GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ETKİN OLARAK YARARLANMADA KULLANILAN FOTOVOLTAİK MODÜLLER, BOYUTLANDIRILMALARI VE MİMARİDE KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

114559

Çiğdem OLUKLULU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

114559

Ocak 2001

ANKARA

Çiğdem OLUKLULU tarafından hazırlanan GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ETKİN OLARAK YARARLANMADA KULLANILAN FOTOVOLTAİK MODÜLLER, BOYUTLANDIRILMALARI VE MİMARİDE KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Cüneyt Kurtay
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Gülser ÇELEBİ

Üye : Doç.Dr. FİSUN DEMİREL

Üye : Y-DOÇ.DR. CÜNEYT KURTAY

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR x

1. GİRİŞ 1

2. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI 2
2.1. Enerji Tanımı 2
2.2. Enerji Kaynakları 3
2.3. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları 4
2.4. Dünyada Enerji Sektörünün Gelişimi 11
2.4.1. Dünyanın kaynak varlığı 11
2.4.2. Dünyada enerji üretimi 12
2.4.3. Dünyada enerji tüketimi 14
2.5. Türkiye'de Enerji Sektörünün Gelişimi 14
2.5.1. Türkiye'de enerji üretimi 15
2.5.2. Türkiye'de enerji tüketimi 16

3. GÜNEŞ ENERJİSİ 18
3.1. Güneş Enerjisinden yararlanmanın gelişimi 18
3.2. Dünya Güneş Enerjisi Potansiyeli 19
3.3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli 19
3.4. Güneş Teknolojisinin Kullanım Olanakları ve Uygulama Alanları 21
3.4.1. Güneş enerjisinin edilgen kullanımı 22
3.4.2. Güneş enerjisinin etkin kullanımı 28
3.4.2.1. Güneş toplaçları 29

3.4.2.2. Güneş havuzları....34
3.4.2.3. Güneş bacaları....34
3.4.2.4. Güneş fırınları.(Merkezi alıcı sistemler) 34
3.4.2.5. Yoğunlaştırma yapan santral sistemler....35
3.4.2.6. Fotovoltaik sistemler....35

4. FOTOVOLTAİK TEKNOLOJİ....38
4.1. Fotovoltaik 'in Tarihçesi.... 38
4.2. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri....39
4.2.1. Fotovoltaik modüller....39
4.2.1.1. Fotovoltaik modüllerin yapısı ve özellikleri....40
4.2.1.2. Fotovoltaik modüllerin planlama kriterleri....42
4.2.1.3. Fotovoltaik modüllerde yönlendirme ve eğim açısı....45
4.2.1.4. Fotovoltaik modüllerin çalışma prensibi....46
4.2.1.5. Yarıiletken fotovoltaik piller ve verimlilikleri....48
4.2.1.6. Yarıiletken pillerin verimini etkileyen etkenler....51
4.2.1.7. Fotovoltaik modüllerin sağladığı avantajlar....57
4.2.2. Aküler....57
4.2.3. Şarj denetim birimleri....58
4.2.4. İnvertörler....58
4.2.5. Diğer sistem bileşenleri....58
4.3. Fotovoltaik Sistemler....59
4.3.1. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler....59
4.3.2. Bağımsız fotovoltaik sistemler....60
4.4. Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandırılması....61
4.5. Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları....67
4.5.1. Fotovoltaik sistemlerin avantajları....67
4.5.2. Fotovoltaik sistemlerin dezavantajları....69

5. FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA VE DİĞER ALANLARDA KULLANIM OLANAKLARI....70
5.1. Fotovoltaik Panellerin Farklı Alanlarda Kullanım Olanakları....70

5.2. Fotovoltaik Panellerin Binalarda Kullanım Olanakları ve Uygulama Örnekleri....76
5.2.1. Duvar bileşeni olarak kullanımı....76
5.2.1.1. Yağmur perdesi sisteminde kullanımı....77
5.2.1.1.1. Kagir duvar yüzeylerinde kullanımı....78
5.2.1.1.2. Hafif konstrüksiyonlu sistemlerde kullanımı....81
5.2.1.2. Giydirme cephe elemanı olarak kullanımı....85
5.2.1.2.1. Düşeyde düz perde ve kırıklı perde duvar olarak kullanımı....85
5.2.1.2.2. Açılı/Eğimli perde duvar olarak kullanımı....90
5.2.1.3. Gölgeleme elemanı olarak kullanımı....92
5.2.1.4. Pencere elemanı olarak kullanımı....94
5.2.2. Çatı bileşeni olarak kullanımı....95
5.2.2.1. Geleneksel çatı sistemi üzerinde kullanımı....96
5.2.2.2. Çatı sistemini oluşturan bir bileşen olarak kullanımı....99
5.2.2.2.1. Çatı ışıklıkları olarak kullanımı....100
5.2.2.2.2. Çatı bitiş malzemesi olarak kullanımı....104

6. SONUÇ VE ÖNERİLER....107
KAYNAKLAR....111
EKLER....118
EK(1) Sistem boyutlandırılması ile ilgili örnekler....119
EK(2) Farklı kıtalarda bulunan ülkeler için günlük ışınım eğri haritaları....123
ÖZGEÇMİŞ....126

GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ETKİN OLARAK YARARLANMADA KULLANILAN FOTOVOLTAİK MODÜLLER, BOYUTLANDIRILMALARI VE MİMARİDE KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Çiğdem OLUKLULU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2001

ÖZET

Geçtiğimiz yüzyıl ortalarında ortaya çıkan enerji krizi ile birlikte mevcut fosil yakıtların gün geçtikçe azalması ve bu yakıtların ekolojik dengeyi bozması ve çevre kirliliğine neden olması araştırmacıları yeni enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bunun sonucunda temiz, atıksız, tükenmeyen, ekonomik ve çevreye az zarar veren nitelikleri ile güneş enerjisi bu tip enerjiler arasında bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır.

Özellikle enerji gereksiniminin karşılanmasında dışa bağımlı ve çevre sorunları gittikçe büyüyen Türkiye'de de güneş enerjisinden mimari uygulamalarda teknik olanaklar çerçevesinde ısı ve elektrik enerjisi kazanımı yolu ile yararlanmanın gereği kaçınılmazdır. Ne yazık ki, ülkemizde güneş enerjisinden yararlanma çalışmaları sıcak su elde etmekten öteye gidememiştir.

Binalarda güneş enerjisinin etkin olarak kullanımı; genelde çatıya monte edilen güneş toplaçları aracılığıyla sıcak su ve ısı elde edilmesi ve çatıya, bina cephesine, yüzey kaplama elemanı, doğrudan sistemi oluşturan eleman, gölgeleme elemanı ya da ışıklık şeklinde monte edilen fotovoltaik panellerinden elektrik enerjisi üretimi şeklinde gerçekleştirilir.

Çalışmanın amacı; coğrafi konumu nedeniyle güneş ışınımından optimum düzeyde yararlanabilecek bir konumda bulunmasına rağmen, bu konudaki çalışmalar sıcak su elde etmekten ileri gidememiş olan ülkemizde de PV paneller aracılığı ile elektrik enerjisi elde edilmesi çalışmalarının geliştirilmesine ve PV panellerin binalarda kullanım olanaklarının yaygınlaştırılmasına katkıda bulunmaktır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, Dünyada ve Türkiye'de enerji sektörünün gelişimi ve üretim yapısı ile kısaca yenilenebilir enerji kaynakları incelenerek, bu enerji kaynakları içinde güneş enerjisinin önemi vurgulanmakta ve PV panellerin binada kullanım olanakları araştırılmaktadır. Böylece coğrafi konum açısından güneşten iyi yararlanabilecek bir düzlemde bulunan ülkemizde de konunun önemine dikkat çekilmektedir.

Bilim Kodu :601.02.07
Anahtar Kelimeler : Enerji, Güneş enerjisi, Fotovoltaik (PV) panel
Sayfa Adedi : 126
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KURTAY

A RESEARCH ON THE PHOTOVOLTAIC MODULES THAT ARE BEING USED ACTIVELY IN UTILIZING SOLAR ENERGY, SIZING OF THE MODULES AND ARCHITECTURAL USING MEANS OF THE MODULES

(M.Sc. Thesis)

Çiğdem OLUKLULU

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
January 2001

ABSTRACT

Besides the energy crisis occured in the mids of the last century, the reasons such as the decrease of the existing fossil fuels and their harms for the ecological balance led the researchers to seek new energy resources. As a result of this search, solar energy with its qualifications as being pure, without any wastes, inexhaustibility and being less harmful for the nature, emerged to be an alternative among other energy resources.

In Turkey, which is dependent on foreign energy markets and whose environmental problems getting worse gradually, the need for utilizing solar energy by producing heat and electrical power as much as the technical means in architectural use permits, is inevitable. Nevertheless, the works on utilizing solar energy couldn't go further than obtaining thermal water.

The active use of solar energy in the buildings is realized in two ways; production of heat and hot water by the solar collectors generally attached on the roofs and production of electrical power via photovoltaic modules, which are also used for shading and lightening, that are mounted on the roofs, facets, or direct use as an element of wall cladding and roof surface.

The aim of the study is to contribute both the works on improving electrical power production via PV panels and to diffuse the usage options of PV panels in the buildings in Turkey. Though Turkey has a location where solar radiation can be benefitted more favourably, the practice could not go beyond obtaining hot water.

In the study realized through the thesis, the progress of the energy sector both in the world and in Turkey, the production structure and, shortly, renewable energy resources are examined, the importance of solar energy among these energy resources is pointed out and usage options of PV panels in the buildings are researched. In this manner the importance of the subject in Turkey, of whose geographic location is in a better state in utilizing solar radiation, is emphasized.

Science code :601.02.07
Key Word :Energy, The solar energy, Photovoltaic panels
Page Number :126
Adviser :Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KURTAY

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince değerli katkılarıyla beni yönlendiren tez hocam Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KURTAY'a, tezimin düzenlenmesinde ve kaynak araştırmamda yardımlarını esirgemeyen Hocam Doç. Dr. Türkan GÖKSAL'a ve EİEİ'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma Bölüm'ünde görevli olan Elektrik Mühendisi Aysun ÖZDEMİR'e, destekleri ile bana yardımcı olan arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan sevgili aileme, teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge		Sayfa
Çizelge 2.1.	Dünya fosil yakıt rezervleri	11
Çizelge 2.2.	Dünya fosil yakıtları rezervlerinin kullanılabilme süreleri	12
Çizelge 2.3.	Dünyada fosil yakıt üretimleri	13
Çizelge 2.4.	Dünyada fosil yakıt tüketimleri	14
Çizelge 2.5.	Türkiye'de birincil enerji üretimi	15
Çizelge 2.6.	Türkiye'de birincil enerji tüketimi	16
Çizelge 2.7.	Türkiye'de sektörlere göre enerji tüketimi payları	17
Çizelge 3.1.	Türkiye'de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli	21
Çizelge 4.1.	Piyasada bulunan PV tesislerin verimlilik oranları	51
Çizelge 4.2.	Bir binanın güneş enerjili elektrik sistemine göre günlük elektrik gereksinimi	62
Çizelge 5.1.	Fotovoltaik sistemlerin kullanım alanları ve yüzdeleri	70

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 3.1.	Türkiye'de kış aylarında ortalama ışınım değerleri	20
Şekil 3.2.	Güneş teknolojisinin kullanım olanakları ve uygulama alanları	21
Şekil 3.3.	Sıvı ve hava tipi güneş enerjisi toplaç tipleri	31
Şekil 3.4.	Vakumlu toplacın iç yapısı	32
Şekil 3.5.	Odaklı toplacın yönlendirilmesi ve yapısı	33
Şekil 3.6.	Fotovoltaik pil-modül ve dizileri	36
Şekil 4.1.	Bir fotovoltaik modülün yapısı	41
Şekil 4.2.a.	Fotovoltaik modüllerin çatıda uygulanma ilkeleri	43
Şekil 4.2.b.	Fotovoltaik modüllerin bina yüzeylerinde ve çatılarda uygulanma şekilleri	44
Şekil 4.3.	Eğim ve yöne bağlı olarak PV modüllerin verimliliği	45
Şekil 4.4.	PN eklemin oluşturulması	47
Şekil 4.5.	Fotovoltaik pillerin sıcaklığının verime etkisi	54
Şekil 4.6.	Bir fotovoltaik pilin veriminin seri dirençle değişimi	55
Şekil 4.7.	Bir fotovoltaik pilin antiyansıtıcı kaplama ile kaplanması	56
Şekil 4.8.	Fotovoltaik sistem çeşitleri	60
Şekil 4.9.	Türkiye'nin de içinde bulunduğu Avrupa, Orta Doğu ve Afrika grubundaki ortalama günlük ışınım eğri haritaları	64
Şekil 4.10.	Modülün yerleştirilme şekli	65
Şekil 5.1.	PV sisteminin çeşitli amaçlar için kullanımı	75
Şekil 5.2.	Yağmur perdeleme sisteminde PV panelin bina ile entegrasyonu	78
Şekil 5.3.	Binaların kagir duvar yüzeylerinde fotovoltaik panel uygulamaları	79
Şekil 5.4.	Bina yüzeylerinde (geliştirilmiş) fotovoltaik Panel uygulamaları	80

Şekil 5.5. İstasyon binası, güney cephesi/ Freiburg.....81
Şekil 5.6. PV panellerin hafif konstrüksiyonlu sistemlerde kullanımı.....83
Şekil 5.7. Binanın eğimli güney duvarının kesiti.....84
Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvarı olarak kullanımı.....86
Şekil 5.9. Çok fonksiyonlu PV modül.....87
Şekil 5.10. Mataro kütüphanesi/İspanya.....87
Şekil 5.11. Düşeyde kırıklı ve akordeon perde duvarlar.....88
Şekil 5.12. Yatayda kırıklı perde duvar.....89
Şekil 5.13. Metal binanın güney cephesi/İsviçre.....89
Şekil 5.14. Eğimli düzlemsel perde ve eğimli kırıklı perde duvarlar.....90
Şekil 5.15. Solar fabrikanın eğimli güney cephesi/Almanya.....91
Şekil 5.16. Binanın eğrisel PV uygulanmış güney cephesi.....92
Şekil 5.17. Bina yüzeyine gölgeleme elemanı olarak yerleştirilmiş PV paneller.....93
Şekil 5.18. Su manzaralı evler/Hollanda.....94
Şekil 5.19. Yarı geçirgen PV panellerin pencere elemanı olarak kullanımı.....95
Şekil 5.20. Geleneksel çatı sisteminde PV panel uygulama biçimleri.....96
Şekil 5.21. Düz çatı sistemi üzerinde PV modül uygulama detayları.....97
Şekil 5.22. Teknopark iş merkezi /İsviçre.....98
Şekil 5.23. Stadyum binası Freiburg/Almanya.....98
Şekil 5.24. Eğimli çatı üzerinde PV uygulamaları /Hollanda.....99
Şekil 5.25. PV panellerin çatı ışıklıkları olarak kullanımı.....100
Şekil 5.26. Kongre kültür merkezi / USA.....101
Şekil 5.27. İstasyon binası Berlin / Almanya.....101
Şekil 5.28. Ford motor şirketi / UK.....102
Şekil 5.29. Eğitim Akademisi Herne / Almanya.....103

Şekil 5.30. PV panellerin çatı bitiş malzemesi olarak kullanım seçenekleri.....105
Şekil 5.31. Mauna Lani Bay oteli /Hawaii.....106
Şekil 5.32. Tonoz formlu çatı üzerinde bitiş malzemesi olarak PV modüller/İsviçre.....106

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
PV	Fotovoltaik
BT	Bin ton
W	Vat
kW	Kilovat=10^3 V
MW	Megavat=10^6 V
GW	Gigavat=10^9 V
kWh	Kiovatsaat
FF	Fill faktörü
Ikd	Kısa devre akımı
Vad	Açık devre voltajı
R_L	Yük direnci
R_S	Seri direnç
TW	Tera-vat=10^{12} V

Kısaltmalar

BDT	Bağımsız Devletler Birliği
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
TEP	Ton petrol eşdeğeri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
EÜ	Ege Üniversitesi
MTA	Maden Tetkik Araştırma
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DC	Doğru Akım
AC	Alternatif Akım

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde enerji güncel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte ne yazık ki, enerji tüketiminin artması mevcut fosil yakıt rezervlerinin gün geçtikçe azalmasına, bu enerji kaynaklarının kullanımı ise çevre kirliliğine ve ekolojik dengelerin bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum araştırmacıları yenilenebilir enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu enerji kaynaklarının kendini yenileyebilir olmaları,Ekonomik olmaları ve çevreye az zarar veren nitelik taşımaları tercih edilme nedenleridir. Bunun sonucunda güneş enerjisi bu tür enerji kaynakları arasında bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır.

Özellikle geçen yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan enerji krizi ile birlikte dünyada güneş enerjisinden ısıtmada ve elektrik üretmede faydalanan binaların tasarımına önem verilmiş, tükenebilir enerji miktarını minimize eden etkin ve edilgen sistemler ortaya konulmuştur.

Fotovoltaik dönüştürücüler aracılığıyla ilk olarak uzay araçlarına güç temin edilmesi ile gündeme gelen fotovoltaik enerji kullanımı, özellikle gelişmiş ülkelerde binaların elektrik enerjisini karşılamak ve binaların yatay (çatı) ve düşey (duvar) yüzeylerinde çeşitli amaçlar için kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Çalışmanın amacı; Dünya' da üretimi ve mimarlıkta kullanım alanları giderek yaygınlaşan PV panellerin önemini vurgulayarak, güneş ışınımından optimum şekilde yararlanabilecek bir konumda olmasına rağmen ne yazık ki; bu konuda yeterince araştırması ve uygulaması bulunmayan ülkemizde de bu tür çalışmaların yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktır.

Çalışma kapsamında; ikinci bölümde enerji kaynakları ve dünyada ve ülkemizde enerji sektörünün durumu, üçüncü bölümde güneş enerjisinin etkin ve edilgen kullanım olanakları ve uygulama alanları, dördüncü bölümde güneş enerjisinden etkin olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik sistemler, beşinci bölümde ise fotovoltaik panellerin binalarda ve diğer alanlarda kullanım olanakları sunulmaktadır.

2. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Enerji Tanımı

Enerji, bir madde ya da maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır [1].

Termodinamik 'de ise enerji, "Bir tesir meydana getirebilme kapasitesi, yeteneği" olarak tanımlanır. Enerji maddenin bir özelliğidir ve madde enerjiye sahiptir. Günlük hayatta "enerji" terimi ile enerjinin dönüşebilen şekilleri olan iş ve ısı işaret edilmektedir [2].

Enerji türleri ise şunlardır;

1. Isı Enerjisi
2. Kimyasal Enerji
3. Mekanik Enerji
4. Potansiyel Enerji
5. Kinetik Enerji
6. Elektrik Enerjisi

Bir cismin uzamasına, genleşmesine, buharlaşmasına, erimesine, sıcaklığının artmasına ve bir iş yapmasına neden olan ısı enerjisi, suyu kaynatır ve bundan elde edilen buhar, türbinleri çevirerek elektrik üretebilir. Bir başka enerji türü ise, kimyasal enerjidir. Kimyasal enerji, kömürde yanması sonucu ortaya çıkan bir enerji türüdür. Sadece bir kimyasal tepkime sonucu ortaya çıkan örneğin yanma diye bilinen olay oksijen ve kömürün ısı altında birleşmesidir. Mekanik enerji bir sistemin mekanik enerjisi sağlayabildiği işe dayanarak ölçülür. Bu kavram, bir kütlenin bir güç harcanarak yerinin değiştirilmesine denk düşer. Bir sistemin mekanik enerjisi, potansiyel enerji ve kinetik enerjilerin toplamına eşittir. Örneğin gerilmiş bir yayda onu oluşturan moleküller arasındaki esnek etkileşmelerin neden

olduğu bir potansiyel enerji vardır. Potansiyel enerji bir cismin bulunduğu yerden ya da durumundan dolayı edindiği enerji miktarıdır. Yüksekten dökülen suda, bir oku atmak için gerilen yayda, kurşunla doldurulmuş silah da potansiyel enerji vardır. Elektrik enerjisi ise bazı kimyasal tepkimeler sonucu ortaya çıkan elektronlar bir elektrik akımı oluşturur. Pil bu yolla üretilen elektriğin kaynağıdır.

Görüldüğü gibi enerjinin pek çok çeşidi vardır. Toplumların üretimde kullandığı tekniklerin gelişimi; enerjinin elde edilme biçimleri ve kullanım alanlarını da geliştirecektir [3].

2.2. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesi açısından "birincil" ve "ikincil enerji kaynakları" olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları, doğada bulundukları biçimde değiştirilmeden kullanılabilen kaynaklardır. Örneğin; taşkömürü, linyit, petrol, doğalgaz, jeotermal enerji, hidrolik enerji, güneş enerjisi, odun, hayvan ve bitki atıkları bu tür enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise, birincil kaynakların çeşitli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilen enerji türleridir. Örneğin; elektrik enerjisi motorin, benzin, gazyağı vb. bu tür enerji kaynaklarıdır.

Birleşmiş Milletler ise enerji kaynaklarını, "yenilenebilir" ve "yenilenemez enerji kaynakları" olmak üzere iki ana grupta toplamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgar, biomas, su gücü, dalga gücü, okyanus akıntıları, Jeotermal enerjidir. Yenilenemez enerji kaynakları, maddenin tekrar kullanılamayacağı bir enerji kaynağı olarak tanımlanır. Böylece kömür, petrol, doğalgaz ve uranyum bu grup içinde yer almaktadır [4].

