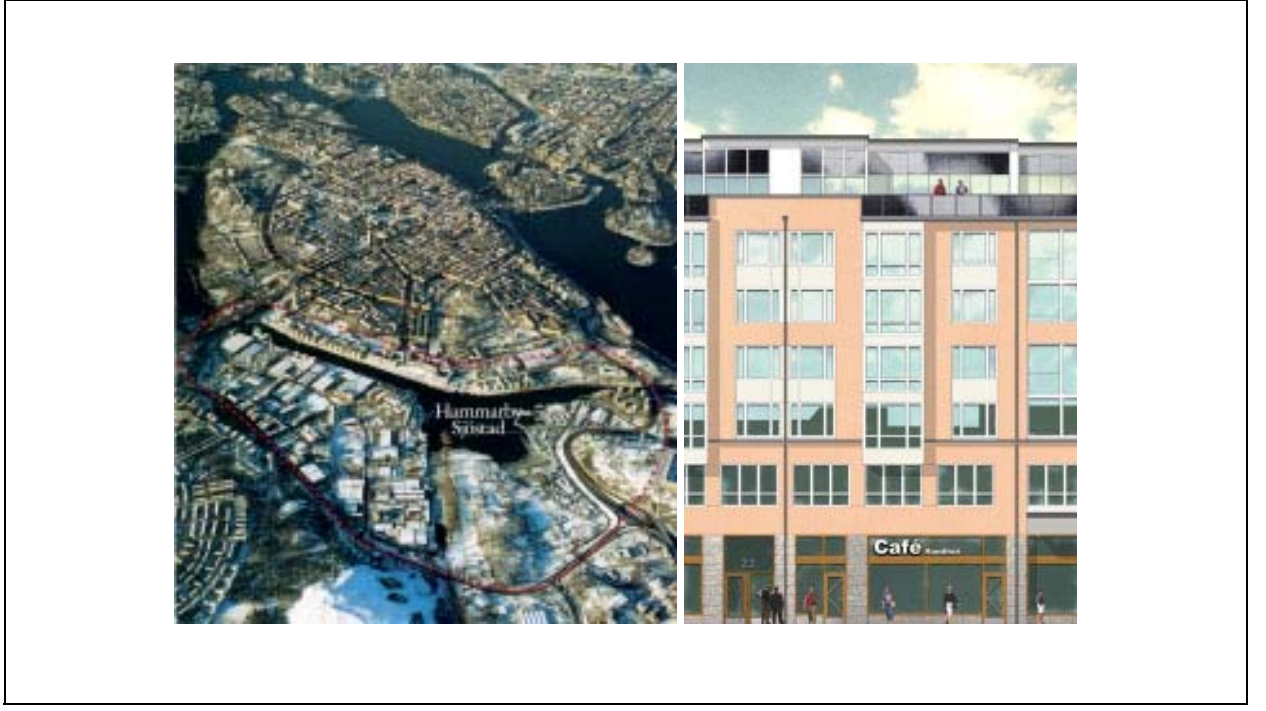
Şekil 4. 29 PV'lerin içten görünüşü [13]



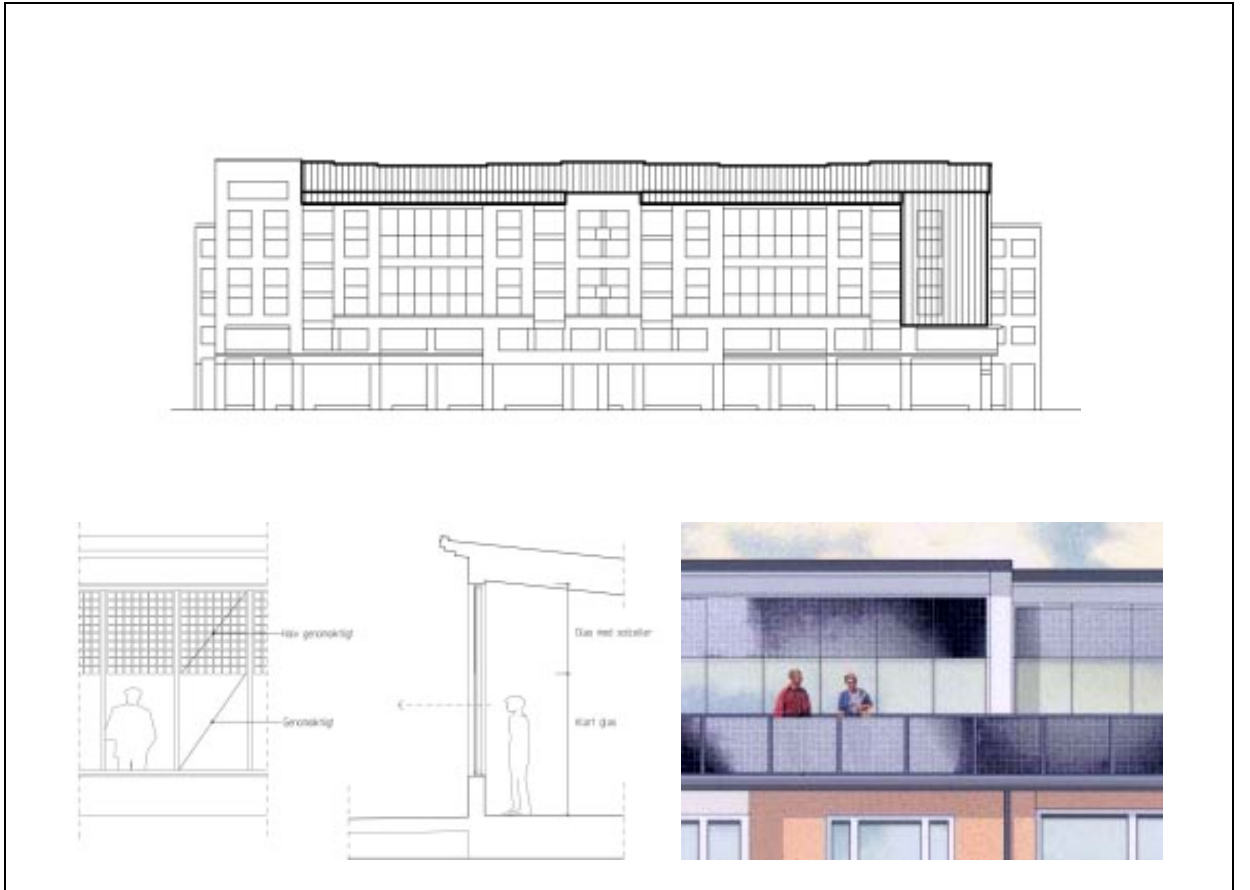
Şekil 4. 30 PV uygulaması (Canan, 2003).

Çizelge 4. 16 Ncc Hammarby Sjöstad

<b>16. NCC HAMMARBY SJÖSTAD</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Stockholm, İsveç
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman İklim
	<b>MİMAR</b>	White Arkitekter
	<b>YAPIM YILI</b>	Holmen 2001 Gryman 2002
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Sicla Kaj Hammarby Sjöstad ‘da, Stockholm ‘un güneyinde, yeni bir yerleşim yeridir. Hammarby Sjöstad, Stockholm’un şehircilik geliştirme projesinin yapıldığı yerdir. Projenin konsepti, tersane ve endüstri alanlarının şehir alanına dönüştürülmesidir. Projede 20.000 kişilik 8.000 apartman bulunmaktadır. Proje tamamlandığında –2010 yılında- 30.000 insanın yaşama ve çalışma alanı olacaktır.</p> <p>Proje,Holmen ve Gryman olmak üzere iki tane benzer özellikler gösteren konut bloğundan oluşmaktadır. Binalar gölün kenarında yer almaktadır ve birbirini simetridir. Binalar 7 katlıdır, ilk 2 katında mağaza, servisler, ofis ve giriş yer almaktadır [26].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>  	<p>Binada fotovoltaik paneller cephede, balkon korkuluklarında ve pencerelerde kullanılmıştır. Her iki binada da güney-batı cephesine 212 m<sup>2</sup> fotovoltaik modüller yerleştirilmiştir. Modüller, cephede, balkon korkuluklarında ve en üst katta pencereler olmak üzere 3 farklı yerde kullanılmıştır.</p> <p>Cephelerde, 11 kW’lık kristal silikon modüller kullanılmıştır. Cephelerde toplam Pv alanı 91 m<sup>2</sup>’dir. 4 tane 2kW ‘lık dönüştürücü kullanılmıştır. Balkonlarda, 6.5kW’lık kristal silikon modüller kullanılmıştır. Balkonlardaki toplam Pv alanı 54 m<sup>2</sup>’dir. 3 tane 2kW’lık dönüştürücü kullanılmıştır.</p> <p>En üst katta pencereler birleştirilmiştir. 5.4 kW’lık transparan kristal silikon modüller kullanılmıştır. Toplam Pv alanı 67 m<sup>2</sup>’dir.4 tane 2 kW’lık dönüştürücü kullanılmıştır [26].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv’lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 25 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 31 Vaziyet planı ve görünüş [26]



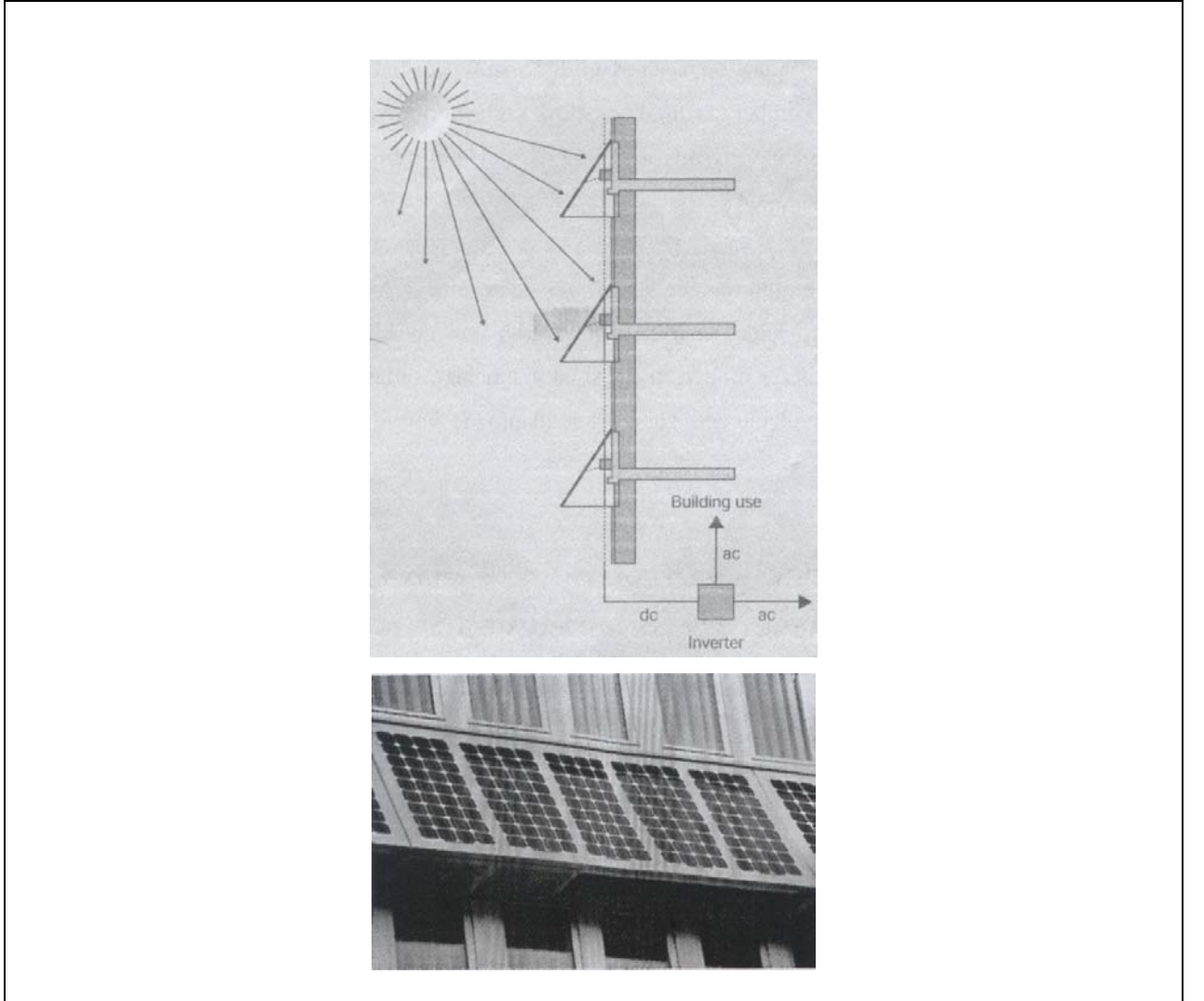
Şekil 4. 32 Cephe ve PV detayları [26]

Çizelge 4. 17 Northumberland Binası

<b>17. NORTHUMBERLAND BİNASI</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Eğitim
	<b>YER</b>	İngiltere
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman İklim
	<b>MİMAR</b>	IT Power Ltd.
	<b>YAPIM YILI</b>	1991
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Bina 1960'ların tipik tasarım tarzına göre inşa edilmiştir. 5 katlı olan bina İngiltere'nin PV sistemle kaplanmış ilk örneğidir.</p> <p>Projede yağmur perdesi sistemi kuzey ve güney cephelerinde kullanılmıştır.</p> <p>Projenin amacı daha önceden yapılmış bir binada fotovoltaik cephenin mimari uygulama olanağının gösterilmesidir [17].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Projede Pv modüller güney cephesinde kullanılmıştır. Binada kullanılan fotovoltaik sistem yüksek verimli kristal silikon fotovoltaik modülleri içermektedir. Uygulama güney cephesinin PV'ler kaplanmasıyla oluşturulmuştur. Cepheye yerleştirilen modüller güneşin geliş açısı hesaplandıktan sonra cepheyle 25° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir.</p> <p>Her fotovoltaik modül 85 W'lık modüllerinin birleşmesinden oluşan 3m x 1.4m boyutlarında panellerdir.</p> <p>Elektrik bağlantıları 31 tane telin paralel bağlanması ile yapılmıştır. Kullanılan dönüştürücü, doğrusal akımı alternatif akıma dönüştürmektedir [17].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 39 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 33 Binanın genel görünüşü [17]