Enerji kaynaklarının bir diğer sınıflaması ise "ticari" ve "ticari olmayan enerji kaynakları" şeklindedir. Ticari enerji kaynaklarını, taşkömürü, linyit, petrol, doğal gaz, akarsular, nükleer yakıt olarak sıralayabiliriz. Ticari olmayan enerji

kaynakları ise odun, tezek ve tarım artıklarıdır. Bu tür enerji kaynaklarının alış ve satışı olmadığı için ülke ekonomilerine mali açıdan bir katkıları yoktur [5].

2.3. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle 1973 ve 1979 petrol krizleri sonrasında, sıfır yakıt maliyetleri, az bakım gerektirmeleri ve çevre dostu olmalarından dolayı gerek Kuzey ülkelerinde, gerekse Güney ülkelerinde elektrik üretiminde artık yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yakın bir gelecekte dünya genelinde yaygın olarak kullanılacağı umut edilen başlıca yeni enerji kaynakları şunlardır;

a-Rüzgar enerjisi

Rüzgar gücü, insanların yararlandıkları en eski enerji kaynaklarından biridir. Bilindiği gibi yel değirmenleri, rüzgar enerjisini mekanik enerjiye çevirmektedir ve hala batı ülkelerinde kullanılmaktadır. Diğer yandan yaşanan enerji krizleri bilim çevrelerini rüzgar enerjisinden daha büyük ölçeklerde enerji elde etme çalışmalarına sevk etmiştir.

Avrupa Topluluğu, rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi elde etmede dünyada önde gelmektedir. Avrupa'da (Danimarka) üretilen türbinlerin kapasiteleri birkaç kilovattan başlayıp birkaç megavatta kadar ulaşmaktadır. Elektrik üretiminde ilk modern tasarımlar 1930-1955 yılları arasında kullanılmaya başlanmıştır [6].

Rüzgar enerjisi konusunda geliştirilen sistemlerin, ülkemiz genelinde uygulanabileceği yerlerin tespiti için EİE İdaresi ve özel sektör tarafından rüzgar ölçümleri ve çalışmaları yapılmaktadır.

Pek çok avantajının yanında, rüzgar türbini ve rüzgar tarlaları kurulması sırasında görsel ve estetik olarak kişileri ve çevreyi etkilemesi, gürültü oluşturması ve haberleşmede parazitler yaratması dezavantajlarıdır.

b-Jeotermal (yer ısısı) enerjisi

Yerin merkezi, yeryüzüne göre sıcak olup, her 100 metrede bir sıcaklık 3 °C artmaktadır. Jeotermal enerji ise yerkabuğu içerisinde bulunan yüksek basınç altındaki sıcak suyun içerdiği enerjidir [7].

Jeotermal ısı genellikle düşük niteliklidir ve en çok 50-70 °C ısı gerektiren işlemler veya binaların ısıtılmasında, tercih edilmektedir. Türbinlerin elektrik gücü üretimi, seyrini tamamlayabilmesi için jeotermal akışkanının sıcaklığı 150 °C'nin üzerinde olması gerekir. Bir çok önemli jeotermal elektrik gücü kompleksleri; İtalya, Yeni Zelanda ve ABD'de kurulmuştur.

Türkiye, önemli jeotermal potansiyele sahip ülkelerden birisidir. Elektrik üretimi için kullanılabilecek, yaklaşık 4500 MW'lık jeotermal enerji bulunmaktadır. Buna ek olarak 31.000 MW'lık potansiyel, termal uygulamalarda kullanılabilir.

Jeotermal enerjinin kullanımı son yıllarda ülkemizde hız kazanmıştır. Jeotermal enerjiden konut ısıtmasının yanı sıra soğutma, tarımsal kurutma, sera ısıtması, endüstriyel kurutma, kar ve buz eritme gibi bir çok alanda yararlanmak mümkündür. Jeotermal enerji pek çok avantajının yanında, çevre kirliliğine neden olması ve canlı hayatını tehdit etmesi gibi olumsuz yönleri de vardır [8].

Türkiye'de yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalar; Ege Bölgesinde veya genelde Batı Anadolu'da yer almakta, düşük ve orta sıcaklıklarda Orta ve Doğu Anadolu'da yer almakla birlikte Türkiye'nin kuzeyine de uzanmaktadır. Türkiye'de yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren Aydın-Germencik (200-232 °C), Denizli-Kızıldere (200-212 °C), elektrik üretimine yönelik olarak değerlendirilebilecek sahalar olup, diğerleri ise mahal ısıtmaya uygun sahalardır. Türkiye'de jeotermal ısıtma 1964'de Gönen Park Otelle başlayıp günümüze kadar hızla gelişerek devam etmiştir [9].

Denizli (Kızıldere) mevkiinde 17 derin sondaj kuyusu açılarak çıkarılan 200-212 °C'deki sıcak akışkandan elektrik üretilmesi amacıyla, önce 1974'te 0,4 MW gücünde deneme santrali kurulmuş, çevredeki üç köye elektrik sağlanmıştır. 1984'te TEK tarafından yaptırılan 20,4 MW gücündeki santral Türkiye'nin ilk ticari jeotermal santrali olmuştur [10].

c-Biomas (Biyokütle) enerjisi

Biyokütle enerjisi, bitki-atık ve artıkları ile insan ve hayvan dışkılarının içerdiği enerjidir. Canlı bitkiler her zaman kömür, petrol ve gaz gibi bugüne kadar hidrokarbon rezervlerinin tümünde mevcut bulunan miktarda enerji biriktirebilmektedir. Biomass deyimi ister bitkisel gibi ana kaynaklardan, ister çöp ve hayvan gübresi gibi işlem görmüş bitkisel maddelerden sağlanmış olsun karbon içeren tüm elemanlar için kullanılabilir.

Yeryüzünün 15 Milyar hektarlık bölümü biyokütle üretmekte olup, yıllık biyokütle verimliliği 75×10^9 ton olarak tahmin edilmektedir. Bu ise 1500 milyon varil petrole eşdeğer gelmektedir.

Biomasın sanayileşmiş ülkelerdeki birincil enerji tüketimindeki payı genel olarak % 3 'ün altında ise de bazı ülkeler (Finlandiya, İsveç, ABD, SSCB Devletleri) biomas enerjisini önemli ölçüde kullanmaya başlamışlardır. Biomas yakıtların hava kirlenmesine etkisinin az olmasından dolayı, bir çok ülke biomas enerji üretimini artırabilmek için planlar yapmaktadır.

d-Katı atık (çöp) enerjisi

Şehir çöpleri bazı sanayi atıkları, biyokütle enerjisindeki metan gazı gibi, yakıt haline getirilerek, dolaylı bir yolla buhar veya elektrik enerjisi olarak kullanılmaktadır. Çöpten yanıcı gaz elde etmek için çöpün belli bir alanda yığılması gerekmektedir. Oysa günümüzde şehir dışı olarak kabul edilerek çöp yığılan alan, bir süre sonra şehir içinde kalmaktadır. Bu çözüm yer sorunu ile birlikte sağlık sorunlarını da beraberinde getirmektedir.

Oysa çöp santral uygulamasında böyle bir durum söz konusu değildir. Çöp santralleri öncelikle sadece çöpü sağlıklı bir şekilde yok etmek için düşünülmüştür. Ancak giderek elektrik gereksinmesine destek veren bir işleve sahip olmaktadır.

Kuzey ülkelerinde yaklaşık 20 yıldır ticari işletmede olan çöp santralleri güney ülkelerinde de kurulmaya başlanmıştır. Güney Londra'da 1994 yılında işletmeye alınan çöp yakıtlı bileşik ısı-güç santralı ile yılda 400.000 ton çöp yakılarak 33 MW'lık elektrik enerjisi üretilmekte ve 7000 konutu ısıtacak şekilde ısı enerjisi elde edilmektedir [11].

e-Güneş enerjisi

Güneş, zararlı atık bırakmadığı için çevre kirlenmesi açısından temiz taşınma maliyeti olmayan ve tükenmez yararlı olan enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarının sahip olduğu enerjinin kökeni de yine güneş enerjisidir. Bu enerji kaynağını zamanla, yapılardaki kullanma suyu sağlanmasından, güneş enerjisi santralleri kurulmasına kadar her aşamada diğer enerji kaynaklarının yerini alması beklenebilir.

Ancak güneşin sunduğu enerji miktarı enlem ve iklim şartlarına bağlıdır. Bilindiği üzere enerji kaynaklarının en güçlüsüdür. Yüzey sıcaklığı 6000 °C dolayında bulunmakta ve uzaya elektromanyetik dalgalar topluluğu yaymaktadır.

Orta Avrupa'da senede yaklaşık 2000 saat, Afrika'nın ortasındaki büyük Sahra' da ise 4000 saat, güneş ışınlarından yararlanma olanağı vardır. Yararlanma süresi olarak Türkiye güneş ışınımından iyi yararlanabilecek enlemler arasında bulunmaktadır [12]. Ülkemiz açısından enerji gereksiniminin karşılanmasında, hem dışa bağımlılık hem de ekolojik dengelerin bozulması gibi giderek büyüyen çevre sorunları karşısında temiz, atıksız ve tükenmez bir kaynak olan güneş enerjisinden, mimari uygulamalarda bina tasarım planlama ve teknik olanaklar çerçevesinde ısı ve

elektrik enerjisi kazanımı yolu ile yararlanmak ve bunun yaygınlaştırılması kaçınılmaz hale gelmiştir [13].

f-Su gücü

Su gücü; elektrik üretimi dışında pek çok alanda kullanılmaktadır. Bununla birlikte günümüzde doğrudan kullanımı toplamın sadece küçük bir kesitini oluşturmaktadır. Eski su değirmenleri bir kaç yerde hala işletilmekte, mısır öğütülmekte veya odun kesmekte kullanılmaktadır.

Bazı gelişmekte olan ülkelerde doğrudan su gücü daha önemli rol oynar. örneğin, Nepal'da karmaşık tesisatlar bulunmaksızın, yerel olarak üretilebilecek bir Türbin tasarlanmıştır ve bunların çoğu küçük ölçekli endüstrilerde makinelerin çalıştırılması için kullanılmaktadır. Sulama amaçlı olarak akan ırmağın enerjisinin kullanılması Orta Doğu ve Asya'da hala ortadan kalkmamıştır. Bununla birlikte bütün doğrudan kullanımların Dünya genelindeki enerji katkısı, hidroelektrik gücüyle kıyaslandığında önemsizdir [14].

Hidro-elektrik yani su gücü elektriğin esas kaynağı, akarsular olup, bunlara hidrolik ya da hidro-elektrik kaynaklar da denir. Hidro-elektrik enerjisi, hareket halindeki suların sağladığı güç anlamına gelir. Bu da, hidro-elektrik santralleri yoluyla suyun gücünün, elektrik enerjisine çevrilmesi sonucu elde edilen enerjidir.

Hidro-elektrik Türbini icat edilmek suretiyle, elektrik enerjisine çevrilme olanağı ortaya çıkan su gücü, potansiyel bir elektrik enerjisi kaynağı olarak, uygarlığın gelişmesinde etkili bir rol oynamıştır.

Hidro-elektrik enerjisinin bugün birçok tüketim alanı bulunmaktadır. Bunlar; aydınlatma, hareket ettirme, sulama, kimya ve metalürji endüstrisi dalları diye bir kaç gruba ayrılabilirler [15].

Ülkemizde 1902 yılında Tarsus'ta kurulan ilk hidro-elektrik santral, aynı zamanda ilk enerji üreten tesisi olmuştur. Bir kaç küçük santralden sonra, 1929 yılında Trabzon'da 1,1 MW gücünde Visera hidro-elektrik santralı kurulmuştur. 1935 yılında elektrik işleri etüt idaresinin kurulmasıyla elektrik enerjisi üretimi ve kullanımı bir yönetim altına alınmış, teknik yönden akarsularımızın değerlendirilmesine başlanmıştır. 1981 yılından itibaren büyük akarsulardan elde edilecek hidro-elektrik enerjiye ilaveten küçük akarsulardaki hidroelektrik enerjinin de değerlendirilmesine başlanmıştır [16]. Pek çok kullanım alanı bulunan hidroelektrik enerjinin, hidroelektrik santralların yapım aşamasının uzun sürmesi ve çalıştırılmaları için yeterli yağış alma zorunluluğunun olması gibi olumsuz yönleri de vardır.

g-Nükleer enerji

Nükleer enerji veya çekirdek enerjisi, nükleer reaksiyon sonucu atom çekirdeklerinin parçalanması ve birleşmesi sonucu ortaya çıkan bir enerjidir. Atom enerjisi veya nükleer enerji ilk kez atom bombası denilen öldürücü silahın yapımında kullanılmıştır. Nükleer enerjiyi barışçı amaçlarla değerlendirmek de mümkündür. Atom reaktörlerinde işlenen uranyum veya toryumdan açığa çıkan enerji, teknik metotlarla elektrik enerjisi gücüne çevrilebilmektedir. Bu yolla elektrik enerjisi üretimi, çok verimli bir yoldur. Üretim 1950'den sonra, ABD'de başlatılmıştır.

Nükleer uzmanlığa sahip 30 kadar ülke son 40 yılda nükleer jeneratörlerden toplam elektriğin %15'ini üretmektedir. Fakat bu gücün ucuz enerji sağlaması beklentileri gerçekleşememiştir. On ülke kurulu kapasitenin %90'ına sahiptir. Bu ülkelerden ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, Japonya ve Rusya ile bazı Doğu Avrupa ülkeleri programlarını sürdürmüş, diğer ülkeler ise gerilemiştir [17].

1986'da Çernobil Nükleer Santralinde meydana gelen kaza, Japonya, Fransa, İngiltere dışında tüm Batı Ülkelerinde nükleer programların durdurulmasına yol açmıştır. Türkiye'de nükleer santral fizibilite etütleri ve

kuruluş yeri ile ilgili araştırmalar, 1972-1974 yıllarında değişen şartlara göre revize edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda 1976 yılında Silifke'nin 45 km batısındaki Ak kuyu yöresi ilk nükleer santralin kuruluş yeri olarak seçilmiştir. 1980 yılında ikinci nükleer santralin kuruluş yeri olan Sinop yöresinde araştırmalar başlatılmış. Ancak Ak kuyu santralinin ihalesindeki belirsizlikler ve ödenek ayrılmaması sonucu çalışmalar durdurulmuştur [18].

h-Dalga enerjisi-Gelgit enerjisi

Dalga enerjisi diye ifade edilen enerji gelgit (med-cezir) hareketlerinin oluşturduğu güce dayanır. Deniz dalgalarından enerji elde etmek için, kendisine dalgaların uyguladığı güce uygun şekilde karşılık verebilecek bir yapıyla dalgaların önünü kesmek gerekmektedir. Dalga enerjisinden dünyada en çok yaralanan ülkelerin başında Japonya, İngiltere, ABD ve Norveç gelmektedir. Japonya, çok çeşitli proje üzerinde çalışan pek çok takımla birlikte, en büyük dalga enerjisi araştırma programına sahiptir. En ilginç yeni gelişmelerden biri dalgaları bir çemberin merkezine odaklayan su yüzeyinin iki metre altında şekillendirilmiş tabakları içeren odaklama aygıtlarının kullanılmasını içerir. Hindistan'da bir dalgakırana yerleştirilen ve 2 metre çapında 150 kW jeneratörünü çalıştıran Wels Türbinli çok titreşimli OWC aletinin denemeleri Trıvandrum sahillerinde başlamıştır. Portekiz Kuzey Atlantik'te Azore'un bir parçası olan Pico adasında 500 kW ile 1 MW kapasiteli bir OWC planlanmıştır. Bu kayalık sahil şeridine yakın deniz dibine yerleştirilmiştir.

Üç tarafı denizlerle olan ülkemiz; dalga enerjisi yönünden önemli potansiyele sahiptir. Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yapılan ölçümler sonucunda toplam 28 GW saatlik brüt dalga enerjisi potansiyeli olduğu hesaplanmıştır.

Denizlerdeki yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de gel-git enerjisidir. Gel-git santrallarında , gel-git olayının meydana geldiği koylara barajlar gel-git olayı nedeniyle oluşan iki taraflı akıntı, barajdaki çift yönlü çalışan özel türbinleri çevirmektedir.

Okyanuslara kıyısı olmayan ülkemiz için gel-git enerjisi söz konusu değildir ve ülkemiz denizlerinde gel-git olayı çok az ve yavaştır. Bu nedenle bu yöntemle enerji elde edilmesi mümkün değildir [19].

2.4. Dünya Enerji Sektörünün Gelişimi

2.4.1. Dünyanın kaynak varlığı

Dünyada halen geniş oranda kullanılan enerji kaynaklarının başlıcaları, kömür, petrol ve doğal gazdır. Çizelge 2.1'de bölgelere göre dünya fosil yakıt rezerv miktarları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya fosil yakıt rezervleri (1996-1997) [20]

Bölge	Petrol (Milyar Ton)		Doğalgaz (Trilyon m^3)		Taskömürü (Milyar Ton)		Linyit (Milyar Ton)	
Yıllar	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Kuzey Amerika	11,5	10,2	8,5	8,4	111,9	11,9	138,5	138,5
Orta ve Güney Amerika	11,3	12,4	5,9	6,3	5,6	5,6	4,6	4,5
Avrupa	2,7	2,6	5,4	5,5	59,1	59,1	97,6	97,6
Eski SSCB Ülkeleri	9,1	9,1	57,3	56,7	104	104	137	137
Orta Doğu	91,6	91,6	45,8	48,9	0,2	60,6		1,3
Afrika	9	9,3	9,3	9,9	60,4	178,2	1,3	133,3
Asya ve Okyanusya	5,7	5,7	9,1	9,1	178,2		133,3	
Toplam Dünya	140,9	140.9	141,3	144,8	519,4	519,4	512,3	512,2

Çizelge 2.1'deki Dünya Fosil yakıt rezervlerine göre, Dünya enerji varlığının en büyük bölümü kömürdür. Bu nedenle kömür uzun vadede Dünya enerji sıkıntısını hafifletme yönünden ümitlerin bağlandığı bir hammadde olarak görülmektedir. Kömür rezervlerinin en büyüt bölümü Asya ve Okyanusya' da bulunmaktadır. Bunu sırası ile Avrupa ve Kuzey Amerika izlemektedir.

Dünya petrol rezervlerinde bölgeler itibariyle %65 ile Ortadoğu Ülkeleri en büyük payı, ikinci sırayı ise %9 pay ile Orta ve Güney Amerika almaktadır.

Doğalgaz rezervlerinde 1997 yılında %2,4 oranında bir artış olmuştur. Dünya toplamı içerisinde Rusya Federasyonu %33'lük pay ile ülkeler arasında birinci sıradaki yerini korumaktadır. Ortadoğu ise 48,9 trilyon m^3 ile ikinci sıradadır. Dünya enerji konseyi, Türk milli komitesinin hazırladığı istatistiklere göre enerji rezervlerinin bölgelere göre kullanılabilme süreleri çizelge 2.2'de görülmektedir. [19].

Çizelge 2.2. Dünya fosil yakıtları rezervlerinin kullanılabilme süreleri [20]

Bölge	Petrol	Doğalgaz	Kömür
Kuzey Amerika	16	12	233
Orta ve Güney Amerika	37	73	231
Avrupa	8	20	191
Eski SSCB Ülkeleri	25	86	500
Orta Doğu	88	100	102
Afrika	25	100	274
Asya ve Okyanusya	16	38	146
Toplam Dünya	41	64	219

Çizelge 2.2'ye göre Dünya genelinde mevcut kömür rezervleri 219 yıl, doğalgaz rezervleri 64 yıl, petrol rezervleri 41 yıl daha geleceğin enerji talebini karşılayabilecek miktardadır.

2.4.2. Dünyada enerji üretimi

1997 yılında bölgelere göre dünya fosil yakıt üretimleri çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Dünyada fosil yakıt üretimleri (1997) [20]

Bölge	Petrol (Milyon Ton)	Doğalgaz (Milyon TEP)	Kömür (Milyon TEP)	Toplam (Milyon TEP)
Kuzey Amerika	668,8	661,8	628,1	1958,7
Orta ve Güney Amerika	330,9	78,9	30,6	440,4
Avrupa	327,9	247,7	283,7	858,9
Eski SSCB Ülkeleri	362,9	561,1	187,6	1111,6
Orta Doğu	1045,3	150,1	1,4	1196,8
Afrika	373,4	84,8	119,8	57,7
Asya ve Okyanusya	366,1	216,5	1069,5	165,1
Toplam Dünya	3474,6	2000,9	2320,7	779,2

Çizelge 2.3.'e göre Dünyada fosil yakıt üretimi toplamı 7796.2 milyon TEP'tir. 1997 yılında Dünya petrol üretiminde %3.1'lik artış kaydedilmiştir. Petrol üretiminde ilk sırayı 1.045 milyar ton ve %30'luk pay ile Ortadoğu ülkeleri almaktadır. 1997 yılında bütün bölgelerde petrol üretiminde bir artış olmuştur.

1997 yılında doğalgaz üretiminde Amerika Bölgesi %33'lük pay ile en büyük üretici bölge konumuna gelmiştir.

Linyit ve Taşkömürü üretimleri Dünyada toplam 2320.7 milyon TEP eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Kömür üretiminde Asya ve Okyanusya bölgeleri 1069.5 milyon TEP ile ilk sıradadır. Kömür üreticisi ülkelerin başında %30'luk pay ile Çin gelmekte, bunu %25'lik pay ile ABD izlemektedir. [19].

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

2.4.3. Dünyada enerji tüketimi

1997 yılında 1996 yılına göre fosil yakıtların tüketim oranlarında önemli bir değişiklik görülmemektedir. 1997 yılında Dünya fosil yakıt tüketimleri çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Dünyada fosil yakıt tüketimleri (1997) [20]

	Petrol		Doğalgaz		Kömür		Toplam	
Bölge	MTEP	%	MTEP	%	MTEP	%	MTEP	%
Kuzey Amerika	1006,2	45,1	666,2	29,8	560,9	25,1	2233,3	100
Orta ve Güney Amerika	214,3	69,0	77,9	25,1	18,6	6,0	310,8	100
Avrupa	746,9	50,2	375,4	25,2	365,7	24,6	148,8	100
Eski SSCB Ülkeleri	198,6	24,2	443,4	54,1	178,1	21,7	820,1	100
Orta Doğu	201,7	57,4	142,8	40,6	7,0	2,0	351,5	100
Afrika	111,6	44,8	45,8	18,4	91,6	36,8	249,0	100
Asya ve Okyanusya	916,2	41,4	225,8	10,2	1071,5	48,4	2213,5	100
Toplam Dünya	3395,5	44,3	1977,3	25,8	2293,4	29,9	7666,2	100

1997 yılı fosil yakıt tüketimleri içerisinde petrol yine %44 ile ağırlığını korumuş, bunu %30 ile kömür ve %26 ile doğalgaz izlemektedir. En fazla fosil yakıt tüketimi Kuzey Amerika, Asya ve Okyanusya bölgelerinde gerçekleşmektedir. Dünya enerji üretim ve tüketim oranlarını karşılaştırdığımızda, üretilen miktar kadarının tüketildiği görülmektedir.

2.5. Türkiye'de Enerji Sektörünün Gelişimi

Ülkemizde mevcut enerji kullanımına yönelik olarak en önemli yerli kaynak linyit ve hidrolik enerji olmakla birlikte, petrol, taşkömürü, doğalgaz, jeotermal, odun, hayvan ve bitki artıkları ve güneş enerjisi gibi birincil enerji kaynakları ile elektrik ve kok gibi ikincil enerji kaynakları üretilmekte ve tüketilmektedir.

Bu kaynakların yanı sıra, hidroelektrik tesisler, rüzgar enerjisi ve uzun dönemde kullanılması düşünülen biomas kaynakları ile ilgili çalışmalar çeşitli kuruluşlar tarafından yürütülmektedir. Halen ülkemiz tükettiği enerjinin yarısından fazlasını ithal etmektedir. Bu nedenle enerji üretimini hızla artıracak enerji sektörünü kalkınmamızda engelleyici değil, destekleyici unsur haline getirmek yönünde tedbirler alınmaktadır [19].

2.5.1. Türkiye'de enerji üretimi

Ülkemizde 1994-1998 yılları arası birincil enerji kaynakları üretim ve tüketimi miktarları çizelge 2.5'de görülmektedir.

Çizelge 2.5. Türkiye'de birincil enerji üretimi(Bin ton eşdeğer petrol) [21]

	1994	1995	1996	1997	1998
Toplam	26.059	26.256	26.926	27.536	28.785
Taş kömürü	1.636	1.319	1.382	1.341	1.143
Linyit	10.471	10.735	10.899	11.598	12.792
Asfaltit	–	29	15	13	10
Doğalgaz	182	166	187	228	514
Petrol	3.871	3.692	3.675	3.630	3.385
Hidrolik	2.630	3.057	3.481	3.424	3.632
Odun	5.482	5.512	5.512	5.512	5.512
Hayvan ve Bitki Artıkları	1.627	1.556	1.533	1.512	1.471
Jeotermal	68	74	72	71	73
Diğer	92	116	170	207	253

Birincil enerji üretimi 1998 yılında biraz artış göstermiştir. 1998 yılında toplam üretim içinde linyit %44.4'lük pay ile birinci, odun %19'luy pay ile ikinci, hidrolik %12.6'lık payla üçüncü sırayı almaktadır [21].

2.5.2. Türkiye'de enerji tüketimi

Çizelge 2.6'da Türkiye'de birincil enerji kaynakları tüketiminin 1994-1998 yılları arasındaki dağılımı görülmektedir.

Çizelge 2.6. Türkiye'de birincil enerji tüketimi (Bin ton eşdeğer petrol) [21]

	1994	1995	1996	1997	1998
Tüketim	58.676	63.215	66.887	71.491	74.112
Taş kömürü	5.512	5.905	5.560	7.388	8.921
Linyit	10.331	10.605	11.187	12.280	12.631
Asfaltit	--	28	15	13	10
Doğalgaz	4.921	6.313	7.186	9.165	9.419
Petrol	27.142	29.324	30.939	30.636	30.582
Hidrolik	2.630	3.057	3.481	3.424	3.632
Odun	5.482	5.512	5.512	5.512	5.512
Hayvan ve Bitki Artıkları	1.627	1.556	1.533	1.512	1.471
Jeotermal	68	74	72	71	73
Diğer	92	116	170	207	250
İthalat	35.344	39.779	41.828	45.629	48.325
İhracat	2.280	1.947	1.883	1.630	2.398

Tüketimde payı önemli derecede artış gösteren enerji kaynağı doğalgaz olmuştu. Petrol tüketimi 1998'de 30.582 bin ton eşdeğer petrol ile birincil sırayı almaktadır. Diğer bir değişle tüketilen enerjinin %41.3'ü petrolden sağlanmaktadır. %17.1'lik bir payla da linyit ikinci sırayı almaktadır. 1998 yılında toplam enerji tüketimi 74.112 milyon TEP 'tir. Bu değerde en büyük payı %41 ile petrol almakta, bunu %29 pay ile kömür, %13 ile doğalgaz izlemektedir [21].

Görüldüğü gibi bu kaynaklar, kendini uzun sürede yenileyen ve tükenen kaynaklardır. Türkiye'nin kısa sürede yenileyen ve giderek tükenen

kaynaklardır. Türkiye'nin kısa sürede kendini yenileyen kaynaklarından yararlanması ise toplam enerji tüketiminin %15'idir. Bu değerin %70'i odun ve tezek, %30'u ise büyük ölçekli su santralleridir. Bunun yanında, günlük yenilenen enerji kaynaklarının kullanımındaki oranlar neredeyse göz önüne alınmayacak kadar küçüktür. Güneş uygulamaları için %0.1, yer ısısı için %0.2'dır. Çizelge 2.7'de Türkiye'de sektörlere göre enerji tüketim payları yüzde olarak verilmiştir. Çizelgeye göre konut sektöründe enerji kullanımı 1970'li yıllarda %51 iken bu rakam 1997 yılında %35'e düşmüştür. Sanayi sektöründe ise %1-2'lik bir artış görülmektedir. (El emeğinin azalması, makineleşme) bu sektörlerde enerji kullanımının artmasına neden olmuştur.

Çizelge 2.7. Türkiye'de sektörlere göre enerji tüketimi payları [21]

	1980		1982		1990		1995		1996		1997	
	Bin TEP	%	Bin TEP	%	Bin TEP	%	Bin TEP	%	Bin TEP	%	Bin TEP	%
Konut	12.77	47	14.20	44	15.002	36	17.150	35	18.028	33	19.015	35
Sanayi	7.955	29	9.779	30	14.543	35	17.354	35	20.028	37	20.055	36
Ulaştırma	5.230	19	6.195	19	8.723	21	11.066	22	11.778	22	11.339	21
Tarım	963	4	1.506	5	1.956	5	2.556	5	2.714	5	2.835	5
Enerji Dışı	527	2	812	2	1.031	2	1.386	3	1.643	3	1.788	3

Buraya kadar yapılan incelemelere göre, ülkemizde üretilen enerjiden fazlası tüketilmektedir. Enerji ihtiyacımızın büyük bir bölümü dış ülkelerden karşılanmaktadır. Enerji açısından dışa bağımlılığın yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmaması durumunda %76'lı rakamlara ulaşacağı belirtilmektedir. Bu durum, bu tür enerji kaynaklarının araştırılmasını ve kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu enerji kaynakları arasında güneş enerjisi; temiz, atıksız, tükenmez ve çevre dostu olması gibi özellikleri ile tercih edilmektedir. Üçüncü bölümde güneş enerjisinden yararlanmanın gelişimi, kullanım olanakları ve uygulama alanları anlatılacaktır.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1. Güneş Enerjisinden Yararlanmanın Gelişimi

Dünyada insan yaşantısının ortaya çıkmasını ve bugüne kadar gelişmesini sağlayan güneştir. Güneşe tapma da dinlerin ilkidir. Mısır uygarlığında, Hindistan'da ve Eski Japonya'da Güneş Tanrısının çok önemli bir yeri vardı

Dinlerin dışında Archimedes ise (İ.Ö. 287-201) güneş enerjisi araştırmalarında yalnız teori alanında kalmayıp pratik sonuçlar da almıştır. Archimedes, odakları yüzlerce metre uzakta olabilen içbükey aynalarla Sirakuza'yı iki sene kuşatmış olan Marcellus'un gemilerin güneş enerjisinden yararlanarak yakmıştır. Avrupa'da güneşten ısı elde etmenin bir basamağı Galile'nin (1564-1642) merceği bulmasıdır. Merceğin bulunması, güneş ışınlarını belli bir noktaya yoğunlaştırarak ısı elde etmek amacıyla kullanılan merkezi alıcı sistemlerin gelişmesine katkıda bulunmuştur.

Endüstrileşmenin başlangıcıyla birlikte güneş bir enerji kaynağı olarak görülmeye başlanmıştır. Güneş enerjisi ile ilgili araştırmalar; güneşin yaydığı enerjinin gerçekten çok büyük olduğunu ortaya koymuştur. Aslında bugünkü endüstriyel büyümeyi; biyolojik organizmaların milyonlarca yıldır kullanmış olduğu güneş enerjisine borçluyuz. Hidroelektrik, rüzgar ve dalga gücü gibi yenilenebilir diğer enerji kaynaklarının çoğu da güçlerini güneşten alırlar. Güneşin bir enerji kaynağı olarak görülmeye başlaması görüşü, fosillerden elde ettiğimiz enerjinin, dünyamızı kirlettiğini anlamamızla birlikte daha da önem kazanmıştır.

Güneşin yaydığı enerji gerçekten çok büyüktür. Dünyamızın yüzeyi ortalama olarak $1,2 \times 10^{17}$ W'lık güneş enerjisi alır. Bu demektir ki, bu enerji bir saatten az bir sürede tüm dünya nüfusuna bir yıl boyunca yetecek kadar çoktur. Aslında bugünkü endüstriyel büyümeyi, biyolojik organizmaların milyonlarca yıldır kullanmış olduğu güneş enerjisine borçluyuz. Hidroelektrik, rüzgar ve

dalga kuvveti gibi, yenilenebilir diğer enerji kaynaklarının çoğu da güçlerini güneşten alırlar.

Bundan 160 yıl önce 1839'da Edmond Becquerel; elektrik akımının, ışığın meydana getirdiği kimyasal bir reaksiyon sonucu ortaya çıktığını gözlemlemiştir. Fotovoltaik etkiden yararlanarak ışığı elektriğe dönüştüren aygıtların yapılması büyük ölçüde 20. yüzyılda gerçekleşmiştir [22].

Güneş enerjisinin konutlarda kullanılışı için ilk denemeler (1930-1940) yılları arasında yürütülmüştür. Ancak bu ilk denemelerin güneşle ilişkisi Güney cephesi camlarını iyice büyültmekten öteye geçmemiştir.

Araya giren II. Dünya Savaşı araştırma çalışmalarını yavaşlatmıştır. 1973'te Dünya Ekonomisini sarsan büyük petrol krizi patlak vermiştir. Bu kriz tüm insanlığı yeni enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir.

3.2. Dünya Güneş Enerjisi Potansiyeli

Yeryüzü sürekli olarak güneşten 1.73×10^{14} kW'lık enerji girdisi almaktadır. Bu yıllık 1.5×10^{18} kWh enerji anlamına gelmektedir ve bu 1986 yılı itibarı ile dünyanın yıllık enerji tüketiminin 10.000 kat fazladır [22]. Güneşten bir saniyede alınan enerjinin güç olarak karşılığı 3.86×10^{20} MW' tır. Dünyaya yansıyan 1 yıllık güneş enerjisinin, çıkarılabilir fosil yakıt rezervlerinin tamamının enerjisinin yaklaşık 15-20 katına eşdeğer olduğu bilinmektedir. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kW düzeyindedir. İnsanlığın yıllık ticari enerji gereksiniminin bugünkü durumda güç karşılığı 11 TW kadardır. Güneşten gelen güç bu sistemin 16.000 katından çoktur [23].

3.3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'de güneş enerjisi çalışmaları 1960'lı yıllarda başlamıştır. 1965, 1975 döneminde bazı üniversitelerde (ODTÜ,EÜ...) yapılan ve bir kısmı da TÜBİTAK tarafından desteklenen çalışmalar yapılmışsa da bunların uygulama alanı bulduğu söylenemez.

dalga kuvveti gibi, yenilenebilir diğer enerji kaynaklarının çoğu da güçlerini güneşten alırlar.

Bundan 160 yıl önce 1839'da Edmond Becquerel; elektrik akımının, ışığın meydana getirdiği kimyasal bir reaksiyon sonucu ortaya çıktığını gözlemlemiştir. Fotovoltaik etkiden yararlanarak ışığı elektriğe dönüştüren aygıtların yapılması büyük ölçüde 20. yüzyılda gerçekleşmiştir [22].

Güneş enerjisinin konutlarda kullanılışı için ilk denemeler (1930-1940) yılları arasında yürütülmüştür. Ancak bu ilk denemelerin güneşle ilişkisi Güney cephesi camlarını iyice büyültmekten öteye geçmemiştir.

Araya giren II. Dünya Savaşı araştırma çalışmalarını yavaşlatmıştır. 1973'te Dünya Ekonomisini sarsan büyük petrol krizi patlak vermiştir. Bu kriz tüm insanlığı yeni enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir.

3.2. Dünya Güneş Enerjisi Potansiyeli

Yeryüzü sürekli olarak güneşten 1.73×10^{14} kW'lık enerji girdisi almaktadır. Bu yıllık 1.5×10^{18} kWh enerji anlamına gelmektedir ve bu 1986 yılı itibarı ile dünyanın yıllık enerji tüketiminin 10.000 kat fazladır [22]. Güneşten bir saniyede alınan enerjinin güç olarak karşılığı 3.86×10^{20} MW' tır. Dünyaya yansıyan 1 yıllık güneş enerjisinin, çıkarılabilir fosil yakıt rezervlerinin tamamının enerjisinin yaklaşık 15-20 katına eşdeğer olduğu bilinmektedir. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kW düzeyindedir. İnsanlığın yıllık ticari enerji gereksiniminin bugünkü durumda güç karşılığı 11 TW kadardır. Güneşten gelen güç bu sistemin 16.000 katından çoktur [23].

3.3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

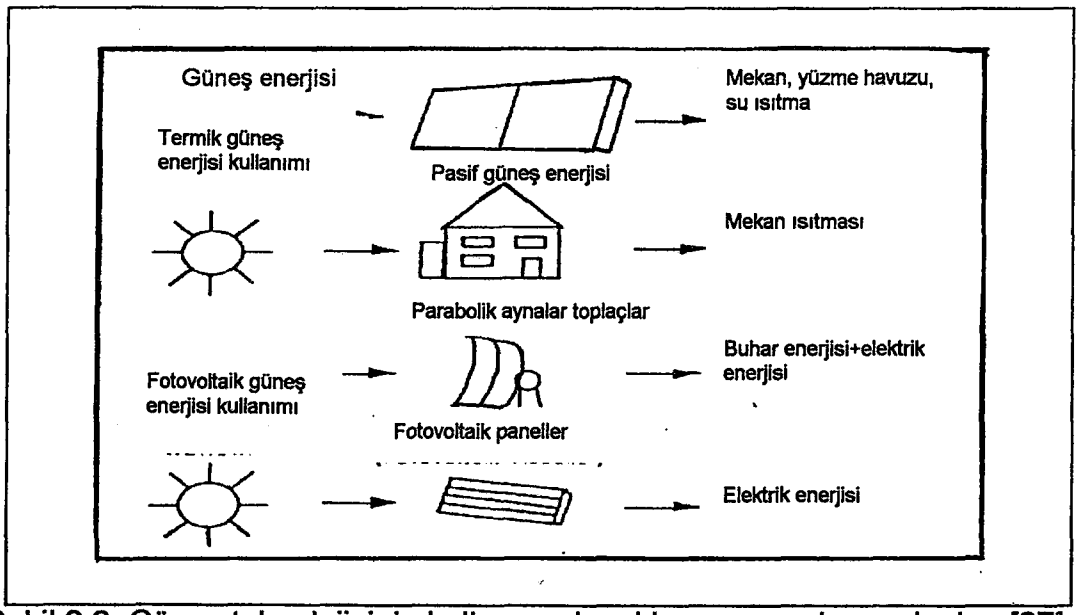
Türkiye'de güneş enerjisi çalışmaları 1960'lı yıllarda başlamıştır. 1965, 1975 döneminde bazı üniversitelerde (ODTÜ,EÜ...) yapılan ve bir kısmı da TÜBİTAK tarafından desteklenen çalışmalar yapılmışsa da bunların uygulama alanı bulduğu söylenemez.

Çizelge 3.1. Türkiye'de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli [26].

BÖLGELER	Toplam Güneş Enerjisi KWh/m^2-yıl	Yıllık Toplam Güneşlenme Süresi Saat/yıl
Güney-Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Ege	1304	2738
İç Anadolu	1314	2628
Doğu-Anadolu	1365	2664
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1917
Türkiye Ortalaması	1311	2640

3.4. Güneş Teknolojisinin Kullanım Olanakları ve Uygulama Alanları

Güneş ışınımları yapı kabuğunda alınan mimari önlemler ya da mekanik bileşenler aracılığıyla istenilen enerjiye dönüştürülebilir. Isısal esasa dayanan sistemlerin .(termik güneş enerjisi kullanımı) daha geniş uygulama alanı vardır.



Şekil 3.2. Güneş teknolojisinin kullanım olanakları ve uygulama alanları [27].

Şekil 3.2.'de güneş enerjisinin kullanım olanakları ve uygulama alanları görülmektedir.

Güneş enerjisinin kullanımı:

- Yapı kabuğunda alınan mimari ve yapısal önlemlerle mekanların doğrudan ısıtılması (edilgen kullanım).
- Güneş enerjisi toplaçları (toplayıcıları) aracılığıyla mekanların ısıtılması ve sıcak su elde edilmesi (etkin kullanım).
- Fotovoltaik modüllerin kullanımı ile binalara elektrik enerjisi sağlanması (etkin kullanım) şeklinde gerçekleştirilir [28].

Güneş Enerjisinin Uygulama Alanları:

- Konutlarda sıcak su temini
- Konut ısıtması ve soğutması
- Sera ısıtması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Arı su elde edilmesi
- Tuz üretimi
- Elektrik enerjisi üretilmesi

3.4.1. Güneş enerjisinin edilgen kullanımı

Edilgen (pasif) güneş enerjisi kullanımının temel prensibi, yapı kabuğunda alınan önlemlerle güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanmaktır. Amaç max. Isının amaç doğrultusunda kullanılmasıdır. Genel olarak elde edilen ısının sıcak su elde edilmesinde, binaların ısıtılmasında kullanımı yaygındır [29]. Edilgen kullanımda, bilinçli planlama önlemleri ile yapı ya da yapı elemanları güneş toplayıcıları işlevi görerek, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürürler.

Bu yöntemi ilk olarak Yunanlılar 2500 yıl önce uygulamışlardır. Yunanlılar planlı olarak şehirleşmiş, elverişli oturma iklimini sağlayabilmek için konutlarını özenle yönlendirmiş ve uygun şekilde biçimlendirmişlerdir [30].

1920-1930'lu yıllarda Bruno Taut cam mimarisi ile güneş enerjisi kullanımına dikkat çekmiştir. Kış bahçesi ve verandalar 19. yüzyıl kırsal kesim konutları ve villa tasarımlarında önemli öğeler olarak mimarlar tarafından dikkate alınmış ve binalara entegre edilmeleri önerilmiştir. İlk modern pasif güneş evi ise, 1940 yılında mimar George-Fred Keck tarafından tasarlanmıştır [31].

Binalarda Güneş Enerjisinin Edilgen Kullanımı:
1-Doğrudan ısı kazanımlı edilgen sistemler
2-Dolaylı ısı kazanımlı edilgen sistemler aracılığıyla gerçekleştirilebilir.

1- Doğrudan ısı kazanımlı edilgen sistemler

Doğrudan ısı kazanımında güneş enerjisi, mekan içerisine geçirgen duvarlar (cam vb.) aracılığıyla alınır. Edilgen kullanımın en basit öğesi olan pencerelerinin iyi yalıtılmış bir mekanda ve güneye yönlendirilmeleri gerekir. Pencerenin form ve pozisyonu güneş ışınlarının depolayıcı yüzeylere ulaşmasını sağlar. Yatay düzenlenmiş pencereler güneş ışınlarının daha geniş alana yayılmasını olanaklı kılar. Düşey konumlanmış pencerelerde ise ışınların mekan derinliğince etkimesi söz konusudur.