Şekil 4. 34 PV güneşkıran detayları [17]

Çizelge 4. 18 Sidney Olimpik Köyü

<b>18. SIDNEY OLİMPİK KÖYÜ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Sidney, Avustralya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Tropik İklim Kışlar ılık ve yazlar sıcak
	<b>MİMAR</b>	Henry Pollack Arc. Virginia Kerridgee
	<b>YAPIM YILI</b>	2007’de tamamlanacak
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Yerleşim, Sidney’de Newington banliyösünde, olimpik stadyumun yanında yer almaktadır.</p> <p>Köy, Güney Wales hükümeti Olimpik Koordinasyonu’ nun sürdürülebilir yaklaşımda yeşil alan yerleşimi isteği doğrultusunda 90 hektar alanda kurulmuştur. Konut alanları, alış-veriş merkezi, park ve su alanları içermektedir.</p> <p>Proje dünyanın en büyük güneş köyüdür. Atletler ve memurlar için 15300 yerleşke sağlanmıştır.</p> <p>8 mimari büronun ortak çalışması ile oluşturulmuş köyde evler 2 katlıdır. Proje tamamlandığında 1600 ev ve 5000 resident içeren köy Sidney’in yeni banliyösü olmaya adaydır.</p> <p>1997’de başlayan projenin 2007’de bitirilmesi hedefleniyor [13].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binalarda fotovoltaik paneller çatıda ve güney cephesinde kullanılmıştır.</p> <p>Her evin çatısında 12 adet fotovotaik modül yer almaktadır. Metal su geçirmez alt tabla üzerine fotovoltaik modüller kare şeklinde bağlantı elemanları ile tutturulmuştur.</p> <p>Sistemde 1 kW’lık 65 adet tek kristalli modüller kullanılmıştır.</p> <p>Olimpik Güneş Köyü, dünyanın güneş enerjisi ve enerji verimine bakışını ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin ticari bakışını göstermektedir [21].</p>	
	<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	Proje henüz tamamlanmamıştır.



Şekil 4. 35 Vaziyet planı ve evlerin genel görünüşü [21]

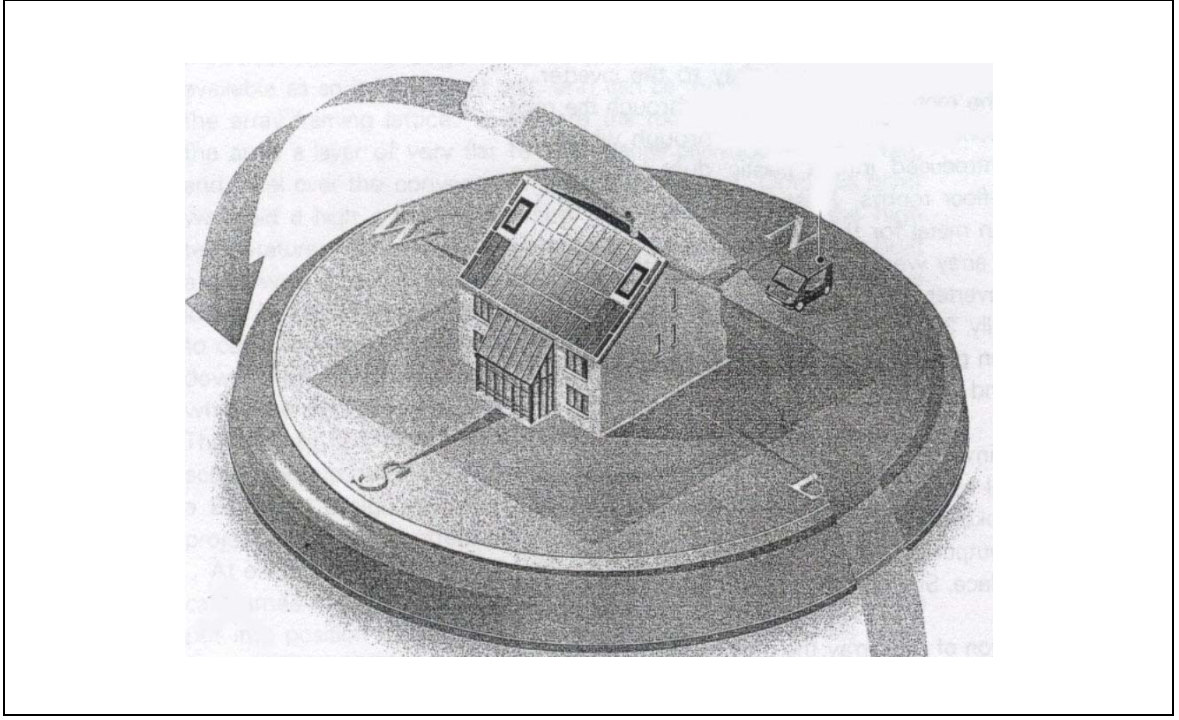


Şekil 4. 36 Çatıda Fotovoltaik uygulamaları [13]

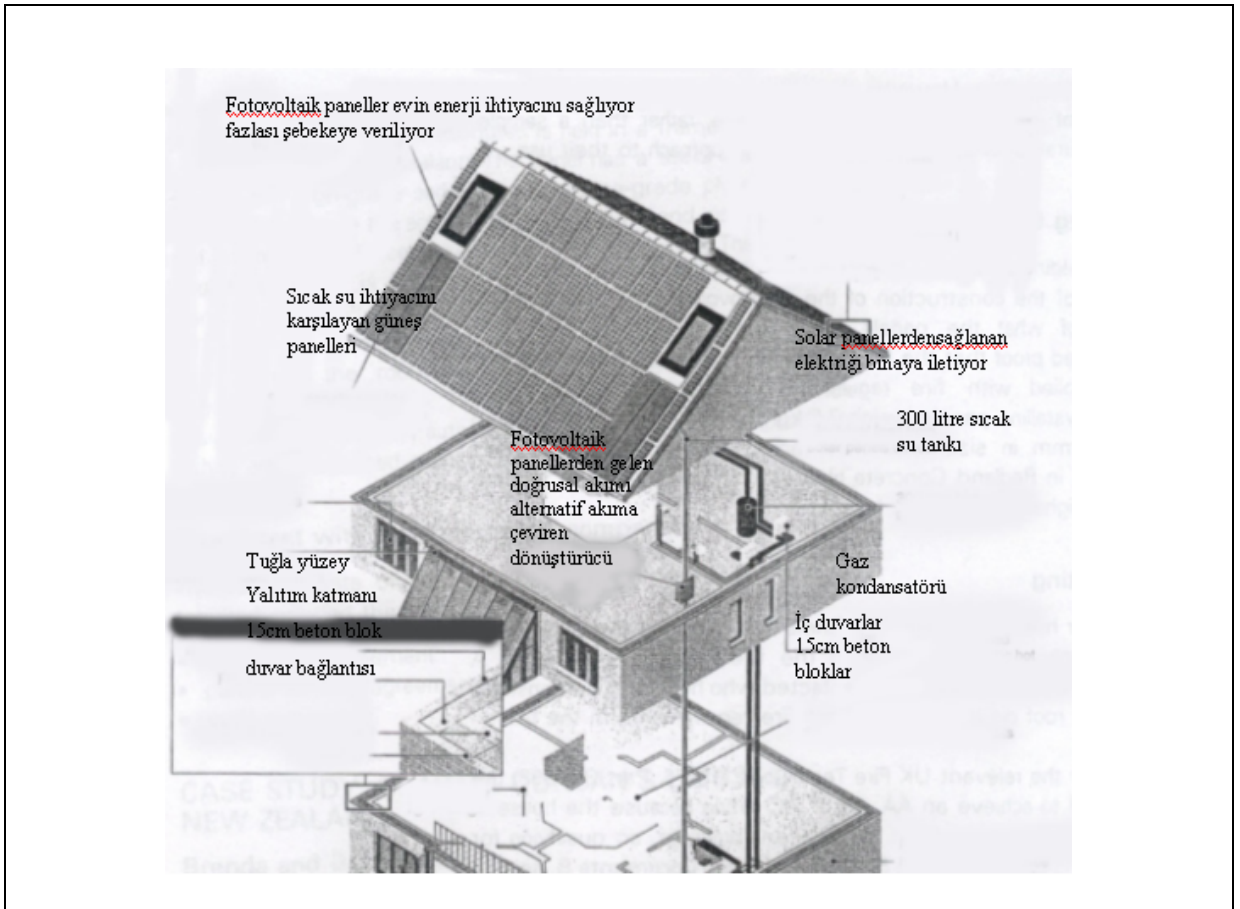
Çizelge 4. 19 Oxford Eko-Evi

<b>19. OXFORD EKO-EVİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Oxford, İngiltere
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman ve nemli okyanus iklimi
	<b>MİMAR</b>	Sue Roaf David woods
	<b>YAPIM YILI</b>	1995
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Oxford Eko-Evi banliyöde katlı kuzey-güney aksında uzanan bir evdir. Ev geleneksel boşluklu duvar yapım sistemi ile inşa edilmiştir. Bina hem ekolojik hem de kendi enerjisini kendisi karşılayan bir binadır. Toplam bina alanı 232 m<sup>2</sup>, sundurma ve güneş alanları 250 m<sup>2</sup>'dir. Oxford Eko-Evi İngiltere'nin fotovoltaik çatı ile yapılmış ilk düşük enerji evidir.</p> <p>Sıradan bir aile evi olarak tasarlanmış konutta 6 tane yatak odası bulunmaktadır. Ev 150 mm boşluk yalıtımı ile yalıtılmış ve iç duvarlar blok betondan yapılmıştır. Evin çatısında 350 mm , zemin katın altında ise 150 mm yalıtım kullanılmıştır. Çatı uzun tahtaların üzerine beton kiremitlerle oluşturulmuştur (Roaf, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Fotovoltaik paneller çatının güneye bakan tarafında çatı pencerelerinin aralarına monte edilmiştir. Ağaçlar tarafından gizlenmeyerek tamamen açıkta bırakılmıştır.</p> <p>Evin güneşlenme saatleri yazın 4 saat , kışın ise 0.6saat olarak hesaplanmış. Evin elektrik harcaması yılda 2131 kWh olarak hesaplanmıştır.</p> <p>Çatıda kullanılan fotovoltaik sistem 4kW'lık panellerden oluşmaktadır.</p> <p>Panellerden elde edilen enerjinin fazlası yerel elektrik şebekesine satılmaktadır (Roaf, 2001).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 1 260 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	





Şekil 4. 37 Binanın güneşlenme yüzeyleri (Roaf, 2001)



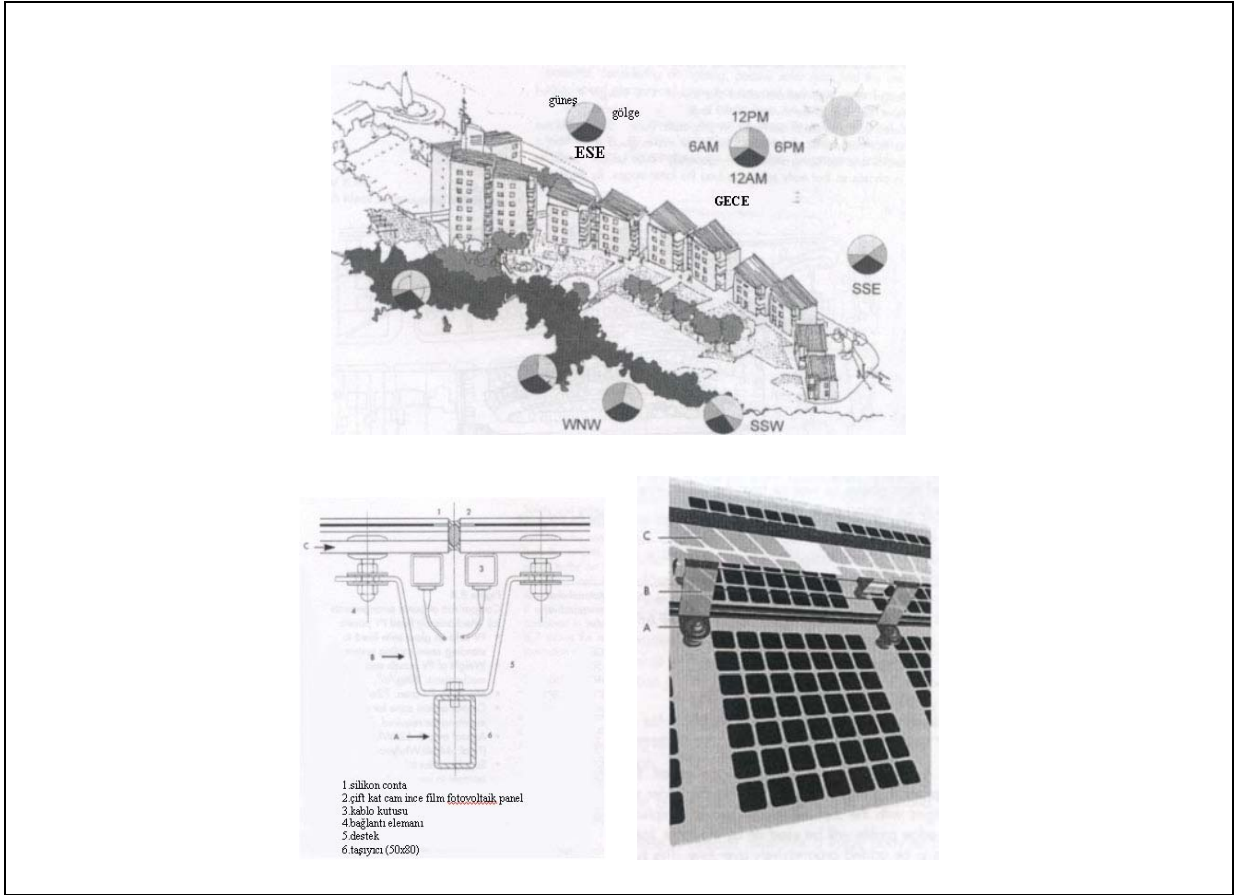
Şekil 4. 38 Çatıda Pv panel uygulama detayı (Roaf, 2001)