Güneş pencerelerinde saydam yüzeyden içeri giren güneş ışınları, mekanın masif duvarları tarafından soğurulmakta ve ısı enerjisine dönüştürülmektedir. Masif elemanların enerji fazlasını depolamasıyla, mekan içinde aşırı sıcaklık fazlalığı ortadan kalkmaktadır. Mekan sıcaklığının azalması durumunda, ısı masif elemanlardan taşınım ve ışınım yolu ile geri verilmektedir.

2- Dolaylı ısı kazanımlı edilgen sistemler

Dolaylı ısı kazanım sistemlerinde masif strüktürler güneş ile yaşama mekanı arasına yerleştirilerek mekanın dolaylı olarak ısıtılmasını sağlamaktadır. Dolaylı kazanç sistemlerinin başlıca tipleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

a-Isı depolama duvarları

- Trombe duvarı
- Su duvarları
- Isı yalıtımlı geçirgen duvarlar

b-Çatı havuzları

c-Kış bahçeleri (sera sistemi)

d-Termosifon sistemi

a- Isı depolama duvarları

- *Trombe duvarı*

Dolaylı ısı kazanım sistemlerinde pencerelerin yansıtma, parlama, aşırı sıcaklık farklılıkları oluşması gibi sorunları olabilmektedir. Bu tür sorunlar depolayıcı olarak işlev gören döşeme ve duvar elemanları yerine, güneş ışınlarını doğrudan alan, cam yüzeyin arkasında duvar düzenlenmesi ile oluşturulan güneş duvarları aracılığıyla çözülebilir.

Güneş duvarlarında masif dış duvar yüzeyine ulaşan güneş ışınları soğurulur ve ısı enerjisine dönüşür. Isı enerjisi duvar konstrüksiyonuna bağlı olarak belli bir süre sonra taşınım ve ışınım aracılığıyla iç mekana iletilir.

Trombe duvar sistemi mühendis Felix Trombe tarafından geliştirilmiştir, bu nedenle de Trombe duvarı olarak anılmaktadır. Trombe duvarı, genellikle betondan yapılan oldukça kalın olan ve doğrudan çift camlı giydirme bir cephenin arkasına yerleştirilen bir duvar türüdür. Trombe duvarı üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar geçirgen yüzey (cam), termal duvar kütlesi (Masif bina elemanı), doğal havalandırma elemanlarıdır (delikler, kanallar).
Güneş duvarı dolaylı güneş enerjisi kazanımı sistemi olup üç ayrı işlevi yerine getirmektedir. Bu işlevler güneş ışınlarının toplanması, ısı enerjisinin depolanması ve dağıtımıdır. Güneş duvarlarında masif dış duvar yüzeyine

ulaşan güneş ışınları soğurulur ve ısı enerjisine dönüşür. Isı enerjisi duvar konstrüksiyonuna bağlı olarak belli bir süre sonra taşınım ve ışınım aracılığıyla iç mekana iletilir.

- *Su duvarları*

Güneş enerjisinden elde edilen ısı, düşey kanal ya da borularda, cam elyafı tüplerde ya da özel olarak üretilmiş depolama ünitelerinde bulunan su tarafından depo edilir. Bu depolama üniteleri doğrudan güneye bakan cephelerin arkasına yerleştirilir. Sıvı ısı depolayıcıları büyük bir ısı kazanma potansiyeline sahiptirler. Çünkü ısısal kazançları taşınım ile hızlıca yayarlar. Bu sistemde karşılaşılan en önemli problemler buharlaşma, paslanma ve sızma olaylarıdır. Bunun için korozyon önleyici malzemeler ve depolama ünitelerinin plastikle kaplanması ya da kaliteli cam elyafı malzemeler kullanılmaktadır.

Su duvarlarında bir diğer tip olarak "transwall"lar görülebilir. Bunlar iki yüzeyi cam, ortasında saydam tabaka ve cam yüzeyler ile saydam tabaka arasında ise su bulunan duvarlardır. Bu tip duvarların en önemli avantajı ışığı geçirir nitelikte olması ve iç aydınlatmaya olanak vermesidir. Aksi halde maliyetinin çok yüksek ve yapımının zor olduğu kesindir [32].

- *Isı yalıtımlı ışık geçiren duvarlar*

Işık geçiren ısı yalıtım malzemeleri, oldukça iyi k değerlerinin (Isı yalıtım değeri) yanısıra 0,5 – 0,75 arasında değişebilen ışık geçirgenlik katsayısı değerine sahip yeni malzemelerdir. Işık geçiren ısı yalıtımı uygulamalarında, güneş enerjisi depolayıcı duvara trombe duvarlarında olduğu gibi ulaşmaktadır, ancak yalıtım değerinin yüksek olması sonucu ısı kayıpları minimize edilir, dolayısıyla sistemin etkinliği (verimliliği) artar. Kılcal, petek, gözenekli ya da homojen dokulu olarak üretilmektedirler. Günümüzde uygulanan Işık geçiren ısı yalıtım malzemeleri, dış atmosfer etkilerine karşı koruyucu saydam tabaka gerektirmektedir. Bu tabaka fleksiglas ya da demir

oranı düşük cam olabilmektedir. Uygulamalarda saydam dış örtü bir çerçeve içerisinde duvara tespit edilmektedir. Yaz aylarında duvarın aşırı ısınmasına karşı güneş koruyucu önlemler almak kaçınılmazdır.

Işık geçiren ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı özellikle Avrupa Ülkelerinde gerek yeni binalarda gerekse eski binaların onarımına giderek yaygınlaşmaktadır [29].

b-Çatı havuzları

Çatı havuzları, dayanıklı metal tavanların üzerine yerleştirilen büyük plastik su havuzlarıdır. 15-30 cm derinliğindeki havuzlardaki su, binanın güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutması için ısıl kütle görevini görmektedir. Koyu plastik bir kaplama, bu havuzun alt kısmına tavandan su akmasını önlemek ve güneş enerjisinin toplanmasını sağlamak için yerleştirilir. Ayrıca havuzlar düz plastik bir kaplama malzemesi ile kaplanırlar ve sera etkisine bağlı olarak, havuzun içindeki ısının orada kalmasına yardımcı olurlar. Hareketli sert bir yalıtım kışın geceleri, yazın da gün boyunca kullanılmaktadır.

Kışın güneşli günlerde yalıtım kaldırılmakta ve güneş ışınımı su havuzlarına gelmektedir. Isı havuzlardan tavana iletilmekte ve daha sonra alttaki odaya ışınımla ısı geçişi sağlanmaktadır. Geceleyin ise yalıtım yerleştirilmekte ve su mekanı ısıtmaya devam etmektedir. Yazın ise yalıtım tabakası gün boyunca havuzun üzerinde kalmaktadır;böylece su mekandaki fazla ısıyı yutmaktadır [30].

c-Kış bahçeleri (sera sistemi)

Kış bahçeleri içinde yaşanabilen, güneye yönlendirilmiş, camın yoğun olarak kullanıldığı mekanlardır. Kış bahçesi ve onunla ilişkili mekan arasında düzenlenen duvar genelde masif olup, ısı koruyucu ve depolayıcı işlevini görmektedir. Böylece kış bahçesindeki aşırı sıcaklık farklılıkları azaltılmış, konforu yüksek, dengeli bir mikro-klima sağlanmış ve daha uzun süre

kullanılabilen bir mekan yaratılmış olur. Duvarda açıklık düzenlenmesi ile kış bahçesinin sıcaklığı direkt olarak bağlı bulunduğu mekana verilebilir. Bu açıklıkların büyük ve duvarların saydam bir malzemeden olması durumunda, güneş ışınlarının direk olarak iç mekanlara alınması olanaklıdır. Hatta kış bahçesine birden fazla mekanın açılması uygundur. Bu duruma çözüm olarak iki ya da daha fazla kat yüksekliğinde kış bahçesi, ya da kış bahçesi etrafından konumlanan mekanlar düşünülebilir.

Sistemin en önemli yararlarından biri, ek tesisat olmaksızın enerji kazanımını artırmasıdır. Böylece maliyet artmaksızın mekanların konforu artırılmakta ve sıcaklık farklılığı azaltılmaktadır.

Eğimli cam yüzeylerde, eğim açısının $\geq 20^0$ olması gerekir, böylece yoğuşma suyunun ve çatı yüzeyinde biriken karın aşağı kayması sağlanır. Aşırı ısınmaya karşı, mekanların havalandırılması için duvarın alt ve üst kısımlarında havalandırma menfezlerinin düzenlenmesi gerekir. Kış bahçesinden maksimum düzeyde yararlanabilmek için açılabilen yüzeylerin camlı alanın en az 1/6 oranında ve bu açıklıkların %50'sinin alt bölümde, %50'sinin üst bölümde düzenlenmesi gerekmektedir.

Yaşanabilen güneş toplaçları olarak anılan kış bahçeleri, enerjik yararları dışında kullanım açısından farklı olanaklar sunmaktadır. Bu çeşitlilik rüzgarlık, yaşama amaçlı kullanım, sera, oyun alanı, atölye/hoby mekanı, garaj, depo gibi plancının tasarımı doğrultusunda artırılabilir [29].

d-Termosifon sistemi

Edilgen güneş ısıtması için çok çeşitli türde termosifon sistemi (ısıyı ileten geçitler) kullanılmaktadır. Bunlardan biri, soğuk havanın pencere altına yerleştirilmiş güneş ısıtıcına aktığı U-tüpünü andıran ve trombe duvarına benzer yöntemlerle çalışan termosifon duvarlarıdır. Gün boyunca cam içinde

ısıtılan hava yükselir ve mekandaki hava ısıtılmak üzere içeri alınır. Fazla ısı, ısıtılan mekanların ısıl kütlelerinde depolanabilir ya da doğrudan bir depolama alanına gönderilir. Geceleyin soğuk hava eşit olarak toplayıcının her iki tarafında çökelmekte ve durgunlaşmaktadır, ters termosifon hareketi ile odanın soğutulması önlenmektedir.

Daha karmaşık bir ısı iletici geçidi olan döşeme altı çakıl depoları da bir tür trombe duvarı gibi işlev görür. Kışın güneş ışınları eğimli toplaçlar aracılığıyla alınarak elde edilen ısı, duvar altındaki deliklerden döşeme altındaki çakıl deposuna iletilir. Böylelikle doğal iletim yoluyla depolama malzemesi ısıtılmış olur. Isınan hava duvar-depolama ünitesi arasındaki kapaklardan mekan içerisine alınır .Yazın eğimli toplaçlar fazla ısınmayı önlemek için kaplanmalı, gölgelendirilmeli ya da havalandırılmalıdır. Maksimum kanal alanı toplaç alanının %10'u kadar olmalıdır [33].

3.4.2. Güneş enerjisinin etkin kullanımı

Güneş enerjisinin konut ısıtmasında, soğutmasında özellikle sıcak su elde edilmesinde, yerleşim yerlerinden uzak elektrik şebekesi olmayan yörelerde elektrik ihtiyacının karşılanmasında kısaca elde etmek istediğimiz enerji türüne dönüştürülmesinde toplayıcı, depolayıcı, dağıtıcı işlevi gören mekanik bileşenlerden yararlanılarak kullanımına 'Güneş Enerjisinin Etkin Kullanımı' denir.

Güneş enerjisinin etkin kullanımı:
1-Güneş toplaçları (toplayıcıları)
2-Güneş havuzları
3-Güneş bacaları
4-Güneş fırınları (Merkezi alıcı sistemler)
5-Yoğunlaştırma yapan santral sistemler
6-Fotovoltaik sistemler aracılığı ile gerçekleştirilebilir.

3.4.2.1 Güneş toplaçları

Güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmede yaygın olarak güneş toplaçlarından yararlanılır. Toplaç boruları içindeki hava veya sıvı aracılığı ile güneş enerjisi soğurularak ısı enerjisine çevrilir ve bu ısı, ısı depolayıcı ya da gereksinim duyulan mekana iletilir. Böylece çeşitli mekan ya da yüzme

havuzlarının ısıtılması ya da sıcak su elde edilmesi, konumuna bağlı olmaksızın güneş aracılığı ile ısıtılır. Kullanılan ara depolayıcılar ile, güneş olmadığı durumlarda da ısıdan yararlanmak olanaklıdır [34].

Basit anlamda toplaç tasarımı saydam (üst) örtü, hava boşluğu, yutucu (soğurucu) yüzey, yalıtım, çerçeve (kasa) olmak üzere 5 ana kısımdan oluşur. Üst örtüsü için genellikle cam kullanılır. Camın görevi, sera etkisi yaratmak ve taşınım kayıplarını azaltmaktır. Genellikle 3 mm kalınlıkta tek ya da çift cam kullanılır. Hava boşluğu, toplaç içindeki taşınım kayıplarını azaltmaya yardımcı olurlar. Yutucu (soğurucu yüzey), Genellikle alüminyum veya bakır gibi malzemeden yapılır. Işınlar bu yüzeyde yutulur ve enerji önce saça sonra borulara ve sonuç olarak suya geçer. Yalıtım, toplacın yan ve arka yüzlerinden olabilecek her türlü ısı kayıplarını en aza indirmek amacıyla ısı iletkenliği düşük, genellikle tabaka halindeki maddelere yapılan ısı yalıtımıdır.

Toplacın yutucu yüzey, taşıma kanalları ve yalıtım gibi bölümlerini dış etkilerden koruyan kasanın, ön yüzü üst örtü ile yan ve arka yüzleri çelik, saç, alüminyum, plastik ve tahta gibi malzemelerle kaplanabilir. Sıvı tipi toplaçlarda herhangi bir su sızması olasılığına karşı suyu başka bir yere alabilmek için kasanın altına bir kaç delik bırakılmalıdır.

Güneş enerjisini toplamak üzere tasarlanan toplaçlar dört ayrı grupta incelenebilir:

a-Sıvı tipi düz güneş enerjisi toplaçları
b-Hava tipi düz güneş enerjisi toplaçları
c-Vakumlu toplaçlar
d-Odaklı toplaçlar

a-Sıvı tipi düz güneş enerjisi toplaçları

Toplacın üst kısmında bulunan saydam örtü (cam) güneşten gelen ışınımın kolaylıkla içeri girmesine izin verir, yutucu yüzey tarafından yapılan dalga ışınımın kaçmasını önler.

Soğurucu yüzeyde ışınlar yutulur ve enerji önce saça sonra borulara ve sonuç olarak suya geçer özellikle sıcak sulu sistemlerde kullanılırlar. Şekil 3.3.'de değişik tipleri görülmektedir.

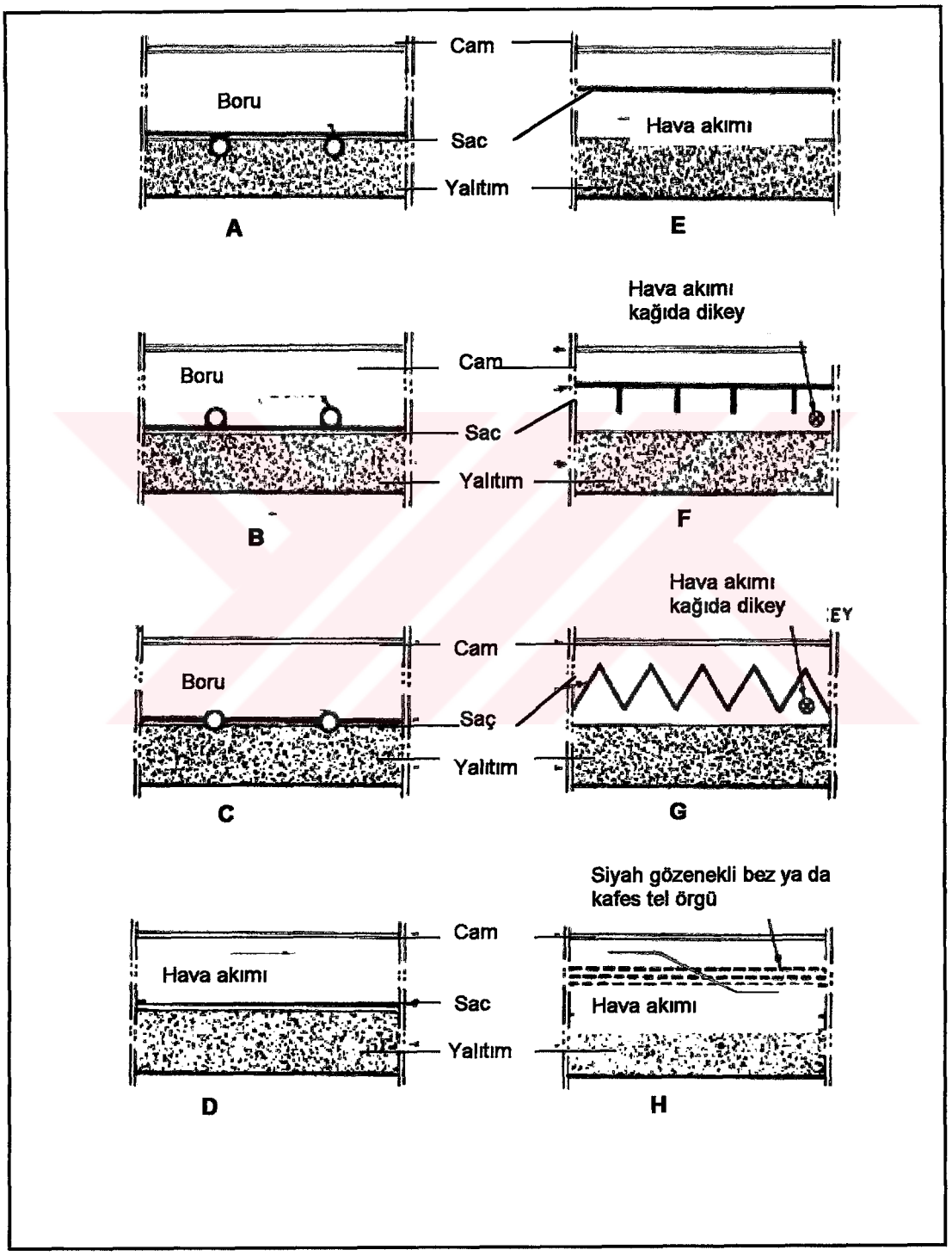
b-Hava tipi düz güneş enerjisi toplaçları

Hem mekan ısıtmada hem de su ısıtma uygulamalarında kullanılabilir. Hava tipi toplaçların, sıvı tip toplaçlarına göre avantajı donma ve korozyon problemlerinin olmamasıdır.

Isıtma için hava tipi kullanıldığında, ısıtılan hava doğrudan mekana pompalanır. Isı iletiminde sıvı tiplerde gerçekleşen verimsizlik burada söz konusu değildir. Bu tip toplacın dezavantajı ise havanın su kadar çok ısı enerjisi tutamamasıdır, bu yüzden sıvı sistemin ilettiği aynı miktar enerjiyi toplaçlarda toplayabilmek ve mekanlara iletmek için bu tip sistemlerde daha geniş kanallar kullanılmalıdır. Ayrıca ısıtılan havayı depolama tankına iletebilmek için daha fazla beygir gücü olan motorlar kullanılmaktadır [35].

Şekil 3.3.'de hava tipi toplaç türleri görülmektedir. Havanın camla saç arasından geçişi (D) türünde gösterilmiştir. Bu durumda taşınım kayıpları fazla olduğundan (E) türündeki gibi havayı saç ile yalıtıcı arasından iletmek daha uygundur. F ve G türleri toplaç yüzeyini artırmak için kullanılabilir.

Toplaç da saç yerine gözenekli siyah kumaş ya da siyah boyalı tel kafes kullanılmış (H) türü daha iyi sonuç verir.

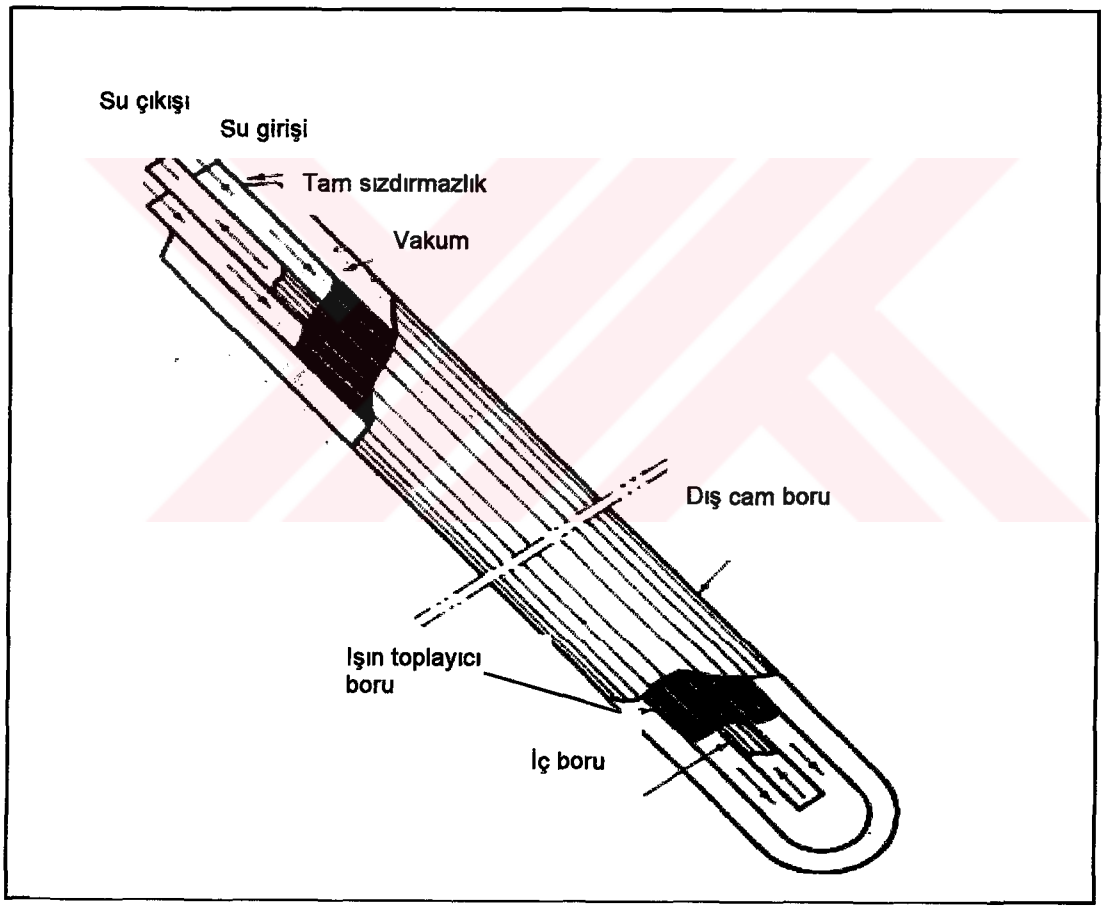


Şekil 3.3. Sıvı ve hava tipi güneş enerjisi toplaç türleri

c-Vakumlu toplaçlar

Düz toplaçların cam örtüsünden taşınım yoluyla büyük kayıplar olur. Vakum borulu toplacın dışındaki saydam cam boru ile içindeki siyah boyalı boru arasında vakum yaratılarak taşınım kayıpları azaltılmıştır. Bu nedenle vakum

borulu toplaçların verimi düz toplaçlardan daha yüksektir. Vakum borulu toplacın içinden su ya da hava dolaştırılır [25]. Şekil 3.4'de vakumlu toplacın iç yapısı görülmektedir.