Çizelge 4. 20 Parkmount Yerleşimi

<b>20. PARKMOUNT YERLEŞİMİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Belfast , İrlanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman deniz iklimi
	<b>MİMAR</b>	Richard Partington
	<b>YAPIM YILI</b>	2000
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Belfast'ın merkezine 2 mil uzaklıkta bulunan Parkmount yerleşimi, kuzey-güney aksında uzanan uzun ve ince bir yerleşimdir. 56 tane çift ,4 tane tek yatak odalı yaklaşık 60 m<sup>2</sup> apartman dairelerinden oluşan yerleşim 35m genişliğinde ve 150m uzunluğundadır.</p> <p>Tasarımda, çalışma modeli ve yaşam stiline göre değişebilen konutlar ile yeşil alan ve güvenli oyun alanları tasarlamak amaçlanmıştır.</p> <p>Vaziyet planı oluşturulurken güneş enerjisinden maksimumda yararlanma hedeflenmiştir. Fotovoltaik yerleşimi küçük olmasına rağmen PV'ler, alan stratejisini bina formalarını ve görünüşlerini etkilemektedir (Thomas, 2001).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada fotovoltaik paneller çatılarda kullanılmıştır.</p> <p>Yerleşimde çatılarda maksimum 72 m<sup>2</sup> PV alanına yer verilmiştir. Kullanılan fotovoltaik paneller 20 kg/ m<sup>2</sup> ağırlığındadır.</p> <p>Fotovoltaik panellerin seçiminde hem ucuzluğu hem de performansı açısından yaklaşık 7-8 mm kalınlığında ince film modüller tercih edilmiştir (Thomas, 2001).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 4464 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	




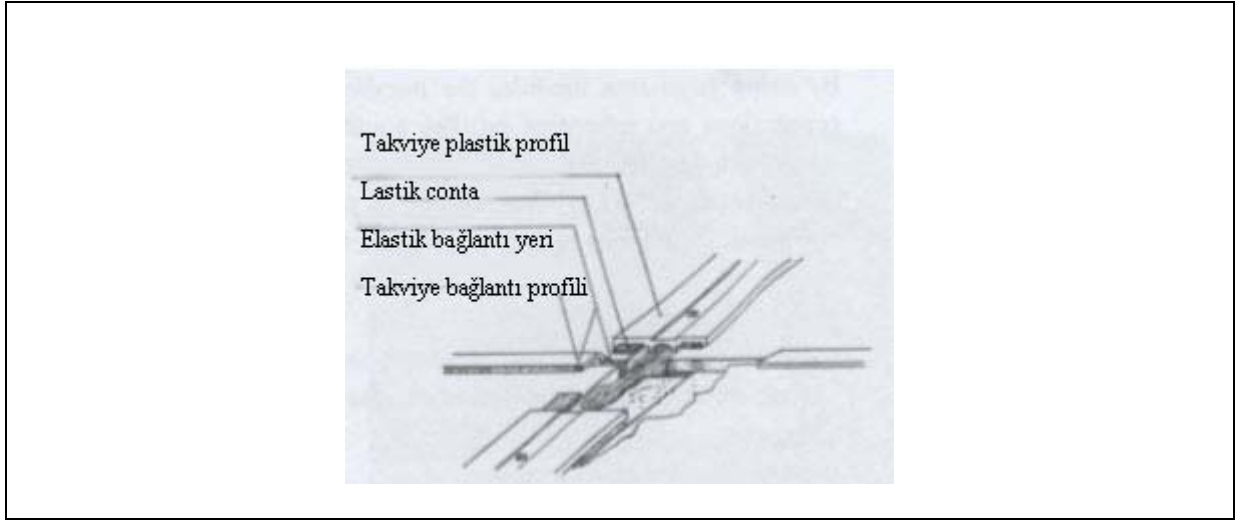
Şekil 4. 39 Vaziyet planı ve binaların silüeti (Thomas, 2001)



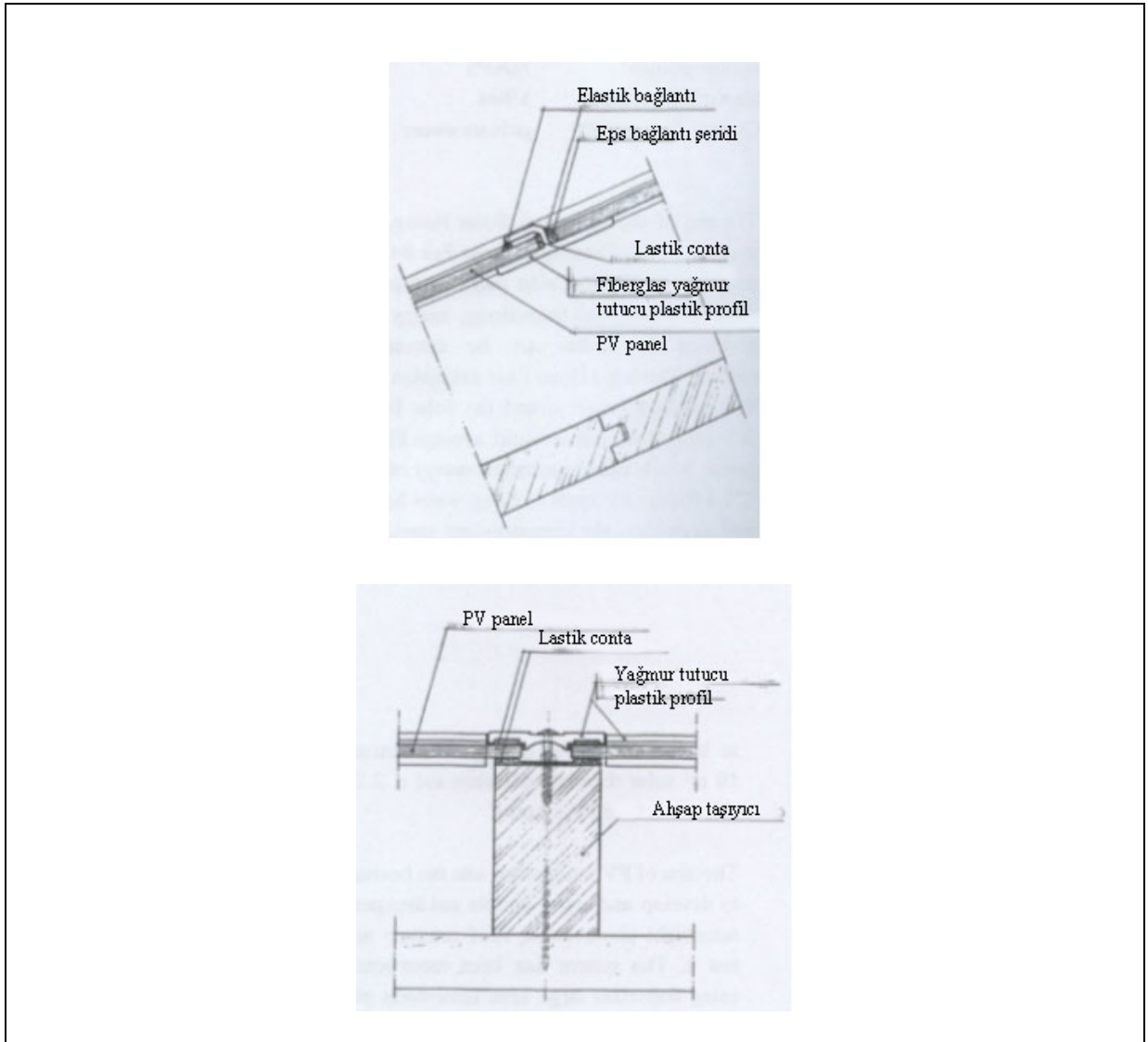
Şekil 4. 40 Çatılarda PV kullanımı (Thomas, 2001)

Çizelge 4. 21 Pietarsaari Güneş Evi

<b>21. PIETARSAARI GÜNEŞ EVİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Finlandiya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Tipik kuzey iklimi
	<b>MİMAR</b>	NPAS
	<b>YAPIM YILI</b>	1994
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Pietarsaari Güneş Evi 1994 yılında Pietarsaari Ev Fuarı için tasarlanmış ve fuar alanında kurulmuştur. Yapım amacı, ziyaretçilere ticari teknoloji ile evdeki enerji tüketiminin indirilebileceğini göstermektir. Ev fuar süresince 100.000'den fazla kişi tarafından ziyaret edilmiştir (Sick ve Erge, 2003).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>  	<p>Binada PV modüller çatıda kullanılmıştır.</p> <p>Pietarsaari Evi'nin ısıtma, su ve elektrik için ihtiyacı olan enerji, hesaplanarak 160-250kWh/m<sup>2</sup> bulunmuştur.</p> <p>Evde 10 m<sup>2</sup> solar termal kolektörler ve 2.2 kW'lık ızgara-bağlı fotovoltaik sistem yer almaktadır. Evde kullanılan fotovoltaik sistemin amacı basit ve ucuz PV sistemi geliştirmek ve test etmektir.</p> <p>2.2 Kw'lık amorf modüller, bütün çatıyı kaplayacak şekilde yerleştirilmiştir ve tekdüze bir görüntü sağlanmıştır.</p> <p>Geniş modüller kullanılarak bağlantı sayısı ve bağlantı profilleri minimize edilmiştir.</p> <p>Su geçirmez fotovoltaik çatı, çerçevesiz modüller kullanılarak var olan ahşap çatı konstrüksiyonuna lastik conta ve uzun dikey profillerle bağlanmıştır. Yatay derzler, alüminyum profiller ve elastik silikonla doldurulmuştur (Sick ve Erge, 2003).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 1650 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



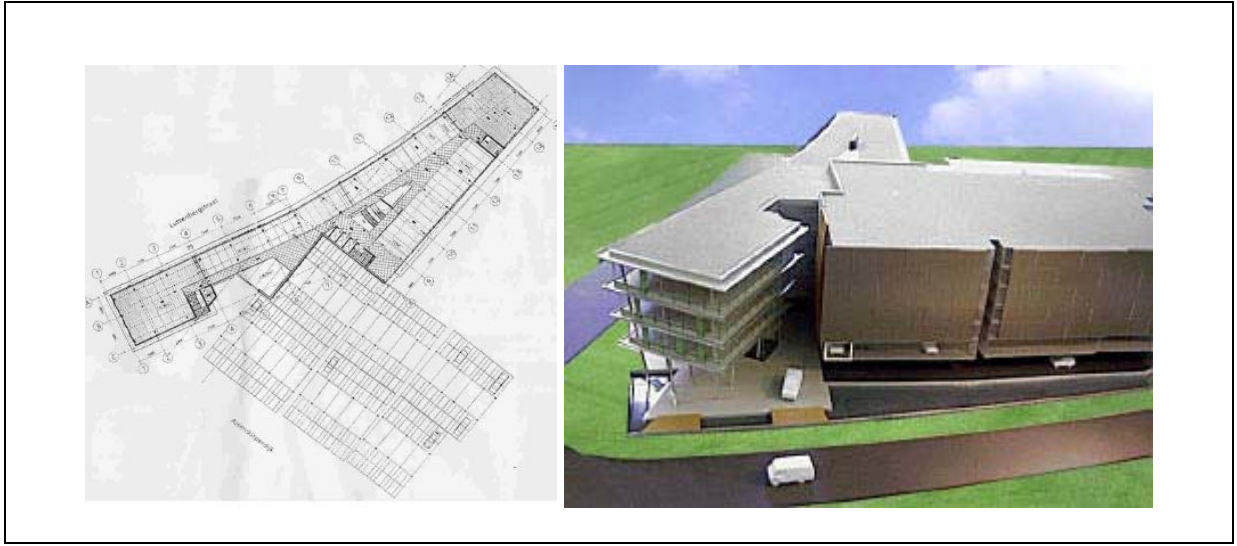
Şekil 4. 41 PV bağlantı detayı (Sick ve Erge, 2003)



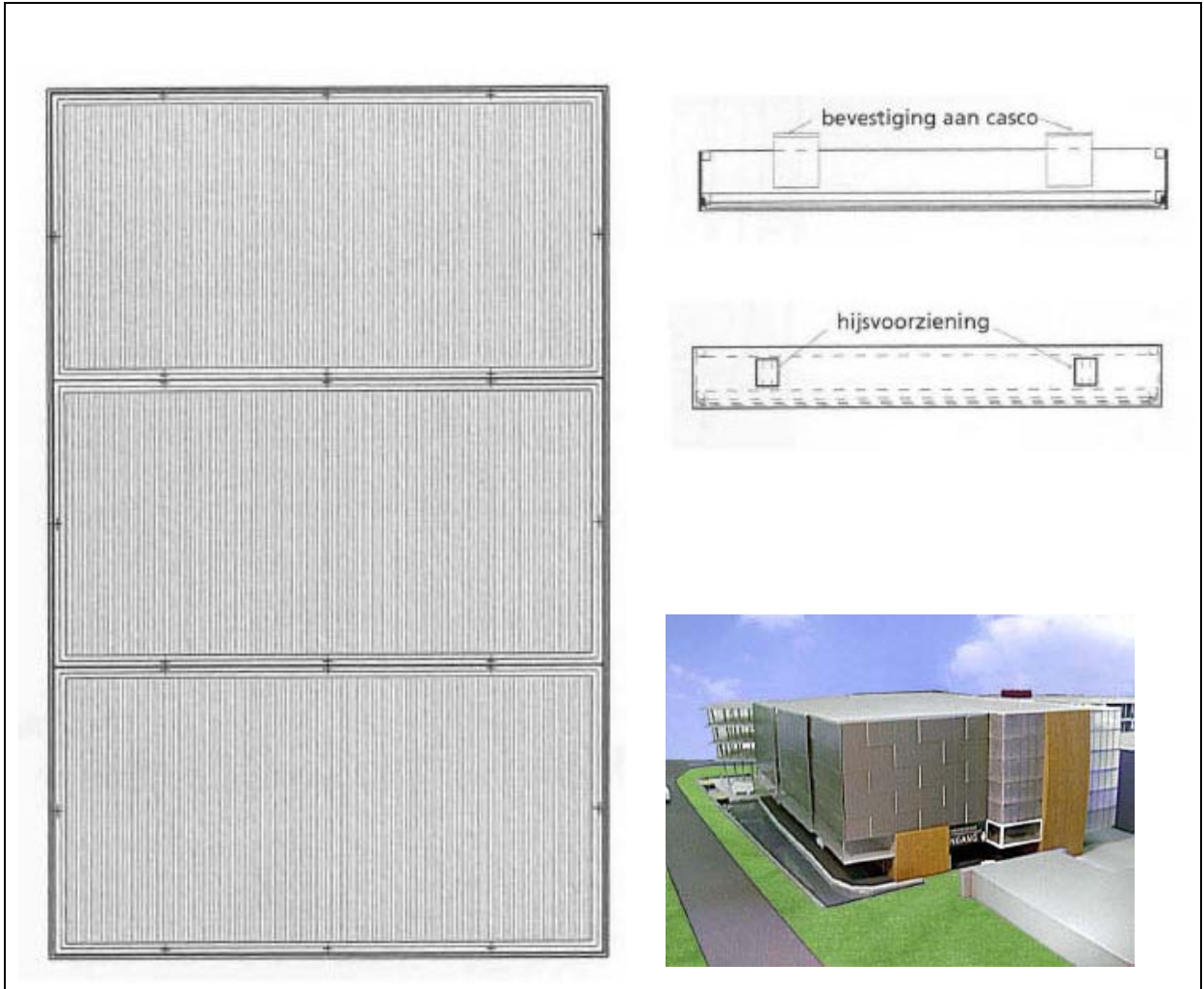
Şekil 4. 42 Çatı-PV montaj detayları (Sick ve Erge, 2003).

Çizelge 4. 22 Pv Garaj

<b>22. PV GARAJ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Garaj
	<b>YER</b>	Zwolle, Hollanda
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Rudy Uytenhaak Architectenbureau B.V
	<b>YAPIM YILI</b>	2001
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Proje Zwolle'nin merkezinde araç park yeridir. Araçlar otomatik kaldıraçlar kullanılarak park edilmektedir. Bu tasarım diğer ülkelerde de gelişmekte ve böylece m<sup>2</sup>'ye daha fazla araç sığmasına olanak sağlanmaktadır.</p> <p>Proje, kuzey-doğu Hollanda'da otomatik park etme sisteminin ilk örneğidir.</p> <p>Zwolle 100.000 insanın yaşadığı bir şehirdir. Hollanda'daki birçok şehirde olduğu gibi Zwolle'de de park yeri problemi yaşanmaktadır. Bu sorunu gidermek için yapılan binada 360 araçlık park yeri ve 6100 m<sup>2</sup> ofis alanı yer almaktadır. Park alanı genellikle ofis çalışanları tarafından kullanılmaktadır [26].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Projede, ofis alanının çatısında fotovoltaik sistem kullanılmamıştır.</p> <p>Park alanında 650 m<sup>2</sup> PV modüller güneybatı ve güneydoğu cephelerinde kullanılmıştır. Toplam güç 30 kW, yıllık enerji 30 MWh'dir.</p> <p>Projede geniş cepheler olduğu için amorf PV sistem kullanılmıştır. Amorf Pv'lerin avantajı rengidir. Çünkü geniş cephelerde amorf silikonun rengi çok kristalli silikon kadar göze çarpmaz ve bu nedenle mimarlar tarafından daha çok tercih edilir.</p> <p>Tercih edilen Pv'nin varolan cam cepheye uyumu açısından da doğru bir seçim olduğunun kanıtıdır.</p> <p>Proje şehir içindeki varolan kabuğa fotovoltaik uygulamasının bir örneğidir. Amorf Pv sistemlerin geleneksel kabuğa iyi bir alternatif olduğu gösterilmiştir.</p> <p>Binanın ihtiyacı olan tüm enerji karşılanmaktadır [26].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 15 000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 43 Binanın planı ve genel görünüşü [26]



Şekil 4. 44 PV detayları [26]

Çizelge 4. 23 SBIC Doğu Merkez Ofis Binası

<b>23. SBIC DOĞU MERKEZ OFİS BİNASI</b>	
	<p><b>İŞLEV</b></p> <p>Ofis</p>
	<p><b>YER</b></p> <p>Tokyo, Japonya</p>
	<p><b>İKLİM BÖLGESİ</b></p> <p>Ilıman iklim</p>
	<p><b>MİMAR</b></p> <p>Nihon Sekki Inc.</p>
	<p><b>YAPIM YILI</b></p> <p>1998</p>
<p><b>GENEL ÖZELLİKLER</b></p>	<p>Yapı, Şibuya'nın yeni gelişen şehir merkezi alanı ile çevrelenmiştir. Yamonete hattının tren yolu, inşaat alanının batı kısmı boyunca uzanmaktadır. Bu nedenle, güneş ışığı koşulları oldukça elverişlidir. Bununla birlikte, öğleden sonra güneşi boyunca havalandırma sistemine yüklenmeyi azaltmak için dikey hava deliklerinin etkili şekilde kabullenilmesi düşünülmüştür.</p> <p>Hem yıllık güç üretimi hesabı hem de kavramsal sistem dizaynı gölge koşulu çalışmasının sonuçlarına göre değerlendirildi ve sonunda bina dış yüzeyinin tamamlayıcı bir elementi olarak fotovoltaiik panellerin kullanımına karar verilmiştir [13].</p>
<p><b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b></p>	<p>Binada fotovoltaiik paneller cephede kullanılmıştır. PV Sistem gücü 30,5 kWp dır. Binada yarı saydam modül, eğimli modül, astar modül tipi, yarı saydam panjur modül tipi olam üzere 4 çeşit PV kullanılmıştır.</p> <p>0,9 kWp'lık yarı saydam modüller, mono kristal silikon yapıda, 15 adet ve 480x1528x14 mm boyutlarındadır. 5,1 kWp 'lık eğimli modüller, poli-kristal silikon yapıda, 60 adet, 530x1200x35 mm boyutlarındadır. 4,4 kWp'lık astar modüller, gri renk poli kristal silikon yapıda, 160 adet 190x1750x23 mm boyutlarındadır. 20,1 kWp'lık yarı saydam panjur modüller, mono kristal silikon yapıda, 240 adet 480x1825x14 mm boyutlarındadır. Toplamda, sırayla 30 kW'lık güç üreticisi olarak 4 adet çevirici yerleştirildi. SBIC doğu binası, yapı dergilerinde bina dizaynında tamamıyla PV'nin kullanıldığı ilk Japon örneği olarak yayınlandı [13].</p>
	<p><b>ENERJİ KAZANIMI</b></p> <p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 12 160 kWh'lik enerji elde edilmektedir.</li> </ul>





Şekil 4. 45 Binanın iç görünüşleri [13]



Şekil 4. 46 PV görünüşler [13]

## Çizelge 4. 24 Shellharbour İşçi Kulübü

<b>24. SHELLHARBOUR İŞÇİ KULÜBÜ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Ticari
	<b>YER</b>	Sidney, Avustralya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Tropik İklim Kışlar ılık ve yazlar sıcak
	<b>MİMAR</b>	Caroline Pidcock Richard Goodwin
	<b>YAPIM YILI</b>	1982
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Shellharbour İşçi Kulübü, Shellharbour şehrinin hızlı gelişen bir bölgesinde Wollongong ve Kiama arasında, Sidney'e 80km uzaklıkta yer almaktadır.</p> <p>Kulübün 20 bin üyesi bulunmaktadır ve her yıl binlerce kişi ziyaret etmektedir.</p> <p>Orijinal bina 1982'de tamamlanmıştır. Verandası ise daha sonra inşa edilmiştir.</p> <p>Binada; küçük bir bar, iki tane restoran, çalışma odaları ve 237 poker makinası bulunmaktadır.</p> <p>1500 m<sup>2</sup>'lik veranda kuzey, kuzeydoğu ve güney cephelerinde konumlandırılmıştır. 500 insanın oturup yemek yiyeceği genişlikte bir alandır. Bu veranda düğün ve partiler içinde kullanılmaktadır [18].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Verandanın doğu ve kuzeye bakan kırıklı formdaki çatısı fotovoltaik panellerle oluşturulmuştur. Yapısal formu konik biçimde oluşturulmuş çatı çelik makaslarla taşınmaktadır. Sistem 22 kW'lık elektirik üreten modüllerden oluşturulmuştur.</p> <p>Fotovoltaik paneller, ince tabakalar halinde cam modüllerden oluşturulmuştur. Böylece, güneş ışığı çatıdan süzülerek verandanın içine kadar ulaşabilmektedir.</p> <p>Fotovoltaik sistemle sağlanan enerji 4 tipik Avustralya evinin elektrik gücünü sağlayacak şekildedir [18].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 25.000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



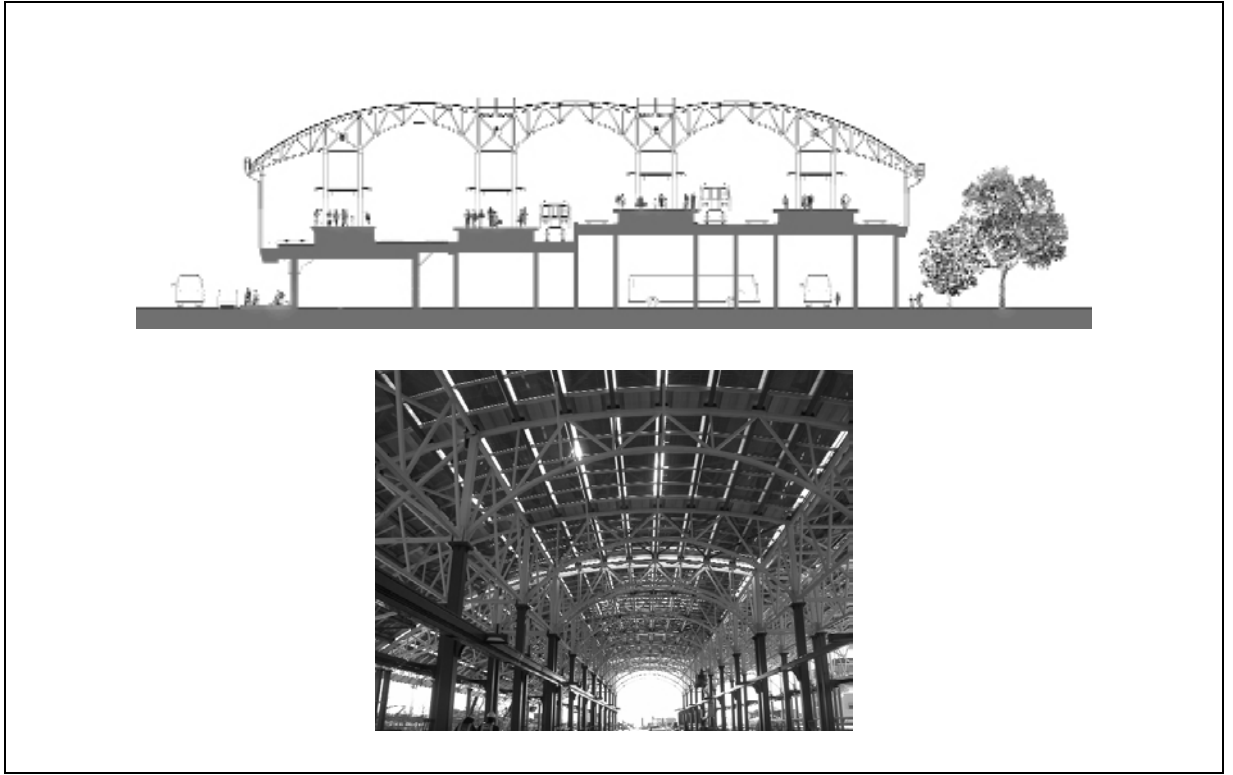
Şekil 4. 47 Genel görünüşler [18]