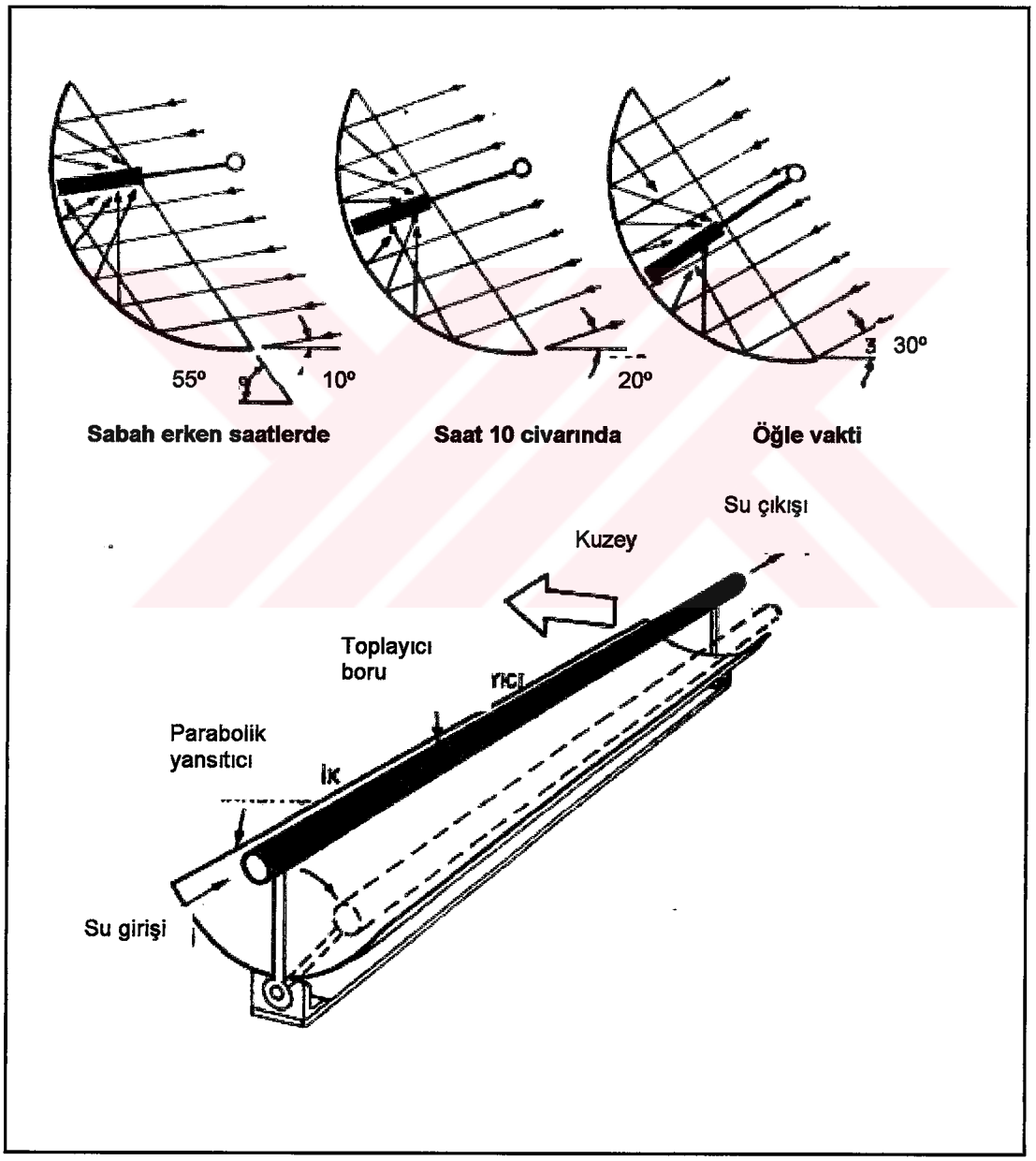


Şekil 3.4. Vakumlu toplacın iç yapısı [25]

d-Odaklı toplaçlar

Odaklı toplaçlar gelen güneş ışınlarını toplacın parabolik yansıtıcı alanından daha küçük bir alana toplacın odağında yer alan ve boydan boya uzanan

siyah bir soğurgan boruya odaklarlar [35]. Şekil 3.5.'de değişik tipleri görülmektedir. Bu tip toplaçlar genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santralına gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa (350-400 °C) ulaşabilirler.



Şekil 3.5. Odaklı toplacın yönlendirilmesi ve yapısı [25]

3.4.2.2 Güneş havuzları

Yaklaşık 5-6 m derinlikteki suyla dolu havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını toplayarak 90 °C sıcaklıkta su elde edilmesinde kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulunsa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir değiştiriciye pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir. Bu konuda en fazla çalışma ve uygulama İsrail'de yapılmıştır.

3.4.2.3. Güneş bacaları

Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneş ışınlarını yoğun olarak alan şeffaf bir malzemeyle kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapılıp, hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde hava-akışı olacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgar türbini bu rüzgarı elektrik enerjisine çevirecektir.

3.4.2.4. Güneş fırınları (Merkezi alıcı sistemler)

Belli bir noktaya odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş ışınlarını, alıcı denen bir kule üzerine tespit edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini soğurur. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C' ye çıkar. Fransa'da ve ABD'de bulunan güneş fırınlarından metallerin eritilmesi, kesilmesi ve kalıplanması yapılmaktadır.

3.4.2.5. Yoğunlaştırma yapan santral sistemler

İki eksende güneşi izleyerek sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Isı enerjisi, odaklama bölgesinden uygun bir sıvı ile alınarak, odaklama bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde yaklaşık % 30 verim elde edilmiştir [36].

3.4.2.6 Fotovoltaik sistemler

Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisinden etkin olarak yararlanmada genelde elektrik enerjisi üretiminde kullanılan ve fotovoltaik modül, akü, çevirici, şarj denetim birimleri gibi bileşenlerden oluşan sistemlerdir.

Fotovoltaik piller (Güneş pilleri), güneş ışınlarını doğrudan elektriğe çeviren ve fotovoltaik modülleri oluşturan cihazlardır. Işınların doğrudan elektriğe çevrimi üç ayrı cihazla olmaktadır. Bunlar; fotoemissif selüller, fotorezistans selüller, yarıiletken güneş pilleridir.

a-Fotoemissif selüller

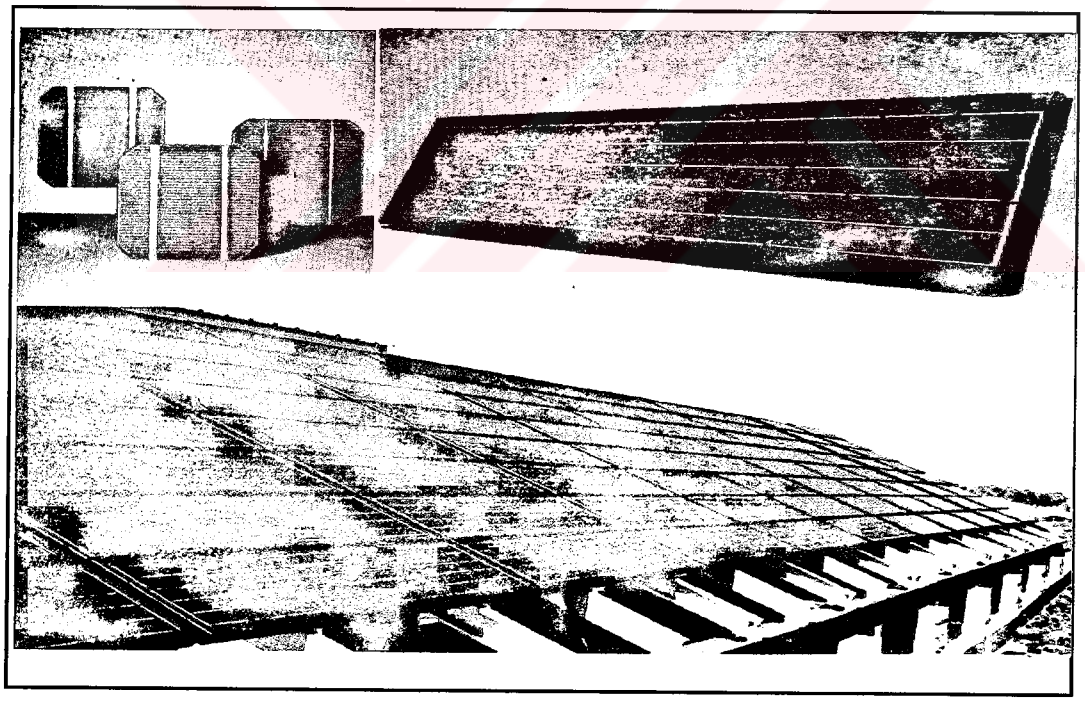
Havası boşaltılmış bir cam ampul içerisine yerleştirilmiş, biri negatif yüklü katot, diğeri pozitif yüklü anot adı verilen iki elektrottan oluşmuş cihazdır. Katot genellikle toprak alkali metallerden yapılmış olan ve yarım silindir geometrik yapıyı andırır, anot ise ince bir telden yapılmış çubuktur. Katot ışığa karşı duyarlıklı olup ışınların etkisinde kaldığında yüzeyden sökülen ve yeterli kinetik enerjiye sahip elektronlar anoda gider ve böylece devreden bir akım geçer. Fakat yeterli enerjiye sahip olmayan elektronlar ise anot ile katot arasına bağlanan Doğru Akım (DC) kaynağı yardımı ile bunların anoda gitmeleri sağlanır, daha güçlü bir fotoemissif selül yapmak için ampul içerisine asal gaz konulur.

b-Fotorezistans selüller

Porselen veya cam üzerine kafes şeklinde sarılmış tele selenium veya talium sürüldüğü zaman ve ışınların etkisi altında bırakıldığında kafesin iki ucu arasında bir potansiyel fark meydana gelir. Böyle bir cihazın uçları arasına bir yük bağlandığında yük içerisinden bir akım aktığı görülür.

c-Yarıiletken fotovoltaik piller

Bu cihazların en kullanışlısı yarıiletken güneş pilleridir. Yarıiletkenlerde iletim elektron ve hollerle sağlanır. Fotovoltaik piller (hücreler) Fotovoltaik modülleri, Fotovoltaik modüller Fotovoltaik dizilerini oluşturmaktadır. Şekil 3.6'da fotovoltaik pil, fotovoltaik modül ve fotovoltaik dizileri görülmektedir [37].



Şekil 3.6. Fotovoltaik pil-modül ve dizileri

Modüllerde hücreler elektrik akımının sağlanabilmesi için birbirlerine paralel, seri ya da karma olarak bağlanmaktadır. Modüller alt ve üst kısımlarından camla kaplanarak bir metal çerçeve ile çerçevelenmektedir [28].

Güneş ışınlarını elektrik ve ısı enerjisine dönüştüren fotovoltaik piller % 5-30 arasında değişen verimleri ile değişik türlerde üretilebilmektedir. Fotovoltaik pil yapımında en çok kullanılan yarıiletkenler silisyum ve germanyumdur. Uygulamada ise en çok silisyum kullanılmaktadır. Çünkü özellikleri en iyi şekilde anlaşılmış ve teknolojisi gelişmiş durumdadır. Galyum arsenik güneş pilleri sıcaklık ve radyasyona silisyum güneş pillerinden daha dayanıklı olduklarından uzay uygulamalarında kullanılmaktadır. Fakat silisyum pillerine göre on kez daha pahalı olduğundan yeryüzü uygulamalarında kullanılması ekonomik olmamaktadır. Fotovoltaik pillerin üretiminde temel malzeme silisyum olmasına karşın, buna rakip oluşturan Germanium (Ge), Kupfer-Indium-Diselenid (Cıs) ve Cadmium Tellurid (CaTe)'den söz edilebilir.

İlk güneş pili Schottky, Lange ve Grondahl gerçekleştirilmiştir. İlk güneş pili Bakır oksit (Cu2O) ve seleniumdan (Se) yapılmıştır. Ancak ilk esaslı güç elde edilen güneş pili 1954 yılında Bell Telephone laboratuarında ABD G.L. Pearson, C.S Fuller ve D.M. Chapin tarafından gerçekleştirilen P-N eklemli homoeklemli silisyum güneş pilidir. Bu pilin verimi % 6 bulunmuştur.

Dünyada ilk güneş pili santralı 1982 yılında Arco Solar Inc. tarafından ABD'nin Kaliforniya eyaletinde kurulmuş olan 1 MW gücündeki santraldır. Bir başka santral yine ABD' nin Los Angeles kentinin kuzey doğusunda 1 MW gücünde ve güneşi izleyebilen 108 adet güneş panelinden ve 90,000 adet monokristal içeren santraldır [37].

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde, güneş enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üretebilen fotovoltaik piller konusundaki çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

4. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

4.1 Fotovoltaik'in Tarihçesi

Aşağıda kısaca Fotovoltaik güneş enerjisi dönüşümü ile ilgili tarihler sıralanmıştır:

- 1839 Fizikçi Alexandre-Edmond Becquerel tarafından elektrolit hücresinin güneş ışınlarının etkisi ile elektrik akımına dönüştüğünün keşfedilmesi.
- 1876 Adams ve Day, selenyumdaki fotovoltaik etkiyi gözlemlemesi.
- 1918 Silisyumdan ilk güneş hücresi üretilmesi.
- 1930 Wilson tarafından kuantum kuramının geliştirilmesi. (Kuantum kuramı; enerjinin sabit miktarda parçalar halinde yol aldığına dair teoridir.)
- 1940 Mott ve Schottky baskılı devrelerden oluşan ilk araçların yapılmasıyla, %5'lik verim sağlayan silikon güneş pilini oluşturmanın kolaylaşması.
- 1949 Bardeen, Brattain ve Shockley'in transistörü bulması.
- 1954 Chapin, Fuller ve Pearson %6'lık bir verim sağlanan silikon güneş pilini bulması.
- 1957 Hoffmann Elektronik tarafından %8 verimle çalışan hücre üretilmesi.
- 1958 yörünge uydusu Vanfuard 1'de ilk güneş pilinin kullanılması.
- 1959 %10 verimle çalışan hücre üretilmesi. (Hoffmann Electronics).
- 1963 Firma Sharp tarafından silisyum güneş hücreleri ile modül üretilmesi.
- 1973 ilk petrol krizi.
- 1976 Amorf silisyum güneş hücresinin keşfedilmesi, %1,1 verimle çalışan 3,5 m^2'lik modüllerin Carlson Wronski tarafından RCA-laboratuarlarında denenmesi.
- 1980 "Solar Challenge" güneş enerjisi ile çalışan ilk uçak yolculuğunun yapılması.
- 1982 1MW gücünde ilk tesisin kurulması. (Lugo/Kaliforniya/ABD)

- 1983 Pellworm'da ilk Alman PV-tesisi kurulması (Gücü 300 kW Clarissa Plains, 6,5 MW gücünde PV-tesisi.Kaliforniya/ABD, 6,5 MW gücünde PV-tesisi.
- 1985 verimliliği %20'nin üzerinde olan silisyum güneş hücresinin Martin Green tarafından Avustralya'da geliştirilmesi.
- 1986 Tschernobly-Nükleer santral patlaması.
- 1989 %30 verimli, Tandem-Konzentrator-Hücresinin geliştirilmesi. 1 MW kapasiteli, amorf silisyum hücrelerinden oluşan tesisin kurulması.
- 1990 Almanya'da 1000 çatıda Fotovoltaik modül uygulama projesi.
- 1991 Almanya'da üretilen enerjinin şebekeye aktarılması konusunda yasa hazırlanması ve yürürlüğe girmesi.
- 1994 Almanya'da ilk kez şebekeye aktarılan enerjiye ödeme yapılması
- 2000 Temelleri sağlamlaştırılmış yarıiletken ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde pek çok ülkede PV pillerinin maliyetleri düşürülmeye ve verimlilikleri yükseltilmeye çalışılıyor [38].

4.2. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri

Bir fotovoltaik sistemi oluşturan bileşenler aşağıda belirtilmiştir.

1. Fotovoltaik modüller
2. Aküler
3. Şarj denetim birimleri
4. İnvertörler (Çeviriciler)
5. Diğer sistem bileşenleri

4.2.1. Fotovoltaik modüller

Yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda fotovoltaik pil (güneş pili) birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir.

Gerekirse bu modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak, fotovoltaik bir dizi oluştururlar.

4.2.1.1. Fotovoltaik modüllerin yapısı ve özellikleri

Teknolojik gelişmelerle birlikte piyasada çeşitli ülkelerin (USA, Japonya, Almanya, İsviçre...) firmaları tarafından üretilen farklı modül tipleri bulunmaktadır. Son teknoloji ile üretilen bu modül tiplerini şu şekilde sınıflandırabiliriz:

a-Alüminyum çerçeveli ve camlı modüller
b-Çerçevesiz modüller
c-Metal tabanlı modüller
d-Çift yüzeyli modüller

a-Alüminyum çerçeveli modüller

Güneş enerjisi modülü alüminyum bir çerçeve içerisine bir panel şeklinde oturtulur. Panel, cam bir tabaka ve pilleri çevresel etkilerden koruyacak bir filmle kaplanmış PV pillerinden oluşur. En çok kullanılan modül tiplerindendir.

b-Çerçevesiz modüller

Oldukça yüksek etkinliğe sahip monokristal silikon PV pillerinden yapılırlar ve iki tabaka optik filmle kaplanırlar. Modül, arka kısmında PET (polyethyleneterephtalate) filminden ortada PV pili ve ön kısımda PET film ya da camdan oluşur.

c-Metal tabanlı modüller

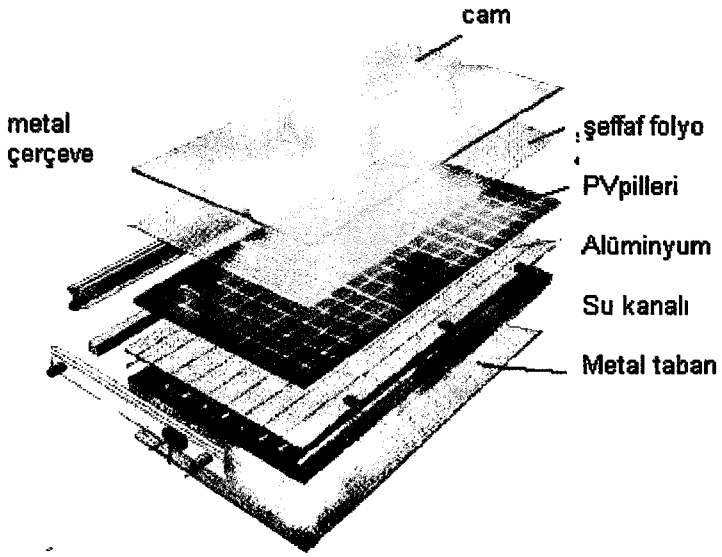
Metal tabanlı fotovoltaik modüller optik film tabakaları arasında ince tabakalara ayrılmış oldukça etkin monokristal silikon güneş enerjisi pillerinden üretilir. Özel yapışkan ve yalıtım yapan kaplama ile kaplanmış paslanmaz çelik, metal üzerine ya da alüminyum alaşım üzerine oturtulur. Modüller metal bir taban, PET film, ortada fotovoltaik piller, ön kısımda PET film ya da camdan oluşur.

d-Çift yüzeyli modüller

Hem ön hem de arka yüzeyi ile enerji üreten yeni modüllerdir. Bu modüller her çeşit PV uygulamalarında kullanılabilir. Bu modüller enerji maliyetinde önemli bir azalma sağlar [39].

Şekil 4.1'de bir fotovoltaik pilin yapısı görülmektedir. Şekle göre modüllerin her iki yüzeyi camla kaplanarak bir metal ile çerçevelenmektedir. Böylece piller dış atmosfer etkilerine karşın korunmaktadır. Bunun dışında pillerin iklimsel etkenlere karşı da korunması gerekmektedir. Örneğin pil yüzeyinde ısının -40^0C ile $+80^0$C arasında olması, teknik kullanım süresinin 30-40 yıl arasında olmasına olanak verir.