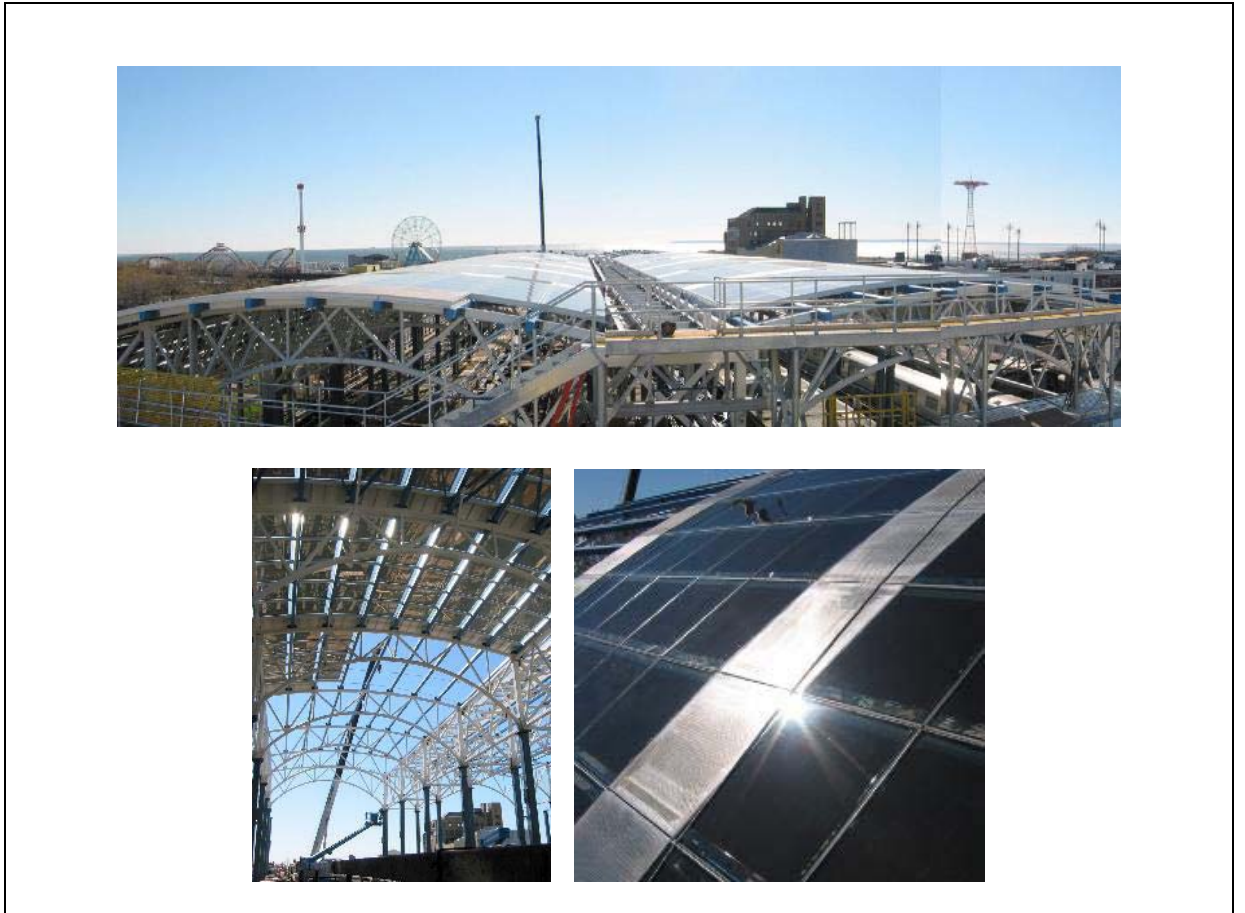
Şekil 4. 48 Taraça görünüşleri [18]

## Çizelge 4. 25 Stillwell Caddesi Terminali

<b>25. STILLWELL CADDESİ TERMİNALİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Terminal
	<b>YER</b>	Newyork, ABD
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve nemli geçer
	<b>MİMAR</b>	Daniel Burnham
	<b>YAPIM YILI</b>	2002
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Newyork Hızlı Transit Batı Terminali, Stillwell ve Surf Caddelerinin köşesinde 1919 yılında açılmıştır. Stillwell Caddesi Terminalinin yenilenmesi yapılırca dünyanın en geniş hızlı transit terminali olmuştur. Projenin başlamasından önce 2002 yılında trenler başka tarafa kaydırılmıştır. Yolcu sayısı haftaıçi 10.000 kişi, haftasonu 7.000 kişidir. Yazın ise bu rakamlar haftaıçi 13.000, haftasonu 15.000 yolcudur.</p> <p>Newyork Hızlı Transit terminalinin ilk etabı olan Stillwell Avenue Terminalinin yenilemesi 2002 mayıs ayında tamamlanmıştır [20].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Projede PV modüller çatıda kullanılmıştır.</p> <p>Sekiz tane rayın üzerini örten cam gölgeğin aralarına yerleştirilen fotovoltaik paneller istasyonun enerji ihtiyacını karşılamaktadır.</p> <p>Çatının yenilenmesinde 76.000 feet<sup>2</sup> cam ve çelik kullanılmıştır. Çelik konstrüksiyonun üstü yarı transparan fotovoltaik modüllerle kaplanmıştır.</p> <p>Üç kavisli çatıda, cam tabakalar arasında fotovoltaik paneller yerleştirilmiştir [20].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 240.000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 49 Binanın kesiti ve çatıdan görünüş [20]



Şekil 4. 50 Çatıda PV detayları [16]

## Çizelge 4. 26 Vest Agder Tedavi Merkezi

<b>26. VEST AGDER TEDAVİ MERKEZİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Sağlık
	<b>YER</b>	Lund, Kristiansand Vest Agder yerleşimi, Norveç
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Egerdahl & Nordbo AS
	<b>YAPIM YILI</b>	2004
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Vest Agder Kliniği, Kongsgard'da eski bir çiftlikte, şehir merkezine 3 km uzaklıkta yer almaktadır. Çiftlikte, eski bir çiftlik evi, geleneksel beyaz bir ev, 1998' de yapılmış yeni bir ofis binası ve eski bir ahır bulunmaktadır. Çiftlik hoş bir çevrede, geniş kayın ve meşe ağaçları içinde, bahçeler ve rekreasyon alanları içindedir.</p> <p>Klinik binası, bodrum dahil 4 katlıdır. Her kat farklı hasta grupları için ayrılmıştır. Toplam 2200 m<sup>2</sup>'dir. Giriş katında ve 1. katta, 12 küçük yatak odası ve banyo, içinde mutfak yer alan, genel kullanıma açık bir oda bulunmaktadır. 2. katta, 14 küçük yatak odası ve banyo, 4 tanede de kilitli karantina odası bulunmaktadır [26].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada fotovoltaik modüller güney cephesinde gölgeleme elemanı olarak kullanılmıştır.</p> <p>Cephelelerde doğal taş ve ahşap kaplama kullanılmıştır. Fotovoltaikler cephelelerde kullanılmış ve birleştirilmesi için iki farklı yol kullanılmıştır. Binanın güney köşesinde alüminyum sistemli bir perde duvar tasarlanmış ve fotovoltaik modüller bu duvara monte edilmiştir. Güney cephesinde ise Pv'ler gölgeleme elemanı olarak kullanılmıştır. Güneşin geliş açısı hesaplanarak Pv'lerin boyutlandırılması yapılmıştır. 5-6kW'lık Pv'lerden 130cm uzunluğunda modüller oluşturularak bina cephesiyle 35° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir.</p> <p>Binanın tüm masrafı Vest Agder ilçesi tarafından karşılanmıştır. Proje, Norveç'te geleneksel mimariye göre yapılmış binaların Pv ile nasıl birleştireceğini göstermiştir [26].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 1 800 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	



Şekil 4. 51 Planlar [26]

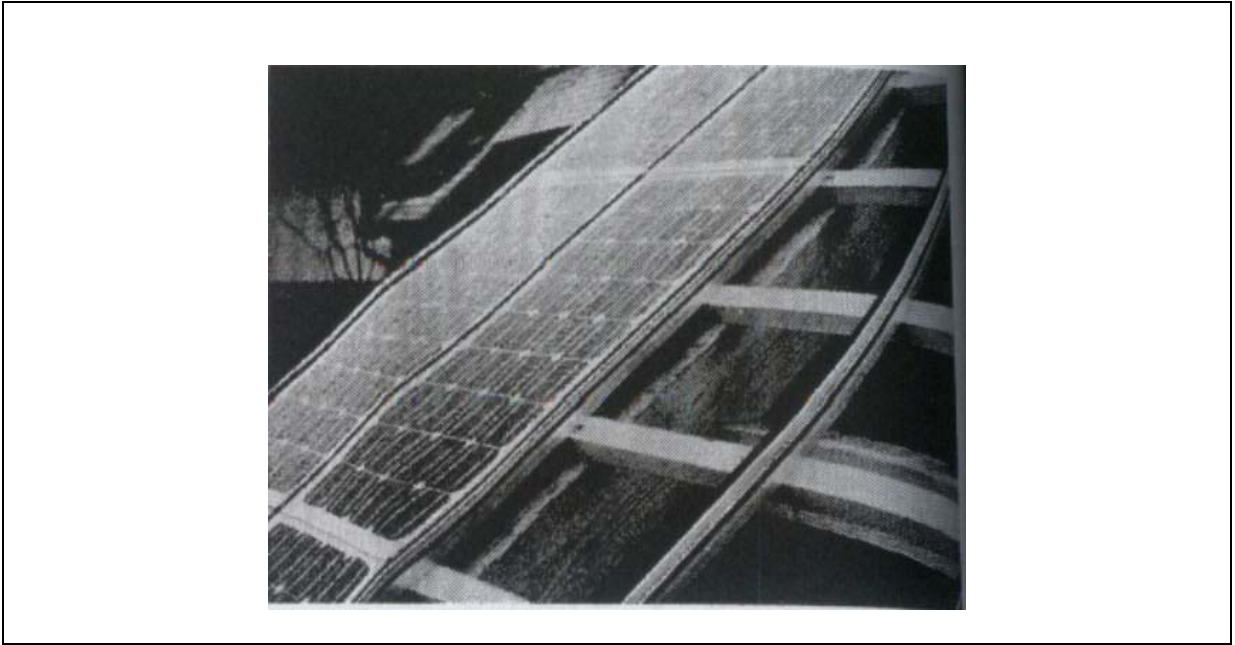


Şekil 4. 52 PV detayı ve görünüşler [26]

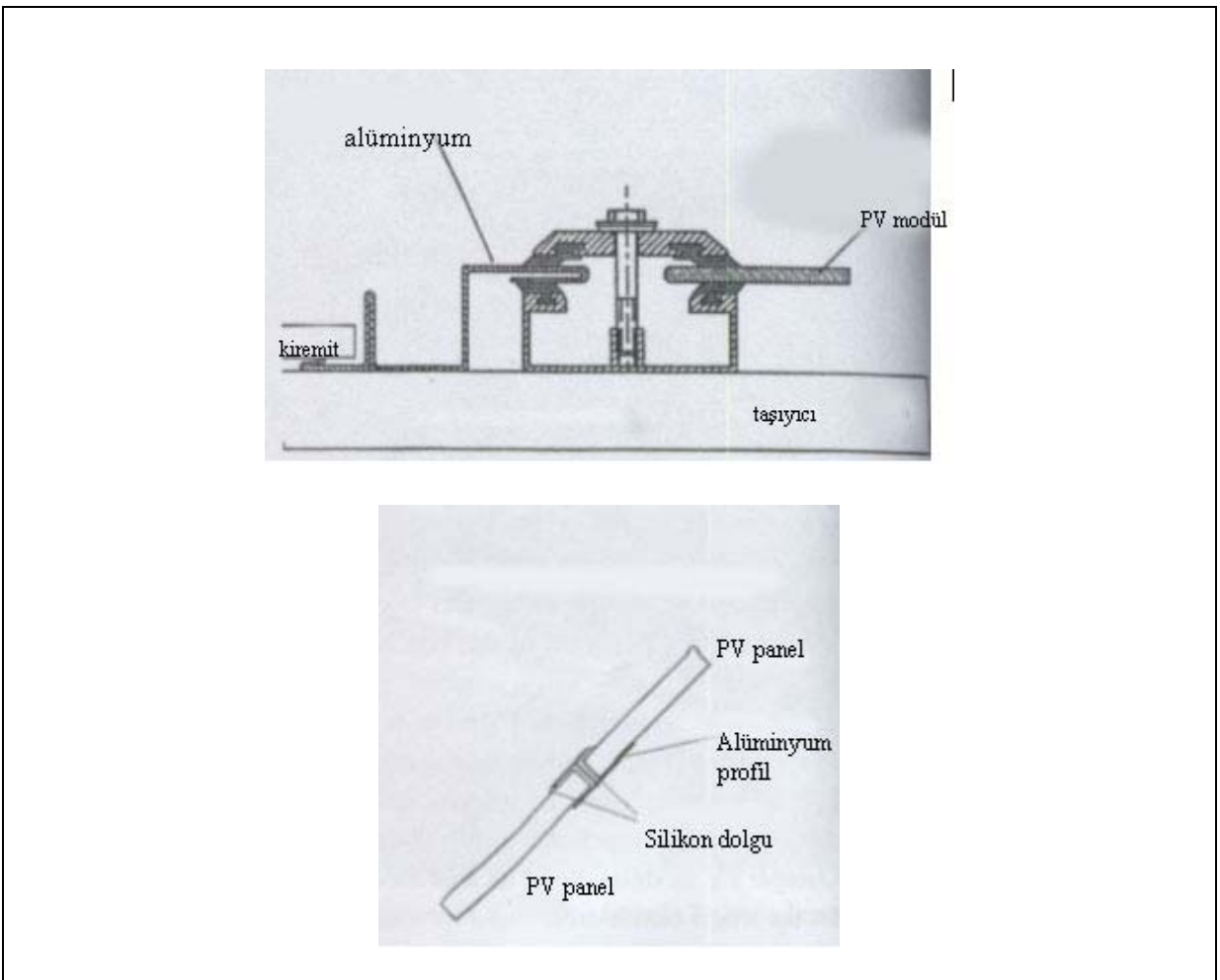
Çizelge 4. 27 Weiss Evi

<b>27. WEISS EVİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Konut
	<b>YER</b>	Gleisdorf, Avusturya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Avusturya 200 kw Çatı projesi
	<b>YAPIM YILI</b>	1992
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Mr.Weiss ve ailesi için tek aile evi olarak tasarlanmış bina, Avusturya'nın güneyinde küçük bir şehir olan Gleisdorf'dadır. Avusturya 200 kw çatı programı dahilinde tasarlanan düşük enerjili binanın çatısında fotovoltaik paneller kullanılmıştır. Evin yaşama alanı 150 m<sup>2</sup>'dir. Ev odun sobası ve pasif solar sistem sayesinde ısıtılmaktadır (Sick ve Erge, 2003).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>  	<p>Binanın çatısında 2kw'lık fotovoltaik modüller kullanılmıştır. Solar modüllerin ahşap çatı konstrüksiyonunun ile daha iyi bütünleşmesi için laminat paneller kullanılmıştır. Solar paneller her modülde 4 sıra olacak şekilde yerleştirilmiştir. Fotovoltaik panellerin arasına silikon sıkılmış ve alüminyum profillerle birbirlerine tutturulmuştur.</p> <p>Mr.Meiss ve ailesi, kendilerine ait bir enerji verim cihazı kullanmaktadırlar.</p> <p>8 m<sup>2</sup> termal güneş kolektörleri ile sağlanan sıcak su bulaşık ve çamaşır makinalarında kullanılmaktadır (Sick ve Erge, 2003).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 2135 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	






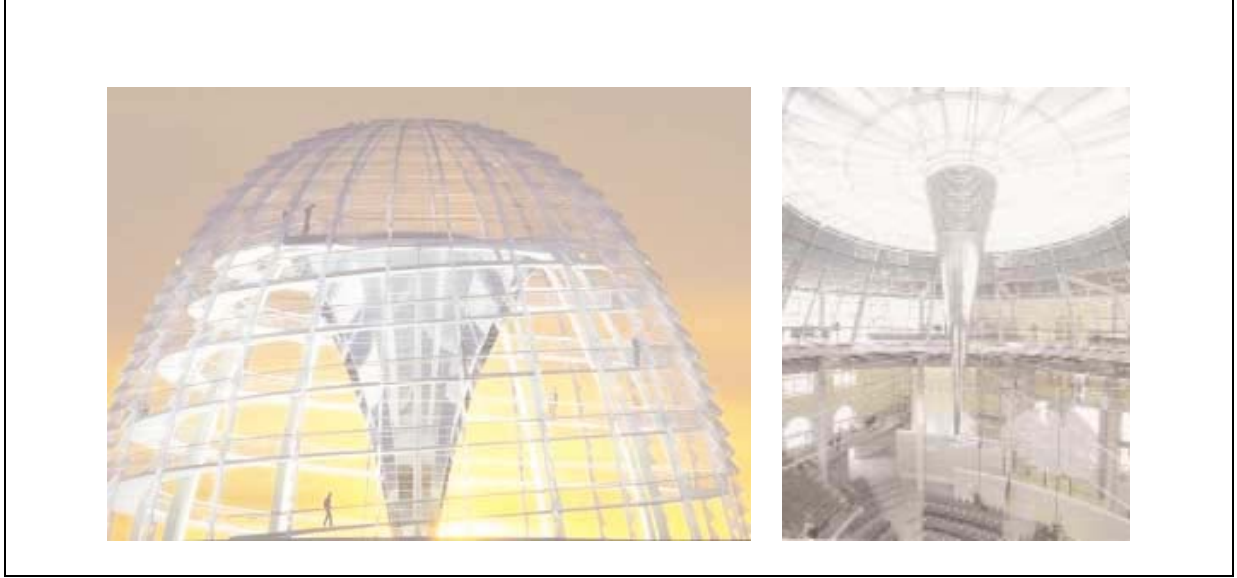
Şekil 4. 53 Çatıda PV görünüşü (Sick ve Erge, 2003)



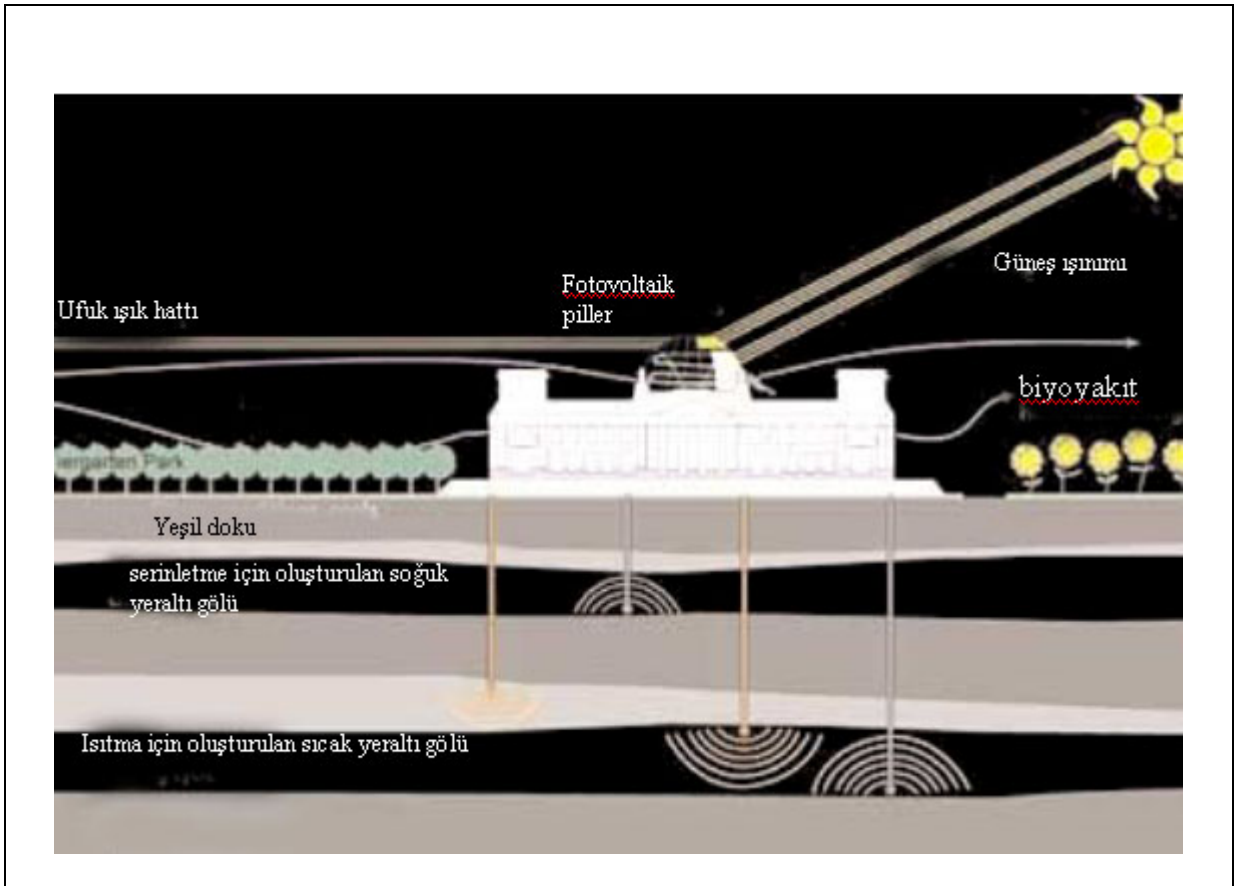
Şekil 4. 54 PV uygulama detayları (Sick ve Erge, 2003)

Çizelge 4. 28 Reichstag Alman Parlamento Binası

<b>28. REICHSTAG ALMAN PARLAMENTO BİNASI</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Ticari
	<b>YER</b>	Berlin, Almanya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Normen Foster
	<b>YAPIM YILI</b>	1989 (1894)
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Berlin’de 1894 yılında Birleşik Almanya Meclisi olarak yapılan neoklasik bir yapıdır. 1989 yılında soğuk savaşın bitmesiyle Reichstag binasının restore edilmesi gündeme gelmiştir. Proje ve uygulama kapsamında, binanın mümkün olduğu kadar korunması amaçlanarak, toplantı salonunu üzerini örten şeffaf kubbenin yanı sıra bina genelinde restorasyon, teknolojik, ekolojik ve enerji etkin tasarım ölçütlerinin bilinçli kullanılması esasına dayanmaktadır. Projede devlet yönetiminde güncelliği olan ve yükselen değerlerin, yenileme projesine yansıtılması amaçlanmıştır. Almaya çevreye ilişkin yasalarıyla dünyaya rehberlik etmektedir (Utkutuğ, 2002).</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Toplantı salonunun üzerinde yer alan ve hareketli cam panellerden oluşan kubbesinde fotovoltaik paneller kullanılmıştır. 37 kWh’lik toplam 370 m<sup>2</sup> panel yüzeyi bulunmaktadır. Pencerele gereksiz ısı kaybını azaltmak için dıştan ikinci bir kabuk giydirilmiştir. Ayrıca binada yakıt gereksinimi de tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır (Utkutuğ, 2002).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<p>Pv'lerden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 30 000 kWh enerji sağlanmaktadır.</li> </ul>	



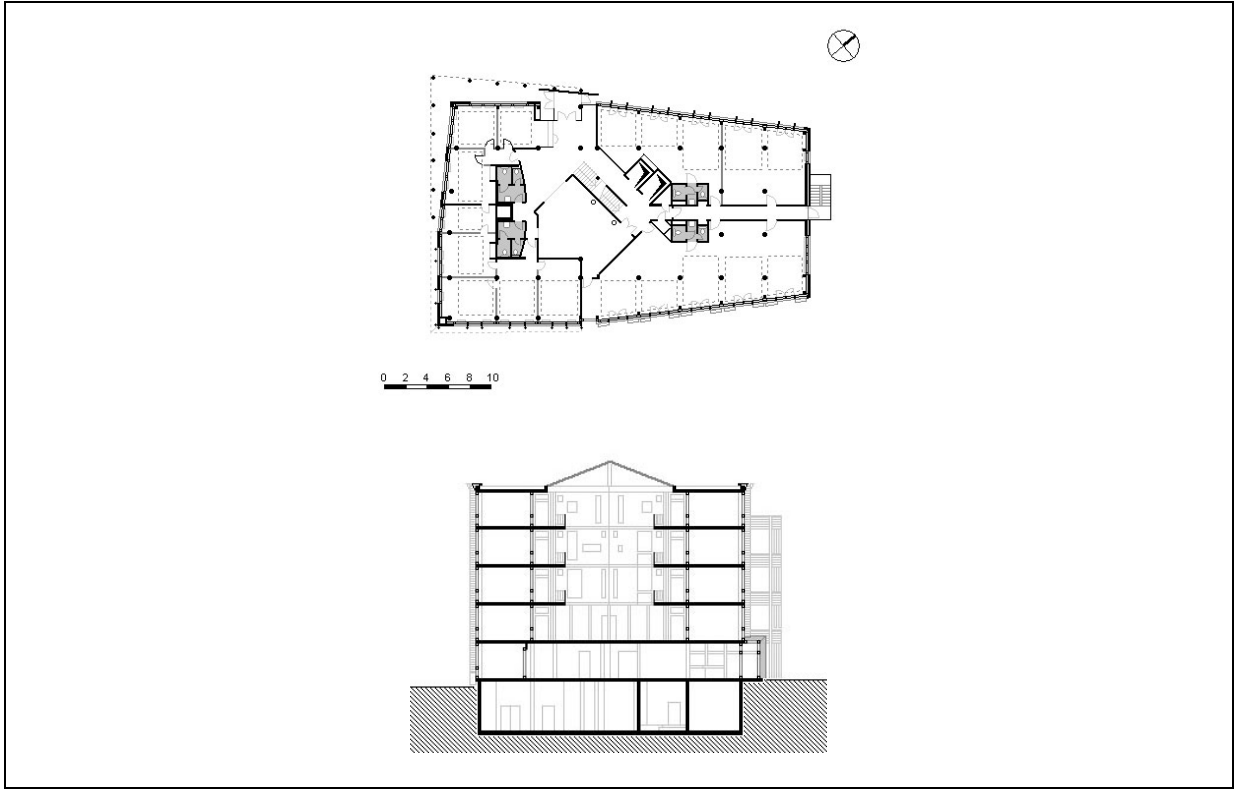
Şekil 4. 55 Kubbenin görünüşü (Utkutuğ, 2002).