Ayrıca pillerin nem etkisine karşı da korunması söz konusudur. Bunun dışında aşırı büyüklükte dolu ve ≥ 50 m/s rüzgar etkisinden de sakınılmalıdır. Bakterilere karşı önlem alınmasının gerekliliği de göz ardı edilmemelidir. Bu noktalar göz önünde bulundurularak günümüzde piyasaya sunulan modüller tüm bu gereklilikleri yerine getirebilecek kapasitede üretilmektedir. Modüllerde piller elektrik akımının sağlanabilmesi için birbirlerine paralel, seri ya da karma olarak bağlanmaktadır.



Şekil 4.1. Bir fotovoltaik modülün yapısı

4.2.1.2. Fotovoltaik (PV) modüllerin planlama kriterleri

Fotovoltaik modüllerin sinerjik cephe uygulamalarında tasarımcı ve teknik elemanlar tarafından dikkate alınması gereken noktalar:

- Güneş ışınlarının olabildiğince uzun süreli ve etkili olmaları, fotovoltaik elektrik enerji üretiminin kaçınılmaz bir gereğidir. Düşey ya da eğimli yüzeylerde optimum yön güneydoğu ile güneybatı arasıdır.

- Fotovoltaik modüller için en uygun ışınım açısının saptanması gerektirmektedir, bu açı bulunulan enlemin derecesidir. Ancak normal (düşey) cephelerde uygulaması olanaksız olan bu açı, sadece çatı ışıklıkları ve markizlerde uygulanabilir. Şekil 4.2.b' de Bina yüzeylerinde fotovoltaik modüllerin uygulanma şekilleri görülmektedir.

- Verimi azaltıcı, örneğin cepheye gölge düşmesi gibi etmenlerin engellenmesi gerekir. Gölge binanın kendiliğinden ya da komşu binalardan kaynaklanabileceği gibi, ağaç, bitki gölgesi de olabilmektedir.

- Eleman yüzeylerinin kirlenmesi durumunda yağmur suyu ile temizlenmesine olanak verecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Eğimli yüzeylerde açının ≥20 derece olması gerekir.

- Sinerjik cephe modüllerinin iyi havalandırılması gerekmektedir.Çünkü elemanlardaki ısı artışı verimin düşmesine neden olmaktadır [40].

- Birden fazla modül varsa, modüller arasındaki bağlantılar onları ya seri ya paralel ya da seri ve paralelin kombinasyonu şekilde biraya getirilmesi gerekir. Sistem oluşturulurken modüller, önce istenen çalışma gerilimine ulaşacak şekilde seri bağlanır, daha sonra istenen akıma paralel bağlantılarla ulaşılır. Önce seri bağlantı yapmasının yararları, fotovoltaik modül dizisinin kolaylıkla büyütülebilmesi, modüllerin tek tek daha kolay değiştirilmesi, daha az kablo kullanılmasıdır. Fotovoltaik modüller seri bağlandığında gerilim artarken, modüller paralel bağlandığında gerilim

4.2.1.2. Fotovoltaik (PV) modüllerin planlama kriterleri

Fotovoltaik modüllerin sinerjik cephe uygulamalarında tasarımcı ve teknik elemanlar tarafından dikkate alınması gereken noktalar:

- Güneş ışınlarının olabildiğince uzun süreli ve etkili olmaları, fotovoltaik elektrik enerji üretiminin kaçınılmaz bir gereğidir. Düşey ya da eğimli yüzeylerde optimum yön güneydoğu ile güneybatı arasıdır.

- Fotovoltaik modüller için en uygun ışınım açısının saptanması gerektirmektedir, bu açı bulunulan enlemin derecesidir. Ancak normal (düşey) cephelerde uygulaması olanaksız olan bu açı, sadece çatı ışıklıkları ve markizlerde uygulanabilir. Şekil 4.2.b' de Bina yüzeylerinde fotovoltaik modüllerin uygulanma şekilleri görülmektedir.

- Verimi azaltıcı, örneğin cepheye gölge düşmesi gibi etmenlerin engellenmesi gerekir. Gölge binanın kendiliğinden ya da komşu binalardan kaynaklanabileceği gibi, ağaç, bitki gölgesi de olabilmektedir.

- Eleman yüzeylerinin kirlenmesi durumunda yağmur suyu ile temizlenmesine olanak verecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Eğimli yüzeylerde açının ≥20 derece olması gerekir.

- Sinerjik cephe modüllerinin iyi havalandırılması gerekmektedir.Çünkü elemanlardaki ısı artışı verimin düşmesine neden olmaktadır [40].

- Birden fazla modül varsa, modüller arasındaki bağlantılar onları ya seri ya paralel ya da seri ve paralelin kombinasyonu şekilde biraya getirilmesi gerekir. Sistem oluşturulurken modüller, önce istenen çalışma gerilimine ulaşacak şekilde seri bağlanır, daha sonra istenen akıma paralel bağlantılarla ulaşılır. Önce seri bağlantı yapmasının yararları, fotovoltaik modül dizisinin kolaylıkla büyütülebilmesi, modüllerin tek tek daha kolay değiştirilmesi, daha az kablo kullanılmasıdır. Fotovoltaik modüller seri bağlandığında gerilim artarken, modüller paralel bağlandığında gerilim

4.2.1.2. Fotovoltaik (PV) modüllerin planlama kriterleri

Fotovoltaik modüllerin sinerjik cephe uygulamalarında tasarımcı ve teknik elemanlar tarafından dikkate alınması gereken noktalar:

- Güneş ışınlarının olabildiğince uzun süreli ve etkili olmaları, fotovoltaik elektrik enerji üretiminin kaçınılmaz bir gereğidir. Düşey ya da eğimli yüzeylerde optimum yön güneydoğu ile güneybatı arasıdır.

- Fotovoltaik modüller için en uygun ışınım açısının saptanması gerektirmektedir, bu açı bulunulan enlemin derecesidir. Ancak normal (düşey) cephelerde uygulaması olanaksız olan bu açı, sadece çatı ışıklıkları ve markizlerde uygulanabilir. Şekil 4.2.b' de Bina yüzeylerinde fotovoltaik modüllerin uygulanma şekilleri görülmektedir.

- Verimi azaltıcı, örneğin cepheye gölge düşmesi gibi etmenlerin engellenmesi gerekir. Gölge binanın kendiliğinden ya da komşu binalardan kaynaklanabileceği gibi, ağaç, bitki gölgesi de olabilmektedir.

- Eleman yüzeylerinin kirlenmesi durumunda yağmur suyu ile temizlenmesine olanak verecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Eğimli yüzeylerde açının ≥20 derece olması gerekir.

- Sinerjik cephe modüllerinin iyi havalandırılması gerekmektedir.Çünkü elemanlardaki ısı artışı verimin düşmesine neden olmaktadır [40].

- Birden fazla modül varsa, modüller arasındaki bağlantılar onları ya seri ya paralel ya da seri ve paralelin kombinasyonu şekilde biraya getirilmesi gerekir. Sistem oluşturulurken modüller, önce istenen çalışma gerilimine ulaşacak şekilde seri bağlanır, daha sonra istenen akıma paralel bağlantılarla ulaşılır. Önce seri bağlantı yapmasının yararları, fotovoltaik modül dizisinin kolaylıkla büyütülebilmesi, modüllerin tek tek daha kolay değiştirilmesi, daha az kablo kullanılmasıdır. Fotovoltaik modüller seri bağlandığında gerilim artarken, modüller paralel bağlandığında gerilim

4.2.1.2. Fotovoltaik (PV) modüllerin planlama kriterleri

Fotovoltaik modüllerin sinerjik cephe uygulamalarında tasarımcı ve teknik elemanlar tarafından dikkate alınması gereken noktalar:

- Güneş ışınlarının olabildiğince uzun süreli ve etkili olmaları, fotovoltaik elektrik enerji üretiminin kaçınılmaz bir gereğidir. Düşey ya da eğimli yüzeylerde optimum yön güneydoğu ile güneybatı arasıdır.

- Fotovoltaik modüller için en uygun ışınım açısının saptanması gerektirmektedir, bu açı bulunulan enlemin derecesidir. Ancak normal (düşey) cephelerde uygulaması olanaksız olan bu açı, sadece çatı ışıklıkları ve markizlerde uygulanabilir. Şekil 4.2.b' de Bina yüzeylerinde fotovoltaik modüllerin uygulanma şekilleri görülmektedir.

- Verimi azaltıcı, örneğin cepheye gölge düşmesi gibi etmenlerin engellenmesi gerekir. Gölge binanın kendiliğinden ya da komşu binalardan kaynaklanabileceği gibi, ağaç, bitki gölgesi de olabilmektedir.

- Eleman yüzeylerinin kirlenmesi durumunda yağmur suyu ile temizlenmesine olanak verecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Eğimli yüzeylerde açının ≥20 derece olması gerekir.

- Sinerjik cephe modüllerinin iyi havalandırılması gerekmektedir.Çünkü elemanlardaki ısı artışı verimin düşmesine neden olmaktadır [40].

- Birden fazla modül varsa, modüller arasındaki bağlantılar onları ya seri ya paralel ya da seri ve paralelin kombinasyonu şekilde biraya getirilmesi gerekir. Sistem oluşturulurken modüller, önce istenen çalışma gerilimine ulaşacak şekilde seri bağlanır, daha sonra istenen akıma paralel bağlantılarla ulaşılır. Önce seri bağlantı yapmasının yararları, fotovoltaik modül dizisinin kolaylıkla büyütülebilmesi, modüllerin tek tek daha kolay değiştirilmesi, daha az kablo kullanılmasıdır. Fotovoltaik modüller seri bağlandığında gerilim artarken, modüller paralel bağlandığında gerilim

Mevcut çatı üzerine montaj söz konusu ise, eğimle ilgili olarak bazı sorunlar olabilmektedir. Teras çatı ya da boş alan düzenlemelerinde eğimin istenildiği gibi ayarlanması olanaklıdır. Ancak burada modüllerin gölgelenmemesine dikkat etmek gerekir. Maksimum verim için modüller yatay ve/ya da düşey eksende hareket edebilecek şekilde düzenlenebilirler. Ancak bu tür uygulamalar maliyeti arttırmaktadır.

Yıllık enerji çıkışını maksimuma çıkarmak için modüllerin eğimi, o bölgedeki enlem derecesine eşit olmalıdır. Kış aylarındaki enerji üretimini maksimum düzeye çıkarmak için eğim açısı; enlem derecesi artı 15'e eşit olmalıdır. Kış aylarındaki elektrik ihtiyacı, yaz aylarına oranla daha fazla olduğundan, böyle bir uygulama gereklidir. Kışın, daha fazla aydınlatmaya ihtiyaç duyulduğundan elektrik yükü artar.

Ayarlanabilir bağlantı plakası olan küçük ve sabit fotovoltaik sistemlerde yıl boyunca güneş ışınlarına 10 derecelik dik açı oluşturacak şekilde dört kez ayarlama yapmak, daha fazla enerji elde etmemizi sağlar. 21 Martta, modülün eğimini o bölgedeki enlem derecesine; 7 Mayısta, enlem derecesi eksi (-) 10 dereceye; 21 Eylülde tekrar enlem derecesine ve 7 Kasımda enlem derecesi artı (+) 10 dereceye getirilmesi önerilir [42].

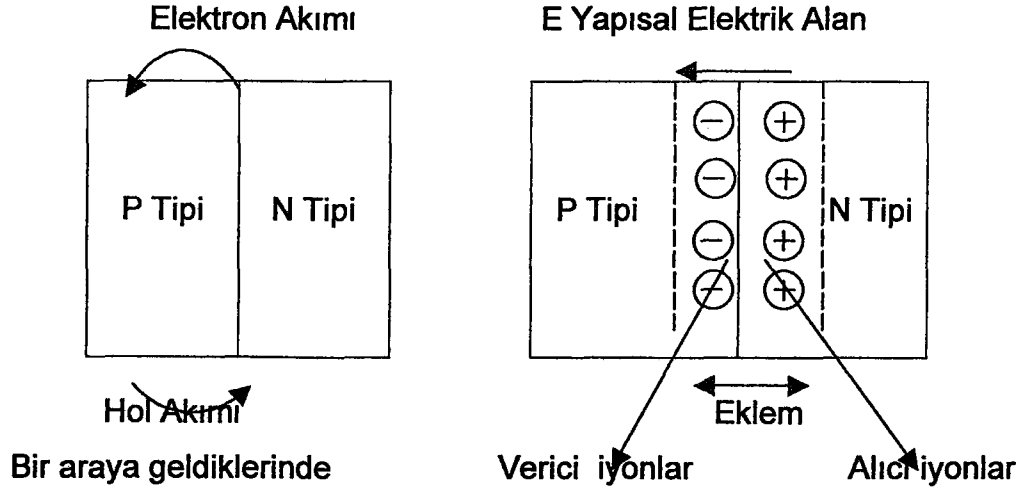
4.2.1.4. Fotovoltaik modüllerin çalışma prensibi

Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar, fotovoltaik hücrelerde, yarıiletken maddelerden yapılırlar. Yarıiletken özellik gösteren bir çok madde arasında fotovoltaik hücre yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, kadmiyum sülfür, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir. Yarıiletken maddelerin fotovoltaik hücre olarak kullanılabilmeleri için N ya da P tipi katkılanmaları gereklidir. Katkılama, saf yarı iletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarıiletkenin N ya da P tipi olması katkı maddesine bağlıdır. En yaygın fotovoltaik hücre maddesi olarak kullanılan silisyumdan N tipi silisyum elde etmek için Silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir

element, örneğin fosfor eklenir. silisyumun dış yörüngesinde 4, fosforun ise 5 elektron olduğu için fosforun fazla olan tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle 5. gruptaki elementlere "verici" ya da "N tipi" katkı maddesi denir.

P tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksikliği oluşur. Bu elektron yokluğuna hol ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de "P tipi" ya da "alıcı" katkı maddeleri denir.

P ya da N tipi ana malzemenin içerisine gerekli katkı maddelerinin katılması ile yarıiletken eklemler oluşturulur. P ve N tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de nötrdür. Yani P tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, N tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. PN eklem oluştuğunda, N tipindeki çoğunluk taşıyıcı olan elektronlar, P tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, P bölgesi tarafında negatif verici iyonlar, N bölgesi tarafında pozitif alıcı iyonlar birikir. Yarıiletken eklemin fotovoltaik hücre olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gerekir.



Şekil 4.4. PN ekleminin oluşturulması

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. (Valans Bandı - İletkenlik Bandı) Bu yasak enerji aralığına eşit ya da daha büyük enerjili bir foton, yarı iletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans bandındaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını ve elektron-hol çiftlerinin oluşmasını sağlar. Bu olay PN eklem bölgesinde oluşmuşsa elektron - hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirinden ayrılır. Bu şekilde fotovoltaik hücre elektronları N bölgesine, holleri de P bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron - hol çiftleri, fotovoltaik hücrenin uçlarına yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç bir fotonun (ışın) hücre yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder [43].

4.2.1.5. Yarıiletken fotovoltaik piller ve verimlilikleri

Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik piller, malzeme ve işleniş tekniğine bağlı olarak çeşitli türlerde üretilmektedir. Pillerin temel malzemesini silisyum oluşturmakta ve yaygın olarak monokristal piller kullanılmaktadır [44].

Tipik bir 10'a 10 cm fotovoltaik pil full radyasyonda (güneş ışığı) 1.5 watt üretir. (Voltaj: 0.5 volt; akım: 3 amper) 3000 watt kapasiteli bir fotovoltaik sistem 27 m^2 'lik bir alanda yıllık olarak 2700 kWh. üretir. Kesin kazancın yerleştirilen fotovoltaik pilin 1000 vatı başına yaklaşık 900 kWh. olduğu saptanmıştır [41]. Yarıiletken fotovoltaik pil çeşitleri ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

1-Kristal silisyum fotovoltaik piller

Silisyum, yarı iletken özellikleri tipik olarak gösteren ve fotovoltaik pil yapımında en çok kullanılan bir maddedir ve uzun yıllar da bu konumu koruyacak gibi görünmektedir. Fotovoltaik özellikleri daha üstün olan başka maddeler de olmakla birlikte, silisyum hem teknolojisinin üstünlüğü nedeniyle, hem de ekonomik nedenlerle tercih edilmektedir.

a-Monokristal silisyum piller

İlk ticari fotovoltaik pillerde, Chrozalski kristal çekme tekniği ile büyütülen tek kristal yapılı silisyum kullanılmıştı. Fotovoltaik endüstride hala en çok kullanılan yöntem olan bu teknikte, öncelikle ark fırınlarında silisyum oksit çeşitli kimyasal ve termal reaksiyonlarından geçirilerek saf silisyum elde edilir. Daha sonra silisyum eriyiğe, çekirdek denen tek kristal yapılı bir silisyum parçası batırılır. Bu çekirdek eriyikten çıkarıldığında, soğuyan silisyum eriyik, çekirdek üzerine külçe şeklinde yığılmış olur. Önce külçe dikdörtgen bloklar şeklinde kesilir, daha sonra bu bloklar dilimlere ayrılarak pil şeklinde işlenir [43].

Pil büyüklükleri birkaç mm^2'den başlayarak 100/200 cm^2 arasında değişmekte kalınlıkları 0,2 – 0,4 mm ve formları kare, dikdörtgen ya da dairesel olabilmektedir. Yapılan laboratuar araştırmalarında monokristal modüllerin verimlilik oranları %24-30 arasında değişmekte olup, seri üretilen elemanlarda bu oran %16-17 arasında değişmektedir. Yapım sırasında malzeme kaybının çok fazla olması ise dezavantajlarıdır [44].

b-Yarı kristal silisyum fotovoltaik piller

Bu tip piller, sıvı silisyumun soğutulması ile elde edilen kümelenmiş, küçük silisyum kristallerinden oluşur. Bu pillerin verimleri %14 civarındadır.

c-Ribbon silisyum fotovoltaik piller

Bu hücreler, malzeme kaybının azaltılması amacıyla, levha halinde silisyum tabakalarından yapılırlar. Çeşitli yöntemlerle elde edilen bu piller, halen geliştirme aşamasındadır. Verimleri laboratuar şartlarında %13-16 arasındadır.

d-Multikristal silisyum fotovoltaik piller

Multikristal pillerin üretimleri monokristal pillere karşın daha kolay ve ucuzdur, ancak verimlilik yüzdeleri ve buna paralel olarak daha düşüktür. Multikristal

pillerin verimlilikleri laboratuar üretimlerinde %18, seri üretimlerde ise %13-14 oranındadır. Her iki hücre pili için de yarı iletken tabakanın kalınlığının arttırılması ile verimliliğin artacağı savunulmaktadır.

2-İnce film fotovoltaik piller

Bu teknikte, soğurma özelliği daha iyi olan maddeler kullanılarak daha az kalınlıkta piller yapılır. Örneğin amorf silisyum pillerinin soğurma katsayısı kristal silisyum pillerine göre daha fazladır. Bu yüzden amorf yapılı pillerde daha az malzemeler kullanılır. Ayrıca montaj kolaylığı nedeniyle işgücünün azalması bu hücrelere bir avantaj sağlar.

a-Amorf silisyum piller

Amorf silisyum piller (a-si), ince film hücre teknolojisinin en önde gelen örneğidir. Amorf pillerde verimlilik yüzeyi ise %5-9 oranındadır. Maliyetinin düşük olması nedeniyle, düşük verimliliğine karşın ekonomik olacağı görüşü hakimdir.

b-Diğer yapılar

Bakır indiyum diselenit (CuInse) maddesinden yapılan ve verimleri %13 civarında olan piller halen geliştirme aşamasındadır. Kadmiyum tellür (CdTe) ile yapılan pillerin ise soğurma özelliği yüksek, verimleri de %12 civarındadır. Bu güne kadar elde edilen en yüksek verime (%24) galyum arsenitten (GaAs) yapılan piller ulaşmıştır. Bu madde ile çeşitli türde pil elde edilmekle birlikte, pahalı olduğu için çoğunlukla uzay teknolojisinde kullanılır.

Bunların dışında, güneş ışınımını yüksek verimli pillerin üzerine optik olarak yoğunlaştıran sistemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu tür sistemlerde güneşin hareketini izleyen düzeneklerin yanı sıra, güneş ışığını kıran (mercek) ya da yansıtan (ayna) eleman kullanılır [43].