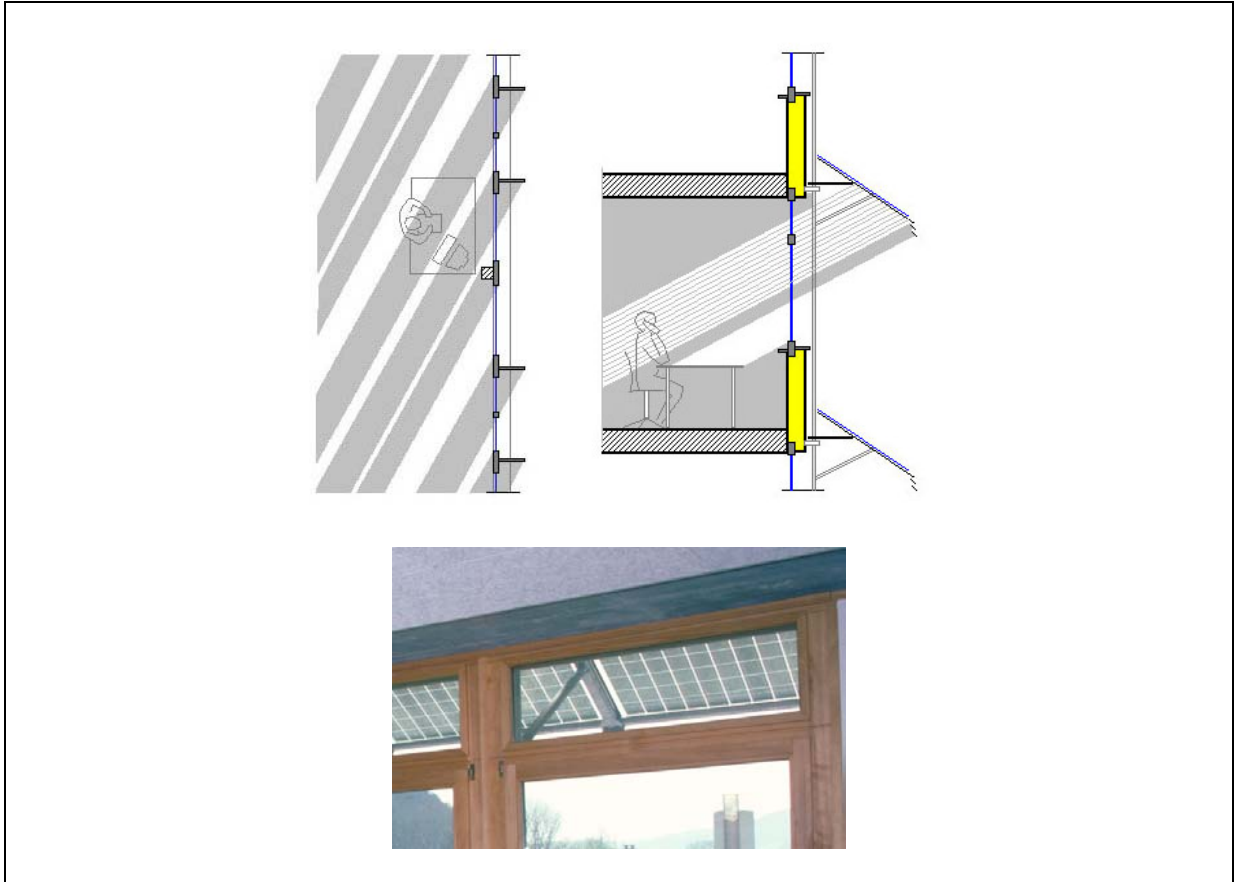
Şekil 4. 56 PV panel detayları [27]

Çizelge 4. 29 Tenum Binası

<b>29. TENUM BİNASI</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Ofis
	<b>YER</b>	Liestal, İsviçre
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Ilıman iklim
	<b>MİMAR</b>	Artevetro Mimarlık
	<b>YAPIM YILI</b>	1998
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	Yapı sektöründe enerji ve çevre problemleriyle ilgilenen kuruluşları barındıran Tenum Binası ekolojik kaygılar dikkate alınarak tasarlanmıştır. Yönlenme, doğal aydınlatma ve güneş kontrolü unsurlarına öncelik verilen binada fotovoltaiik panellerde kullanılmıştır. Mimaride ekolojik duyarlılık, malzeme kullanımı ve enerji konseptiyle vurgulanmıştır (Canan, 2003).	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b> 	<p>Binada cephede toplam 80m<sup>2</sup> yüzeye fotovoltaiik paneller yerleştirilmiştir. 6.9 Kw gücünde 40 modül güney-doğu cephesinde yer almaktadır. 1 Kw gücünde 24 adet modül ise güney-batı cephesine yerleştirilmiştir. Binada elde edilen enerji senelik 6300 litre benzin kullanımına eşdeğerdir. Araba park alanında yer alan prizlerle elde edilen enerji araçların şarj edilmesinde kullanılmaktadır. Bu araçlar, personel tarafından kısa mesafelerde iş takiplerinde kullanılmaktadır.</p> <p>Güneş kırıcı elemanlarda yer alan yarı şeffaf PV modüller, metalik strüktürlü bir iskeleye yerleştirilmiştir. Güneş kırıcılar doğal ışıktan faydalanmayı da sağlamaktadır (Canan, 2003).</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	Pv'lerden <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yılda 9000 kWh enerji elde edilmektedir.</li> </ul>	




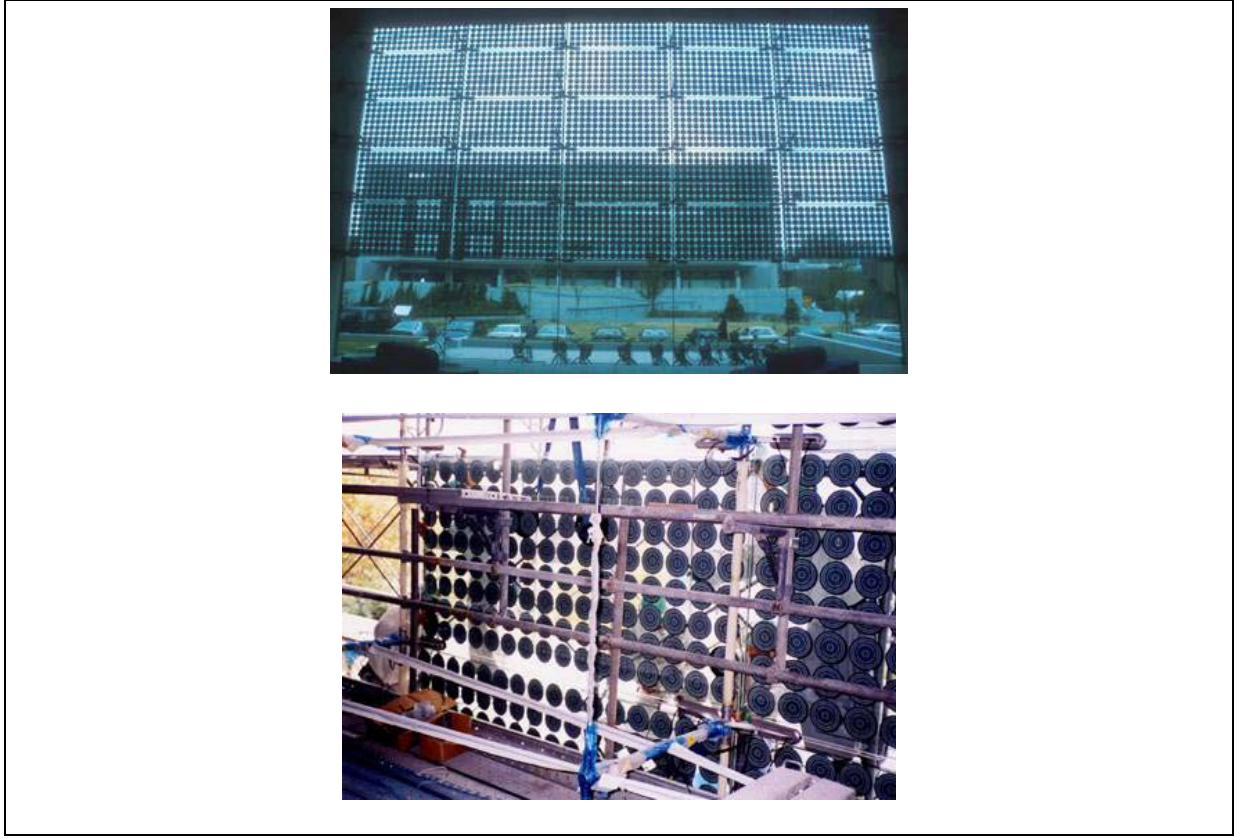
Şekil 4. 57 Binanın plan ve kesiti (Canan, 2003).



Şekil 4. 58 Binada PV kullanımı (Canan, 2003)

## Çizelge 4. 30 Tsukuba Araştırma Merkezi

<b>30. TSUKUBA ARAŞTIRMA MERKEZİ</b>		
	<b>İŞLEV</b>	Ticari
	<b>YER</b>	Japonya
	<b>İKLİM BÖLGESİ</b>	Tropikal iklim
	<b>MİMAR</b>	BIPV
	<b>YAPIM YILI</b>	2001
<b>GENEL ÖZELLİKLER</b>	<p>Tsukuba Açık Uzay Laboratuvarı (AUL), araştırma merkezi için tasarımcılarından öncelikle 250 kWp'lık bir fotovoltaik sistem geliştirmelerini istendi. Tsukuba AUL bu tasarım için fizik, enformasyon bilimi, biyoloji ve biyoteknoloji olmak üzere dört farklı disiplinden yararlanarak yüksek esneklikte yarar sağlayacak bir sistem kullanmıştır [13].</p>	
<b>FOTOVOLTAİK KULLANIMI VE KULLANILAN PV'LERİN ÖZELLİKLERİ</b>	<p>Binada fotovoltaik paneller cephede kullanılmıştır. Tsukuba AUL'nda uygulanan tasarım, yuvarlak solar hücrelerle birleştirilmiş cam duvar tekniğini içermesi bakımından kullanılmıştır. Cephede yuvarlak solar pil modülü kullanılmıştır. Kullanılan cam duvar hem enerji jeneratörü hem de gizli enerji koruyucu olarak işlev yapmış, böylece tasarım geliştirmede yeni bir kapı açmıştır. PV sistemin gücü, Yapısal cam duvarlarda 7,2 kW , saçaklarda 1,3 kW ve aydınlatmada 2 kW olamk üzere toplamda 10,5 kW'dır. Sistemde, PV Yapısal cam duvarlarda kullanılan mono-kristal silikon 150 mm dairesel tipte olup toplam boyutu 2676 mm x 1360 mm'dir. Binada saçaklarda ise 125 mm x 125 mm boyutlarında poli-kristal silikon paneller kullanılmıştır. Aydınlatmada ise amorf silikon paneller kullanılmıştır [13].</p>	
<b>ENERJİ KAZANIMI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Henüz hesaplanamamıştır.</li> </ul>	



Şekil 4. 59 Cephede PV kullanımı [13]



Şekil 4. 60 PV uygulama detayları [13]

İncelen binalar kapsamında bu bölümün değerlendirilmesi yapıldığında,

- Enerji kullanımına ilişkin kaygıların tüm binalarda öne çıktığı görülmektedir. Minimum enerji tüketimi ile maksimum enerji kazancı sağlama düşüncesi bina kabuğunda kullanılan Fotovoltaik panellerle sağlanmaktadır.
- Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi kullanımı yoluyla çevreye verilen zararı en aza indirme kaygısı önem kazanmaktadır.
- Bina formu, enerji sağlamayı artırıcı yönde önemli bir etkidir. Uygulanan bina formlarıyla güneş görme yüzeyi maksimuma çıkarılmıştır.
- İncelenen projelerin tamamında bölgenin iklimsel özellikleri dikkate alınarak geliştirilen tasarımlar söz konusudur. Binanın güneş alma saatlerine göre PV yüzey alanı belirlenmekte ve yönelme tüm yapılarda önem kazanmaktadır.
- Tasarımların çoğunda iç mekanlar esneklik kavramı çerçevesinde şekillenmektedir.
- Dayanıklı ve uzun ömürlü malzeme seçimi tüm yapılarda raslanan ortak özelliktir.

İncelenen 30 binada çatı, cephe ve gölgeleme elemanı olarak fotovoltaik kullanım yüzdeleri çizelgede gösterilmiştir. Çizelge 4.31'den anlaşılacağı gibi PV modüller çatılarda yaygın olarak uygulanmaktadır.

Çizelge 4. 31 PV modül kullanım yüzdeleri

PV'lerin Kullanım alanları	Kullanım yüzdeleri (%)
Çatıda kullanımı	%50
Cephede kullanımı	%20
Çatı ve cephede kullanımı	%16.6
Cephede düşeyde ve gölgeleme elemanı olarak beraber kullanımı	%3.4
Çatıda kullanımı ve cephede gölgeleme elemanı olarak beraber kullanımı	%10



## 5. SONUÇLAR

Tüm dünyada gelişmişliğin bir göstergesi olan enerjinin, büyük miktarının yenilenemeyen kaynaklardan sağlanması ekolojik dengede geri dönüşü olmayan tahribatlara yol açmaktadır. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi ile dünya gündemini işgal eden ve 20.yy'ın sonlarında daha da artarak baş gösteren çevresel sorunlar insanların ilgisini, doğaya ve onun hassas dengesine çekmiş ve çevre sorunlarına neden olmayan yeni enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan bu enerji kaynakları,

- Biyokütle enerjisi
  - Jeotermal Enerji
  - Hidrojen Enerjisi
  - Hidroelektrik Enerji
  - Rüzgar Enerjisi
  - Güneş Enerjisi
- olarak sıranabilir.