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Pillerin üretiminde, verimliliklerinin artırılması konularında sürekli ilerleme ve iyileştirmeler kaydedilmektedir. Araştırmalar amorf pillerinde de gelecekte yüksek verim alınabileceğini ancak bu değerlerin multikristal pillerden az olacağını göstermektedir. Çizelge 4.1.'de piyasada bulunan PV tesislerin verimlilik oranları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Piyasada bulunan PV - tesislerin verimlilik oranları [44]

	PV – Çatı Tesisleri			PV- Santral		
Modül kapasitesi	2-20 kW	2-20 kW	2-20 kW	1 MW	1MW	1MW
Hücre türü	mono	multi	amorf	mono	multi	amorf
Modül verimliliği	%14	%12	%6	%14	%12	%6
Dönüştürücü verimliliği	%92	%92	%92	%94	%94	%94
Sistemin kull. verimliliği	%10-11	%9-10	%4-5	%10-11	%9-10	%4-5
Teknik uygulanabilirlik	%95	%95	%95	%95	%95	%95

4.2.1.6. Yarıiletken pillerin verimini etkileyen etkenler

Yarı iletken pillerin verimini etkileyen etkenleri doğal etkenler ve teknolojik etkenler olarak iki grupta toplayabiliriz:

1-Doğal Etkenler

a-Tam olmayan soğurma
b-Foton enerjisinin tamamının elektron hol çiftinin oluşturulmasında kullanılmaması
c-Eğri etkeni
d-Güneş pilinin sıcaklığı
e-Yüzey kirlenmesi

2-Teknolojik Etkenler

a-Güneş pilinin iç direncinden ileri gelen kayıplar
b-Fotovotaik güneş pili üzerindeki yansıma kayıpları
c-Toplama kayıpları
d-Güneş pilinin kalınlığı

1-Doğal etkenler

a-Tam olmayan soğurma

Fotovoltaik güneş pilleri yasak enerji aralığına karşılık gelen dalga boylarına sahip olan ışınları soğururlar. Yasak enerji aralığında daha küçük enerjili ışınları soğuramazlar. Soğurma kaybı, yasak enerji aralığında oluşturulacak tuzak seviyeleri ve farklı yasak enerji aralıklı materyallerden çoklu tabakaların oluşturulmasıyla azaltılabilir.

b-Foton enerjisinin tamamının elektron-hol çifti oluşturulmasında kullanılmaması

Yutulmuş fotonların büyük bir kısmı elektron-hol çiftinin oluşması için gerekli olan enerjiden daha büyük enerjiye sahiptirler. Fotonların fazla enerjileri ısıya dönüşür bundan dolayı enerji kaybı meydana gelir. Bunu gidermeye yönelik olarak fotonların fazla enerjilerinden elde edilen ve verimliliği düşüren atık ısının modülün alt kısmında bırakılan boşluktaki havaya ya da borulardan geçen suya aktarılmasıyla sıcak su elde edilmesinde, mekan ısıtmasında kullanılabilir yeni tür modüller geliştirilmiştir.

c-Eğri etkeni

Güneş pilinin verdiği akım, yüzeyine gelen güneş ışınımı şiddetine ve yüzey sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bir güneş pilinin yüzeyine gelen ışınım şiddeti arttığında, pil akımı ve gücü doğrusal olarak artar. Güneş pilinin yüzey sıcaklığı arttığında ise pil akımı az miktarda artar, gerilim büyük ölçüde düşer.

Bir güneş pilinin verimi şu şekilde ifade edilir;

$$n: \frac{Pm}{J.A}$$

n:Fotovoltaik pilin verimi

Pm:Pilin maksimum çıkış gücü

A:Pil yüzey alanı (m^2)

J:Yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti(W/m^2).

Bir güneş pilinin verimini etkileyen en önemli özelliklerden biri Fill Faktörüdür (FF). Eğri faktörü de denilen bu faktör, güneş pilinin verimini belirler. Fill faktörü ya da eğri etkeni aşağıdaki şekilde ifade edilir. Eğri etkeni maksimum güç noktasına karşılık gelen maksimum akım ve maksimum gerilim çarpanlarının açık devre ve kısa devre akımının çarpımlarının oranına eşittir. Fill faktörünün alabileceği en büyük değer 1'dir. Genel olarak FF 0.6-0.8 değerlerine yakın olur.

$$FF: \frac{J\,mak.\,Vmak.}{Jkd.\,Vad}$$

J mak:Maksimum akım

Vmak:Maksimum gerilim

Jkd: Kısa devre akımı

Vad:Açık devre akımı

Eğri etkeni ve gerilim etkenleri uygun yasak enerji aralıklı materyallerin seçimiyle ve uygun katkılama seviyeleri ile azaltılabilir. Açık devre ve kısa devre şartları altında çalıştırılan bir PV pilinin çıkışından herhangi bir güç alınmaz.

Bir güneş pilinin verimi şu şekilde ifade edilir;

$$n: \frac{Pm}{J.A}$$

n:Fotovoltaik pilin verimi

Pm:Pilin maksimum çıkış gücü

A:Pil yüzey alanı (m^2)

J:Yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti(W/m^2).

Bir güneş pilinin verimini etkileyen en önemli özelliklerden biri Fill Faktörüdür (FF). Eğri faktörü de denilen bu faktör, güneş pilinin verimini belirler. Fill faktörü ya da eğri etkeni aşağıdaki şekilde ifade edilir. Eğri etkeni maksimum güç noktasına karşılık gelen maksimum akım ve maksimum gerilim çarpanlarının açık devre ve kısa devre akımının çarpımlarının oranına eşittir. Fill faktörünün alabileceği en büyük değer 1'dir. Genel olarak FF 0.6-0.8 değerlerine yakın olur.

$$FF: \frac{J\,mak.\,Vmak.}{Jkd.\,Vad}$$

J mak:Maksimum akım

Vmak:Maksimum gerilim

Jkd: Kısa devre akımı

Vad:Açık devre akımı

Eğri etkeni ve gerilim etkenleri uygun yasak enerji aralıklı materyallerin seçimiyle ve uygun katkılama seviyeleri ile azaltılabilir. Açık devre ve kısa devre şartları altında çalıştırılan bir PV pilinin çıkışından herhangi bir güç alınmaz.

Bir güneş pilinin verimi şu şekilde ifade edilir;

$$n: \frac{Pm}{J.A}$$

n:Fotovoltaik pilin verimi

Pm:Pilin maksimum çıkış gücü

A:Pil yüzey alanı (m^2)

J:Yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti(W/m^2).

Bir güneş pilinin verimini etkileyen en önemli özelliklerden biri Fill Faktörüdür (FF). Eğri faktörü de denilen bu faktör, güneş pilinin verimini belirler. Fill faktörü ya da eğri etkeni aşağıdaki şekilde ifade edilir. Eğri etkeni maksimum güç noktasına karşılık gelen maksimum akım ve maksimum gerilim çarpanlarının açık devre ve kısa devre akımının çarpımlarının oranına eşittir. Fill faktörünün alabileceği en büyük değer 1'dir. Genel olarak FF 0.6-0.8 değerlerine yakın olur.

$$FF: \frac{J\,mak.\,Vmak.}{Jkd.\,Vad}$$

J mak:Maksimum akım

Vmak:Maksimum gerilim

Jkd: Kısa devre akımı

Vad:Açık devre akımı

Eğri etkeni ve gerilim etkenleri uygun yasak enerji aralıklı materyallerin seçimiyle ve uygun katkılama seviyeleri ile azaltılabilir. Açık devre ve kısa devre şartları altında çalıştırılan bir PV pilinin çıkışından herhangi bir güç alınmaz.

Bir güneş pilinin verimi şu şekilde ifade edilir;

$$n: \frac{Pm}{J.A}$$

n:Fotovoltaik pilin verimi

Pm:Pilin maksimum çıkış gücü

A:Pil yüzey alanı (m^2)

J:Yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti(W/m^2).

Bir güneş pilinin verimini etkileyen en önemli özelliklerden biri Fill Faktörüdür (FF). Eğri faktörü de denilen bu faktör, güneş pilinin verimini belirler. Fill faktörü ya da eğri etkeni aşağıdaki şekilde ifade edilir. Eğri etkeni maksimum güç noktasına karşılık gelen maksimum akım ve maksimum gerilim çarpanlarının açık devre ve kısa devre akımının çarpımlarının oranına eşittir. Fill faktörünün alabileceği en büyük değer 1'dir. Genel olarak FF 0.6-0.8 değerlerine yakın olur.

$$FF: \frac{J\,mak.\,Vmak.}{Jkd.\,Vad}$$

J mak:Maksimum akım

Vmak:Maksimum gerilim

Jkd: Kısa devre akımı

Vad:Açık devre akımı

Eğri etkeni ve gerilim etkenleri uygun yasak enerji aralıklı materyallerin seçimiyle ve uygun katkılama seviyeleri ile azaltılabilir. Açık devre ve kısa devre şartları altında çalıştırılan bir PV pilinin çıkışından herhangi bir güç alınmaz.

4.2.1.7. Fotovoltaik modüllerin sağladığı avantajlar

Doğayı kirletmeden enerji kazanımı, aynı zamanda cephede sağladığı tasarım olanakları ile fotovoltaik elemanlar geleceğin cepheleridir denebilir. Fotovoltaik modüllerin bina kabuğunda cephe veya çatı kaplama elemanı olarak kullanılmasının avantajları şöyle sıralanabilir:

- PV - modüllerin kullanımı, değişen modül boyutları ve pil yapılarına bağlı olarak görünüm itibarıyla sınırsız tasarım olanağı sağlar,
- Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için kurulan PV-modüller ek mekan ve yüzey gerektirmezler,
- PV - modüllerin bina kabuğuna entegre edilmeleri ek bir konstrüksiyon gerektirmez,
- PV-modüller saydam veya renkli olarak hazırlanabilmektedirler. PV pillerin rengi monokristal silisyumda siyah, multikristal silisyumda mavi, amorf silisyumda ise kırmızımsı kahverengi olup, güneş ışınlarını soğurma güçleri de renklerine bağlı olarak değişmektedir,
- PV - modüllerin çok tabakalı olarak üretilmeleri olanaklıdır. Çünkü bu tür konstrüksiyonlar ışıklık olarak uygulandıklarında, gerekli ısı yalıtımını sağlamak zorundadırlar.

Kısaca, konvansiyonel cephe ve çatı elemanlarının yerini PV modüller alabilmektedir. Bu modüller tarafından üretilen elektrik enerjisinin bağlantısı kablolar aracılığı ile cam yüzeyler delinerek modüllerin arkasında yapılmaktadır [40].

4.2.2. Aküler

Güneş ışığının olmadığı durumlarda (gece ve bulutlu havalarda) fotovoltaik modüllerden enerji çıkışı olmadığı için binaların elektrik ihtiyacını karşılamak üzere sistemde enerji depolamak gerekir. Aküler hem depolama ortamı hem

de piller ile yük arasındaki uyumu sağlayan cihazlardır. Fotovoltaik sistemlerde en çok kullanılan aküler kurşun asit ve nikel kadmiyum akülerdir. Bunlardan kurşun asit aküler düşük fiyatları ve kolay bulunabilmeleri nedeniyle en yaygın kullanılanlardır.

4.2.3. Şarj denetim birimleri

Fotovoltaik pil dizisi ile yük arasında gerilim düzenlemesi yapmak için kullanılırlar, akülerin aşırı şarj ya da deşarj olmasını önlerler. Bu cihazlar akü aşırı şarj olduğunda fotovoltaik modüllerden gelen akımı keserler ya da akü için zararlı deşarj düzeyine inildiğinde yükü keserler.

4.2.4. İnvertörler

İnvertörler, fotovoltaik pillerin ürettiği doğru akım elektriği, alternatif akıma çevirmekte kullanılır. Yüksek voltajlı güçlü aletlerin çalıştırılabilmesi için elde edilen doğru akım elektriğinin alternatif akım elektriğine çevrilmesi gerekir. İlke olarak invertörün gücü, çalıştırılacak yüklerin toplam gücünden fazla olmalıdır.

4.2.5. Diğer sistem bileşenleri

Sistem bileşenleri dışında sisteme destek veren bu bileşenler arasında diyotlar, kablolama, bağlantı kesme elemanları, sigortalar, topraklama elemanları, aşırı akımdan koruma elemanları ve montaj parçaları yer alır.

Bloklama diyodu, gündüzleri PV pilleri üretim yaparken akımı geçirir, geceleri ise ters yönde akıma engel olarak akülerin boşalmamasını sağlar. Bypass diyodu ise gölgelenme nedeniyle ya da modül yapısındaki başka bir sorundan dolayı açık devre oluşması durumunda devreye girerek akımın kesintiye uğramasını önler.

Topraklama insanlara ve nesnelere zarar vermemek için uygulana koruma önlemidir. Topraklama elamanları insanlara şok elektrik çarpmasını engellemek için elektrik sisteminin bir iletken üzerinden yere bağlantısını sağlar [46].

4.3. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik modüller; akümülatörler, invertörler, akü şarj kontrol cihazları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistem oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, Jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür.

Fotovoltaik sistemler iki ana grupta toplanabilir :

- Şebekeye bağlantılı fotovoltaik sistemler
- Bağımsız fotovoltaik sistemler. Şekil 4.8.'de fotovoltaik sistem çeşitleri görülmektedir.

4.3.1. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler

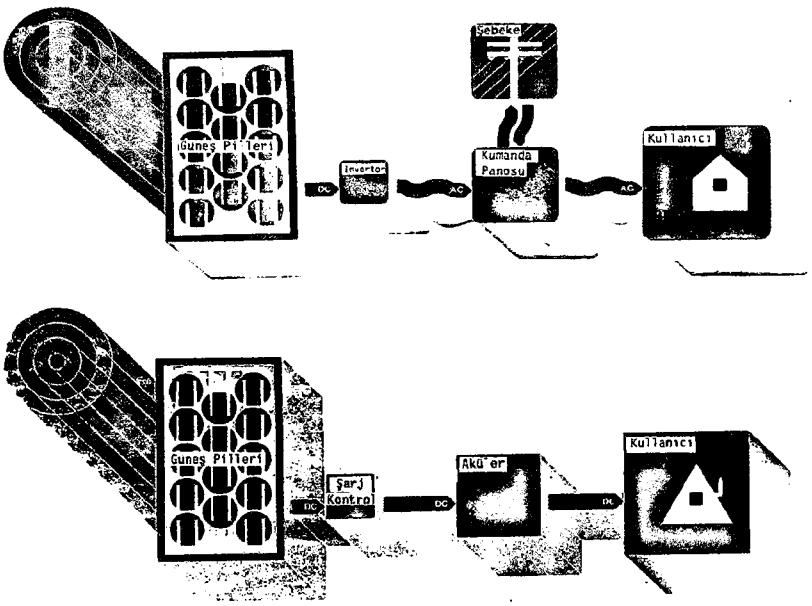
Bu sistemlerin gücü, birkaç kW' dan birkaç MW' a kadar değişebilmektedir. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler, iki ana gruba ayrılır. İlk tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin örneğin, bir konutun elektrik sistemini karşılar. Bu sistemlerde üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC (Alternatif akım) elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumu olması yeterlidir. İkinci tür şebekeye bağlı sistemleri kendi başına elektrik üretip, bunu şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklindedir. Bunların büyüklüğü 600-700 kW' dan megavatlara kadar değişir.

4.3.2. Bağımsız fotovoltaik sistemler

Fotovoltaik sistemlerin en tipik ve en yaygın kullanım şekli, yerleşim yerlerinden uzak yörelerde enerji gereksinimini karşılayan bağımsız (stand-alone) sistemlerdir. Bu sistemler birkaç watt' tan birkaç yüz kW' a kadar değişebilen güçlerde ve çeşitli türlerde yüklerin enerji arzını karşılayabilir.

Bu tür sistemlerde yeterli sayıda fotovoltaik modül, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Fotovoltaik modüller gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan elektrik akümülatörden alınır. Akümülatörün şarj olmasını şarj denetleyici düzenler. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan kontrol birimi ise akünün durumuna göre, ya fotovoltaik modüllerden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser.

Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim (doğrudan akım), (sistem voltajı 12 veya 24 volttur). 220 V-50 Hz' lik sinüs dalgasına dönüştürülür [43].



Şekil 4.8. Fotovoltaik sistem çeşitleri

4.4. Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandırılması

Fotovoltaik sistemlerin boyutlandırılması; binaların elektrik gereksinimini karşılamada sistemde kullanılacak modül ve batarya sayısını belirlemek açısından önemlidir. Boyutların belirlenmesinde karşılaşılan sorunlar şunlardır:

- Bölgenin hava koşulları kayıtları modül boyutunun doğru olarak hesaplanabilmesi için yeterli şekilde detaylı olmayabilir.
- Her gün ne kadar elektrik kullanılacağını doğru biçimde tahmin etmek güçtür.

Bu kısıtlamaların üstesinden gelmenin bir yolu çok kötü havalarda bile yeterli sayıda modül ve bataryaya sahip olmaktır.

Sistem boyutunun belirlenmesi ile ilgili yapılacak işlemler

1-Aletlerin günlük enerji gereksiniminin hesaplanması. (Bina büyüklüğüne göre)
2-Bir bina için güneş enerjisi elektriği gereksinimi.
3-Bir modülün günlük üretiminin hesaplanması.
a-Günlük güneş alım haritalarının kullanımı.
b-Eğim açısının ayarlanması.
4-Modül sayısının belirlenmesi (Boyutlandırma).
5-Batarya sayısının belirlenmesi.

1-Aletlerin günlük enerji gereksiniminin hesaplanması

Elektrik şebekelerine bağlı evlerde tüketici kontrol biriminin bir parçası olarak bir sayaç bulundurmaktadır. Bu sayaç, Kilowatt-saat (kWh) ya da birim cinsinden tüketilen elektriği ölçer. Elektrik dağıtım şirketi ile şebeke elektriğini birim başına belli bir fiyatla satar.

Güneş enerjili elektrik sisteminde tipik bir aletin gücü kilovattan çok watt ile ölçülür. Bu nedenle güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan güneş enerjisi elektriğinin hesaplamalarını yapmak için Wh tüketim birimi (Watt-saat)

kullanılır. Bir güneş enerjisi sisteminde günlük gereksinimi Wh olarak hesaplayabilmek için ilk olarak sistemde kullanılması beklenen aletler listelenmelidir (Bkz. EK 1) Her alet için o aletin gücünü bulmalı ve o aletin her gün kullanılacağı süreye karar vermelidir. Aletin gücü (Watt) genellikle aletin dış yüzeyinde bir yerlere yazılır. Çizelge 4.2' de görüldüğü üzere her aletin kullanılacağı süreye göre elektrik gereksinmeleri hesaplanır ve sonra toplama işlemi yapılır.

Her alet için günlük enerji gereksiniminin hesaplanması şöyledir:

Aletin gücü W	X	Aletin beklenen Kullanım süresi (saat olarak)	=	Bir aletin günlük gereksinimi (gün için W olarak)

2-Bir bina için güneş enerjisi elektriği gereksinimi.

Bir ev ya da kurum için basit bir güneş enerjili elektrik sisteminin elektrik gereksinimi hesabının nasıl yapılacağı çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Bir binanın güneş enerjili elektrik sistemine göre günlük elektrik gereksinimi [47]

Aletler	Alet gücü W	Beklenilen Günlük kullanım (saat)	Elektrik Gereksinimi (Günlük W)
A aleti	.....W	.....h	WXh=.....
B aleti	.....W	.....h	WXh=.....
C aleti	.....W	.....h	WXh=.....
D aleti	.....W	.....h	WXh=.....
E aleti	.....W	.....h	WXh=.....
		Günlük toplam elektrik gereksinimi.....	.....=.toplam Wxh W/gün

3-Bir modülün günlük üretiminin hesaplanması

Bir modülden günlük olarak elde edilen çıktı, 12 volt'ta günlük Wh olarak aşağıdaki formülle hesaplanır;

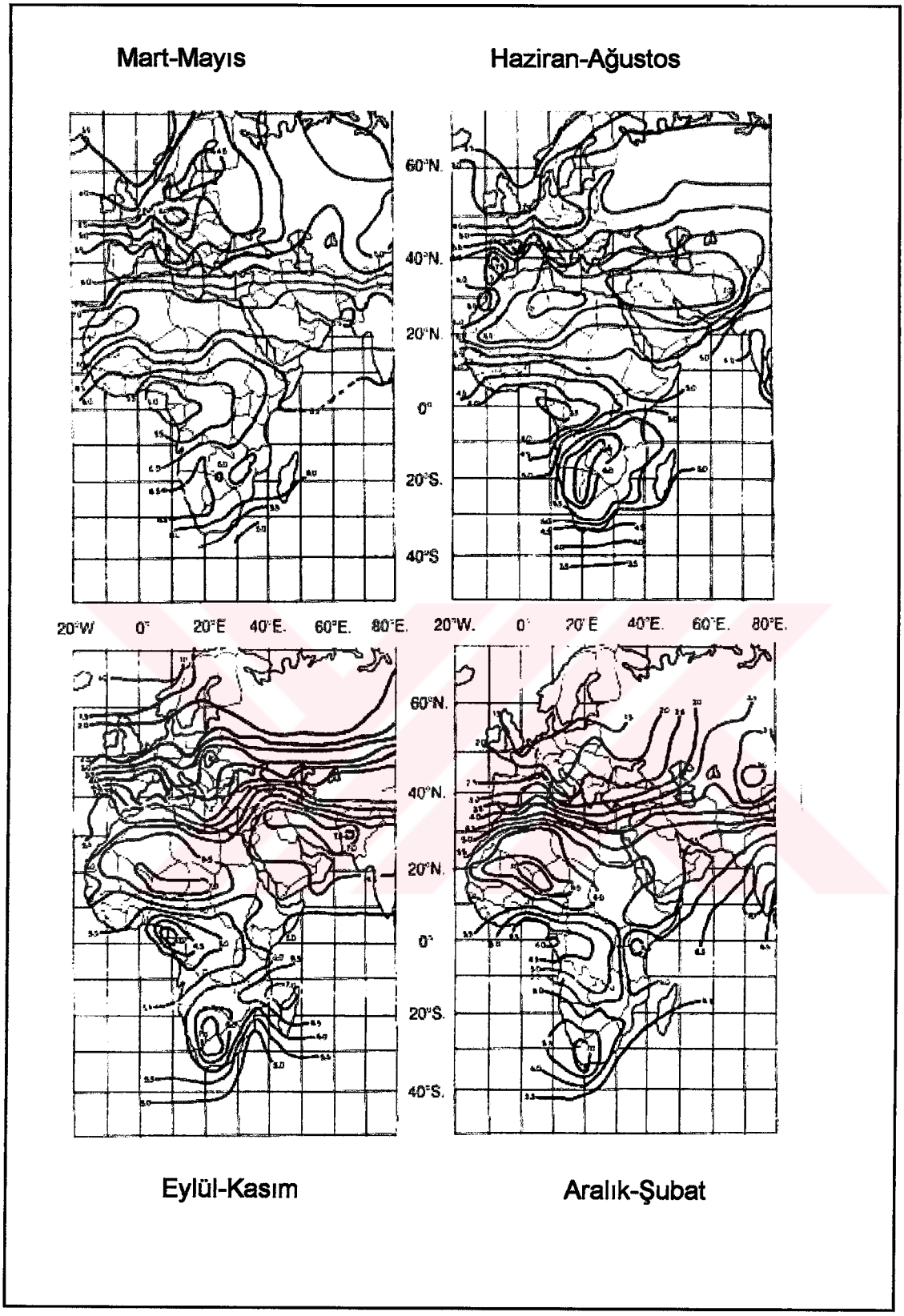
Bir modülün işlem akımı	X	Günlük ışınım (günlük zirve saatler)	X	12 (V)	=	Bir modülün günlük üretimi (12 V'ta günlük Wh)

Formülde belirtilen Bir modülün işlem akımı, modülün türüne göre içinden geçen akım miktarı değeridir. Günlük ışınım değerini bulmak için günlük güneş alım haritalarının kullanımı aşağıda verilmiştir.

a-Günlük güneş alım haritalarının kullanımı

Şekil 4.9.'daki haritalar Türkiye'nin de içinde bulunduğu Avrupa, Orta Doğu ve Afrika grubundaki ortalama günlük ışınım eğri haritalarını göstermektedir. Çalışma içinde dünyanın farklı kıtalarında bulunan ülkeler için güneş ışınım eğri haritaları da verilmiştir (Bkz. EK 2).Günlük ışınım eğrileri, bölgenin enlem açısına göre eğimlendirilmiş modüller içindir ve bu eğriler günlük 1000 W/m^2 olacak şekilde zirve-saat birimleridir. Ortalamalar üç aylık dönem içindir ve enleminin açısıyla eğimlendirilmiş modüllere uygundur.