Son 50 yılda yaşanan çevre sorunlarının sonucu olarak, tüm sektörlerde ekolojik yaklaşımlar önem kazanmıştır. İnsanlar geç de olsa ekosisteme verdikleri zararları görmeye başlamıştır. Çevre konusunda bilinç düzeyi, bütün dünyada armaya devam etmektedir. Bunun sonucunda, bugünü olduğu kadar geleceği de düşünerek enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamak ve böylece çevre sorunları yaratmamak bir gereklilik olmaktadır.

Dünyada tüm bu çevresel sorunlar yaşanırken, doğaya doğrudan müdahale eden mimarlık disiplininin de yaşanan bu çevresel gelişmelere tepkisiz kalması beklenemezdi. Çünkü, dünyamızın karşı karşıya kaldığı çevresel sorunlarda bina yapım ve işletim faaliyetinin de önemli rolü vardır. Bu anlayış, binanın inşaatında kullanılmak üzere gereken bütün malzemelerin üretimi ve taşınmasından başlayarak, bina kabuğu, elektrik ve mekanik sistemlerin tasarımı ve bina ömrünü tamamladığında girdilerin dönüştürülerek yeniden kullanılmasına kadar uzanan geniş bir alanı içermektedir.

İnsanlığın varoluşundan beri önceleri hiçbir teknoloji kullanmadan yararlanılan, yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisi, yaşanan bu gelişmelerin paralelinde ekolojik döngülerin korunumunda ve yaşanabilir bir çevre oluşturulmasında gelişen teknoloji ile birlikte tüm sektörlerde en önemli enerji kaynağı olmuştur. Mimarlıkta güneş enerjisinden yararlanma,

- Pasif Güneş Sistemleri: Kış bahçesi veya trombe duvarı
- Aktif Güneş Sistemleri: Güneş kolektörleri ve fotovoltaik sistemler

olmak üzere 2 temel yöntemle sağlanmaktadır.

Gelişmiş ülkeler, sürdürülebilir kalkınma planları kapsamında yer alan sürdürülebilir enerji politikaları ile, yaşam standardını yükseltecek ve çevreye zarar vermeyecek teknolojik önlemleri almaktadır. Bu bağlamda güneş enerjisinden aktif yararlanma sistemlerinden biri olan ve güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik panellerin önemi artmaktadır.

Başlarda maliyeti yüksek olan fotovoltaik modüller önce üniversitelerin araştırma laboratuvarlarında, sonraları özellikle elektrik şebekesinin olmadığı yerlerde enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla ve kullanılmaya başlanmıştır. Gelişmiş ülkelerde çevre bilincinin artması ve oluşan bilinçli politikalarla, fotovoltaik panellerle binaya enerji sağlamada, güneş ışınlarına direkt maruz kalan bina kabuğu önemli bir rol üstlenmiştir. Bina dış kabuğu alıcı bir yüzey olarak kabul edildiği zaman, eğim açısı farklı olan 2 alıcı yüzey bulunmaktadır:

- Çatılar
- Cepheler

Fotovoltaik panellerden elektrik eldesi, panellerin güneş ışığını dik alması prensibine dayandığı için, çatı uygulamalarında, paneller üzerinde hem gölge olmaması hem de eğimi nedeniyle verimi cepheye göre daha fazladır. Ayrıca panellerin çatıya uygulaması cepheye uygulanmasından daha kolaydır.

Fotovoltaiklerin doğrudan kabuk sistemini oluşturabilme bağlamındaki olumlu özellikleri, binalarda elektrik üreten akıllı kabuk tasarımını etkilemesine ve son yılların tercih edilen bir donatı sistemi ve yapı elemanı olacağını göstermektedir. Fotovoltaiklerin potansiyel dezavantajları projenin boyutuna, doğasına ve yer özelliğine bağlıdır ve modüller tasarım sürecinde bir tasarım girdisi olarak ele alındığında minimize edilebilecek etkilerdir. Zaten yeryüzünde kullanılan fotovoltaikler de dahil olmak üzere enerji eldesine yönelik tün sistemlerin çevreye olumsuz etkilerinin olması yadsınamaz bir gerçektir.

Binaların kabukta kullanılması durumunda, yüksek verim sağlamak için,

- binanın coğrafi konumu,
- güneş ışınımını dik alması gereken panellerin eğimi
- yörüngesel hareketi sağlayacak biçimsel önlemlerin alınması,
- kullanılan PV'lerin özelliklerinin doğru seçilmesi

bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda, bir yapı elemanı olarak değerlendirilen PV panellerin, tasarım aşamasında mimarlar tarafından bir tasarım girdisi olarak düşünülmesi yadsınamaz bir gerçektir. Gelişen teknolojiyle beraber tasarımda esneklik sağlayan fotovoltaiik panellerin kullanımı, enerji etkin tasarım bilincine ulaşmış toplumlarda, devletin mimar ve mühendisleri teşvikleriyle artış göstermektedir. Yurtdışında birçok kuruluş, binalarında, pahalı cephe kaplama malzemesi yerine maliyeti yakın olduğu için fotovoltaiik hücrelerden oluşan akıllı cephe uygulamalarını tercih etmektedir. Bu uygulamalarla binanın hem elektrik gereksinimi karşılanırken hem de çevre bilincinin artırılması hedeflenmektedir. Bu gelişmeler sonucunda, artan kullanımla beraber, üretimi artmış, bu da maliyetlerde düşürlere yol açmıştır.

Ülkemizin, içinde bulunduğu konum itibariyle, güneşlenme süresi ve şiddeti, birçok Avrupa ülkesinden fazladır. Bu avantajı değerlendirip güneş enerjisinden yararlanarak geliştirilen devlet destekli projelerle, kamuoyu bilgilendirilerek mimarları enerji etkin binalar tasarlamaya yönlendirmek, enerji ihtiyacının çoğunu dış ülkelerden karşılayan ülkemizde zorunlu bir gerekliliktir.

**KAYNAKLAR**

Akkaya, A.V. , Akkaya E.K ve Dağdaş A. , (2002), “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi, IV Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.37-43, İstanbul

Aksoy P., (2005), “Enerji Tasarım Etkileşimi”, EİE Bildirileri, İstanbul

Altın M. , (2003), “Enerji Üretiminde Fotovoltaik Hücreler”, Yapı Dergisi, Sayı 256, s.88-91, İstanbul

Büyükmihçi M.K. , (2003), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 3-4 Ekim s.15-22 , Kayseri

Canan F. , (2003), “Mimaride Fotovoltaik Panel Uygulamaları”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 3-4 Ekim 2003, Kayseri

Çeçen K., (1994), “Türkiye’de Hidroelektrik Enerji”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 323, s.44-48, Ankara

Çelebi G. , (2002), “Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri”, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 17:17-33, Ankara

Çengel Y. , (2003), “Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal, Rüzgar ve Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 3-4 Ekim s.1-14 , Kayseri

Çıtıroğlu A. , (2000), “Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Elektrik Üretimi”, Mühendis Makine Dergisi, haziran sayısı , İstanbul

Demirbilek N. ve Eryıldız I.N. , (2001), Güneş Mimarlığı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara

Deriş N. , (1984), Güneş Evleri, Özyılmaz Matbaası, İstanbul

Doğan, M. , (2000), “Enerji Kaynakları-Çevre Sorunları ve Çevre Dostu Alternatif Enerji Kaynakları, Sayı 39/468

Erengöz Ç., “Enerji Yaşamın Çekirdeği ve Enerji Mimarlığına Doğru”, Yapı Dergisi, Sayı 260, İstanbul

Gosselink, J.W. , (2002), “Pathways to a more Sustainable Production of Energy Sustainable Hydrogen-A Research for School”, International Journal of Hydrogen Energy, Sayı 27

Göksu Ç. , (1999), Güneş-Kent, Güneş Enerjili Yerleşim Modeli, İstanbul

Gürsoy U. , (2000), “Dikensiz Gül, Temiz Enerji Kaynakları, Doğu Akdeniz Çevrecileri”, Temiz ve Yenilenebilir Temiz enerji Kaynakları Raporu, İstanbul

Herzog T. , (1996), Solar Energy in Architecture and Urban Planning, Münih

İnan, D. , (1995), “Geçmişten Günümüze İnsan ve Enerji”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 337, Ankara

İnan D. , (2001), Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara

Karaosmanoğlu, F. , (2004), Biyomotorin ve Türkiye, İTÜ Kimya Bölümü Yayınları, İstanbul

- Koçak S.A. ve Altun H. , (2003), “Enerji İhtiyacımız ve Nükleer Enerji”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 3-4 Ekim s.1-14 , Kayseri
- Koramaz, E. , (2005), “Açılış Konuşması” , Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu
- Meydan Larousse Ansiklopedisi, (1987), Cilt 4 ,s.257, İstanbul
- Müezzinoğlu, A. , (2001), “Enerji Kaynakları Yenilenebilir mi?”, İzmir Büyükşehir Belediyesi Yerel Gündem 21 Yayını, İzmir
- Oktik Ş. , (2001), Güneş-Elektrik Dönüşümleri-Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara
- Özbalta T.G. , (2005), “Mimari-Güneş ve Teknoloji”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 24-25 Haziran 2005, Mersin
- Özer, Z. , (1996), “Biyokütle Enerjisi” , Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 342, Ankara
- Roaf S. ,(2001), Ecohouse-A design Guide, Oxford
- Serpen, U. , (1996), “Fosil Yakıtsız Yaşamda Jeotermal Enerji”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 339, Ankara
- Shock H. Ve Shah A. , (1997) ,14 th European PV Solar energy Conference
- Sick F. Ve Erge T. , (2003), Photovoltaics in Buildings a Design Handbook fot Architects and Engineers, Internaional Energy Acengy, İngiltere
- Thomas R. , (2001), Photovoltaics and Architecture, Spon Pres, Londra
- Tönük S. , (2001), Bina Tasarımında Ekoloji, YTU Mimarlık Fakültesi, İstanbul
- Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu
- Utkuğ G. Ve Çeviker A. , (2002), “Yeşil Mimarlık” , Yeni Ufuklara Mimarlık, Bilim ve Teknik Dergisi, Kasım 2002 eki, Ankara
- Uyarel, Y. ve Öz E.S. , (1987), Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Tesisat Eğitimi Kitapları, Ankara
- Ültanır, M.Ö. , (1996a), “Yeldeğirmeninden Günümüze Rüzgar Enerjisi”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 341, s.56-61, Ankara
- Ültanır M.Ö. , (1996b), “21.yy.’ın Eşiğinde Güneş Enerjisi”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 340, s.50-55, Ankara
- Ün, Ü.T. , (2003), “Hidrojen Enerjisi:Depolanması, Güvenliği, Çevresel Etkisi ve Dünya’daki Durumu”, Mühendis Makine Dergisi, Sayı 525, İstanbul
- Veziroğlu, N. , ( ), “Hidrojen Enerjisi”, Hidrojentürk Dergisi, Sayı 1, s-1-4, İstanbul
- Yazıcı M., (2002), “Yenilenebilir enerji”, Mimarist Dergisi, Sayı 6, İstanbul

**İNTERNET KAYNAKLARI**

- [1] [www.hidrojenforumu.com](http://www.hidrojenforumu.com)
- [2] [www.bugday.org/articleID=79](http://www.bugday.org/articleID=79)
- [3] [www.yourtforhab.org.tr](http://www.yourtforhab.org.tr)
- [4] [www.jeotermaldernegi.org](http://www.jeotermaldernegi.org)
- [5] [www.maden.org.tr](http://www.maden.org.tr)
- [6] [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- [7] [www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm](http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm)
- [8] [www.floor.com.tr/erengezgin16.htm](http://www.floor.com.tr/erengezgin16.htm)
- [9] [www.infinitepower.org/pdf/factsheet-11.pdf](http://www.infinitepower.org/pdf/factsheet-11.pdf)
- [10] [www.floor.com.tr/erengezgin16.htm](http://www.floor.com.tr/erengezgin16.htm)
- [11] [www.ise.fhg.de](http://www.ise.fhg.de)
- [12] [www.aevarchitetti.it](http://www.aevarchitetti.it)
- [13] [www.oje-services.nl/iea-pv-ps/cases.html](http://www.oje-services.nl/iea-pv-ps/cases.html)
- [14] [www.bear.nl](http://www.bear.nl)
- [15] [www.eren.doe.gov.tr](http://www.eren.doe.gov.tr)
- [16] [www.kisscathcart.com](http://www.kisscathcart.com)
- [17] [www.iris.ba.cnr.it/fotovoltaico/biblioteca/no67.pdf](http://www.iris.ba.cnr.it/fotovoltaico/biblioteca/no67.pdf)
- [18] [www.findarticles.com](http://www.findarticles.com)
- [19] [www.archmedia.com.au](http://www.archmedia.com.au)
- [20] [www.arcpaper.com/feature\\_article/the\\_ultimate\\_ride.html](http://www.arcpaper.com/feature_article/the_ultimate_ride.html)
- [21] [www.sydneyolympicpark](http://www.sydneyolympicpark)
- [22] [www.ibb.gov.tr](http://www.ibb.gov.tr)
- [23] [www.ghpc.org](http://www.ghpc.org)
- [24] [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
- [25] [www.schuecco.com.tr](http://www.schuecco.com.tr)
- [26] [www.pvnord.com](http://www.pvnord.com)
- [27] [www.fostersandpartners.com](http://www.fostersandpartners.com)
- [28] [www.alternatifenerji.com](http://www.alternatifenerji.com)

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 14.01.1980

Doğum yeri Ankara

Lise 1994-1997 Ankara Özel Yüce Fen Lisesi

Lisans 1997-2002 Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fak.  
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2003-Devam ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı

**Çalıştığı kurum**

2002-Devam ediyor Taneri Alppay-Candan Batur Mim.Müh.Müş.Ltd.Şti