Yılın her çeyreği için, en yakın günlük ışınım eğrisini seçip ve bu eğriyi izleyerek günlük zirve saatleri bulunabilir. Daha net ve doğru bir günlük ışınım hesabını, alanın konumunu iki eğri arasındaymış gibi kabul ederek yapılabilir.

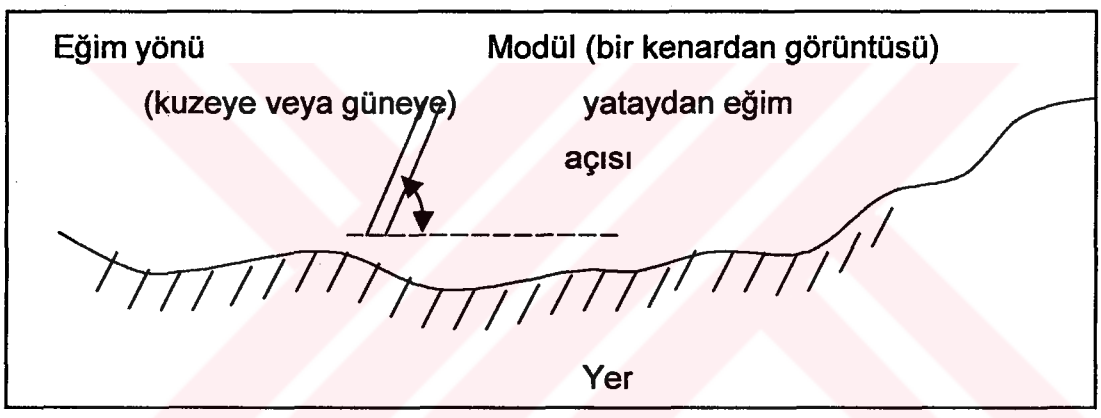


Şekil 4.9. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Avrupa, Orta Doğu ve Afrika grubundaki ortalama günlük güneş ışınım eğri haritaları [47]

b-Eğim açısının ayarlanması

Bir güneş enerjisi modülü her zaman için yataydan belli bir açıyla yerleştirilmesi Şekil 4.10.'da görülmektedir. Eğim açısı, yağmur sularının kolayca akabilmesi ve tozu yıkayabilmesini sağlamak için 15° ya da daha fazla olmalıdır.

Eğim açısı değeri, modül üzerindeki ışınımı yıl boyunca optimize etmek için seçilir. Eğim açısını seçmenin basit bir yolu bunu bölgenin eğim açısına göre ayarlamaktır. Eğimin yönü ise Ekvatora doğru ayarlanmalıdır ki, bu kuzey ülkeleri için güney, güney yarıküre ülkeleri için kuzeydir.



Şekil 4.10. Modülün yerleştirilme şekli

30°'den yüksek enleme sahip alanlar için eğim açısı artı 15°'ye ayarlanabilir. Bu eğim açısını kış ayları için optimize ederek yıl boyunca elektrik üretimini eşit düzeyde tutmaya yardımcı olur.

15° kuzey ve 15° güney enlemleri arasında 15°'lik bir eğim açısı kullanılır. Eğimin yönü ise yılın hangi yarısının en bulutlu aya sahip olmasına göre değişiklik gösterir. Örneğin, eğer temmuz en bulutlu ay ise, ekvatorun hemen güneyinde veya kuzeyinde olan modüllerin her ikisi de kuzeye yönelik olmalıdır. Sabahlar veya öğleden sonraları bulutlu ise batıya ve doğuya dönük olmalıdır.

4-Modül sayısının belirlenmesi

Çoğu aletler geceleri kullanılır ve bunlar doğrudan güneş modülünden değil, bataryadan enerji alırlar. Modül sayısı saptanırken, bataryaların şarj edilmesi sırasında oluşan küçük kayıp da hesaba katılmalıdır. Bu, akım veya A saat şarj etkiliğidir. Kullanılacak tipik değerler ise, kurşun-asit batarya için yüzde 80 ve nikel-kadmiyum batarya için yüzde 70'dir.

İhtiyaç duyulan minimum modül sayısını hesaplama formülü:

Aletlerin günlük gereksinimi (günlük W saat)	X	100 %	÷	Bir Modülün günlük üretimi (12V'da günlük W saat)	÷	Bataryanın şarj etkililiği %	=	İhtiyaç duyulan minimum modül sayısı

Bu sonucun üstündeki en yakın tam sayı kullanılmalıdır. Elde edilen sonucun en üstündeki en yakın çift sayı kullanılmalıdır. Çift rakamlı sayıda modül gerekmektedir, çünkü modüller 24V'ta işleyebilmesi için kablolarla seri olarak çifter bağlanır.

5-Batarya Sayısının Belirlenmesi

Bataryalar gece kullanım için gün esnasında şarj olurlar. Bataryalar aynı zamanda günlük ışınım farklılıklarını da düzeltirler. Bunu, bulutlu günlerde kullanılması için güneşli günlerde aşırı şarj depolayarak yaparlar. Gerekli olan depolama süresi birbirini takip eden yağmurlu veya yoğun bulutlu gün sayısıyla bağlantılıdır.

Bu sayı Suudi Arabistan gibi kurak bölgelerde iki gün kadar kısadır. Ancak daha yüksek enlemli yerlerde ufak sistemleri boyutlandırırken kullanılan rakam beş gündür. 30° ve yukarısı enlemler için on ya da daha çok gün gerekebilir.

İhtiyaç duyulan kullanılabilir kapasite, şöyle hesaplanabilir:

Aletlerin günlük Gereksinimi (günlük W saat)	X	Gerekli olan depolama süresi (gün)	÷	12 V	=	İhtiyaç duyulan günlük kullanılabilir kapasite (12V'ta A saat)

İhtiyaç duyulan batarya sayısı kullanılabilir kapasite ve döngü derinliği kullanılarak şöyle hesaplanabilir:

İhtiyaç duyulan toplam kullanılabilir kapasite (12V'ta A saat)	X	100 %	÷	12 Volt'luk bir batarya için tanımlanmış full kapasite (A saat)	÷	Döngülerin Max. derinliği %	=	İhtiyaç duyulan 12V bataryaların minimum sayısı

Bu sonuç, ihtiyaç duyulan batarya sayısını elde etmek için kullanılır. Bu sistem için seçilen bataryaların her biri 110 Amper saat kapasiteye sahiptir. Bu bataryalar kurşun-asit bataryalardır ve derin döngülü işleyişe sahiptir ve %60 derinliğe kadar deşarj (boşaltma) edilebilir [47].

4.5. Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

4.5.1.Fotovoltaik sistemlerin avantajları

Bir kez yükler minimize edildiğinde güneş enerjisi elektriğinin jeneratörlerle kıyaslandığında pek çok avantajı vardır.

- Yakıt satın alma ve taşıma maliyetleri yoktur.

- Düzenli yakıt teminine bağımlılık yoktur. Tropik bölgelerde ve buralara yakın olan ülkelerde her gün için varolan güneş ışığı miktarı yılın çoğu ayı için fazladır.
- Güneş enerjisi pillerinin hareket eden parçası yoktur, bu yüzden bir jeneratördeki motor ve dinamodan daha az arızalanır. Aynı zamanda orta büyüklükteki bir güneş enerjili elektrik sistemi, dizideki bir modül ya da depolama sistemindeki bir batarya bozulsa da çalışmaya devam eder.
- Tesis edilmesi ve bakımı basittir, özel bir uzmanlık ve alet gerektirmez.
- Bir güneş enerjili elektrik sistemi ufak ufak genişletilebilir. Bir jeneratörün küçük olduğu görülürse, daha büyük bir tanesiyle tamamen değiştirilmelidir.
- Güneş enerjisi modüllerince üretilen düşük voltaj ana voltajdan daha güvenliklidir.
- Fotovoltaik sistemler; rüzgar, biomas, hidrolik, jeotermal gibi yenilebilir enerji kaynaklarına göre çevre açısından olumsuz etkilere sahip değildir. Halen dünya enerji tüketiminin %80'ini oluşturan fosil kökenli yakıtlar, neden oldukları asit yağmuru, karbondioksit yayınımı gibi dezavantajlarla dünya iklimi için tehlike oluşturmaktadır. Oysa PV sistemler, çevre açısından "temiz" enerji kaynaklarıdır.
- İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına karşın sonra çok fazla masraf olmamakta, oysa dizel jeneratörler ucuz satın alma fiyatlarına karşılık, yakıt ve bakım maliyetleri nedeniyle uzun dönemde pahalıya gelmektedir.
- Güneş enerjisi elektriği şarj edilebilir bataryalara depolanarak elektrik enerjisinin her zaman hazır olması sağlanır. Yalnızca bir tek ampule ihtiyaç duyulsa bile jeneratörün tamamen çalıştırılması gereklidir ve bu yakıt israfıdır.
- Güneş enerjisi hücreleri sessiz çalışır ve egzost gazı çıkarmaz.

Pek çok ülkede parafin (kerosen), benzin ve dizel ihtiyacını karşılamak için petrol ithal etmek zorundadır. Bu ise özellikle petrol fiyatları yükseldiğinde

çok değerli olan dövizi gerektirir. Pek çok hükümet ülkesinin ithal petrole bağımlılığını azaltmak için jeneratörlerin yerine güneş enerjisi modüllerinin kullanımını teşvik etmektedir.

4.5.2. Fotovoltaik sistemlerin dezavantajları

Jeneratörlerle kıyaslandığında güneş enerjisi elektriğinin bazı dezavantajları da vardır.

- Güneş enerjisi modülleri ısıtıcılar ve büyük motorlar gibi yüksek güçlü (yüksek watt' lı) cihazlar için ekonomik değillerdir.
- İlk yatırım maliyeti yüksektir. Elektrik şebekesinin olduğu yerlerde PV sistemlerin kullanılması ekonomik değildir. Ancak elektrik hattı bulunmayan elektrik götürülmesinin pahalı olduğu kırsal yörelerde dizel jeneratörlere alternatif olarak, PV sistemlerin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir.
- Güneş enerjisi sistemleri için yedek parça temini ve uzmanlığı, durum pek çok ülkede değişiyor olmasına rağmen henüz tam olarak oluşmamıştır.
- Güneş enerjisi modüllerince üretilen düşük voltajlı doğrudan akım, pek çok alet alternatif akım ana voltajla çalıştığı için çok yönlü değildir.
- Enerji kaynağı güneş ışığı olduğundan bulutlu havalarda daha az elektrik üretilmektedir [47].

5. FOTOVOLTAİK PANELLERİN BİNALARDA VE DİĞER ALANLARDA KULLANIM OLANAKLARI

5.1. Fotovoltaik Panellerin Çeşitli Alanlarda Kullanım Olanakları

Fotovoltaik sistemlerin kullanım alanları, yer yüzeyinde kullanılmaya başlandığı 1970'lerden bu yana değişik yönelimler göstermiştir. Fotovoltaik sistemler öncelikle; yerleşim yerlerinden uzakta yer alan haberleşme istasyonları, denizcilik uygulamaları ve katodik koruma gibi sistemlerde kullanılmıştır. 1980'lerde megawattlar gücünde santraller kurma girişimleri olmuşsa da bunlar, aynı dönemde azalan petrol fiyatları nedeniyle bir sonuca ulaşamamış, bunun yerine, şebekeden uzak yaşayan kırsal kullanıcılara yönelik bir pazar oluşmuştur. Şimdiye kadar dünyada elektrik elde etmek için en iyi tercih gibi görünen PV sistemlerin kullanım alanları ve yüzdeleri çizelge 5.1.'de gösterilmektedir. Çizelge 5.1.'e göre fotovoltaik sistemlerin kırsal kesimlerde ve profesyonel alanlarda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. AB Enerji Genel Müdürlüğünün projeksiyonlarına göre 2010 yılına kadar uygulamamaların ağırlıklı olarak şebeke bağlantılı sistemlere kayacağı tahmin edilmektedir [48].

Çizelge 5.1. Fotovoltaik sistemlerin dünyada kullanım alanları ve yüzdeleri[48]

Kullanım alanları	(%) Yüzde
Kırsal kesim elektrifikasyonu	43,8
Çiftlikler ve tarım sulaması	10,4
Doğayı koruma ve dinlenme alanları	5,2
Su pompalama	10,4
İkaz sistemlerinin çalıştırılması	12,4
Haberleşme ve genel aydınlatma	9,4

Profesyonel uygulamalar

Haberleşme istasyonları, köprüler, binalar ve boru hatlarının katodik koruması, aşı ve ilaç saklama amaçlı soğutucu ve dondurucuların çalıştırılması, orman gözetleme kuleleri, trafik sinyalizasyonu, havacılıkta

sinyal amaçlı ışıklandırma, meteoroloji istasyonları, deniz fenerleri, deniz suyundan tuz arıtma, açık denizdeki acil yardım hizmetleri, petrol ve doğal gaz platformları üzerindeki cihazların çalıştırılmasında kullanılır [49].

- *Telekomünikasyon*

Uzak bölgelerde daha küçük miktarlarda enerji üreten, telekomünikasyon amaçlı PV sistemleri, maliyet açısından etkili bir araç olduğundan endüstrileşmiş ve gelişen dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.

PV sistemlerin enerji sağlayabileceği üç tür telekomünikasyon sistemi vardır:

- İki yönlü radyolar ve telefonlar
- Radyo ve televizyon ikincil aktarıcılar
- Dönüştürücü, tekrar istasyonları ve uydu yer istasyonları içeren telefon sistemleri.

Ek olarak sabit PV güç kaynağı olan televizyonlar belirli Batı Afrika ülkelerindeki köy okullarında kullanım için yaygın bir uygulamaya sahiptir.

- *Katot koruması*

Katot koruma sistemler için boru hatları ve diğer çelik yapılarda kullanılan PV jeneratörleri elektrik şebekesinden uzak alanlarda ticari olarak rekabetçidir. Katodik koruma metal alaşımı paslanmadan korumada kullanılan bir yöntemdir.

PV sistemin bu uygulamada kullanılmasının iki nedeni,

- Güç genellikle bir boru hattı boyunca uzak alanlardan getirilmektedir.
- Katodik koruma Doğru Akımlı (DC) elektrik kaynağı gerektirir.

Paslanma özellikle demir olmak üzere metalle su arasında demiri demir okside (pas) çeviren kimyasal bir tepkimedir. Oksidasyon dediğimiz bu olay metale elektron transferini içerir. Eğer bunu negatif bir voltaja çevirecek bir

elektrik kaynağı metale bağlanacak olursa (böylelikle demiri "katot" yapar) demirin paslanması önlenir.

Katodik koruma kullanılsa bile, borular veya diğer metal alaşımlar su geçirmez boya ile normal biçimde korunmalıdır. Aksi takdirde yüksek orandaki paslanmayla baş edebilmek için gerekli PV dizisi çok büyük olacaktır. Ortadoğu'da petrol ve gaz boru hatları için kullanılan bu tür sistemlerin pek çok örneği vardır. Bu, PV düzeninden çıkan DC' nin (doğru akımın) doğrudan kullanılabileceği uygulamadır [22].

Kırsal kullanım

- *Kırsal kesim elektrifikasyonu*

Kırsal kesim elektrifikasyonu aydınlatmadan farklıdır. Çünkü bu, bir köy ya da kırsal kesime elektrik sağlayan çok daha sistematik bir yaklaşımdır. Sonrasında elektrik; ev, ticari, tarım ve endüstriyel uygulamalar için geniş bir kullanıma sunulur. Bir kaç adet çok büyük PV santral tesisi bütün bir köyü elektriklendirmek için tesis edilmiştir. Ancak bu uygulamalarda pek çok teknik ve kurumsal sorun bulunmaktadır. Bu türde santral sistemleri parça hataları ve aşırı yüklenmeden dolayı kolayca bozulabileceğinden yüksek düzeyde denetime gereksinim vardır.

Kırsal kesim elektrifikasyonu için kullanılacak PV sistemleri, geniş oranda uygulanma için şu anki maliyetlerle çok pahalıdır. Ancak bu teknoloji geleneksel tekniklere uygun bir alternatif olduğunda PV sistem maliyetleri bugünkü düzeyinin %50'sine inecektir.

- *Tarımsal uygulamalar*

Bireysel PV sistemleri mekanik güç gerektiren pek çok tarımsal uygulamada kullanılabilir. Sulama için su pompalamasının yanında tahıl öğütülmesi en iyi kullanımıdır. Çok sayıda PV enerjili tahıl değirmeni sistemi inşa edilmemiş olmasına rağmen bu uygulamanın verimliliği konusunda şüphe yoktur.

Burkina Faso'da bir sistem altı yıldır uygun şekilde işlemektedir. Değirmen türü tahıl türüne ve iyilik derecesine göre seçilmelidir. Ancak sonra değirmen, PV düzeni ile şarj edilmiş bir bataryadan enerji alan bir DC motoru ile sürülür.

Tarım için diğer PV uygulamaları süt sağma makinesi, çabuk bozulur ürünler için soğutmalı depolama ve buz üretimi içerir. Diğer bir uygulama elektrik çitleri yalnızca evcil hayvanları belli bir sınır içinde tutmakla kalmayıp vahşi hayvanların ürüne zarar verebilecekleri alanlara girmelerini de önlemektir.

- *Su işleme*

Su temini için PV pompalarının yansıra, PV enerjili su işleme tesislerinin kırsal alanlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Üzerinde durulan nokta uygulanabilirliği ve kimyasal ve başkaca tüketim malzemelerinde minimum gereksinimdir. En iyi yaklaşımla ilgili genel bir sonuca varmak için deneyimler çok sınırlıdır. Maliyetler dizel jeneratörleri de içeren pek çok alternatifle rekabet edebilir.

- *Su pompalama sistemleri*

10,000'den fazla PV-güçlü su pompalama sistemleri çeşitli konfigürasyonlarla dünya geneline yerleştirilmiştir. Bunların çoğu köyler için su temini ve çiftlik hayvanı sulaması için ancak bazıları esas olarak sulama için kurulmuştur. Pek çok sistemin performansı bir çok unsura bağlı olarak ümit kırıcıdır ve bu unsurlar şunlardır:

- Uygun olmayan ya da yetersiz alt parçaların (motorlar, pompalar ve elektrik enerjisi koşullandırma aletleri) kullanımı.
- Güneş enerjisi girişi ve su seviyesi ile bağlantılı olarak bileşenler arasında yetersiz uyumdan dolayı ortaya çıkan sistem tasarımının bütünsel olarak zayıf oluşu.
- Tasarım aşamasında güneş enerjisi girişi ve su kaynağı koşullarıyla ilgili olarak doğru olmayan verilerin kullanılması.

PV su pompaları özellikle önceleri suyu elle pompalamak durumunda olan köylerde geniş bir toplumsal kabul görmüştür. En yoğun su ihtiyacının olduğu dönemlerde eğer ortalama rüzgar hızı en azından 2,5 m/saniye olur ise rüzgar pompaları PV pompalarından daha ucuz olacaktır.

Belirli koşullarda PV pompaları için birim su maliyeti dizel motorlardakinden daha ucuz olsa da bu, PV pompalarının sulama uygulamaları için ekonomik olduğu anlamına gelmez. Çünkü ürünün ekonomik piyasa fiyatı dikkate alınmalıdır.

- *Aşı buzdolapları*

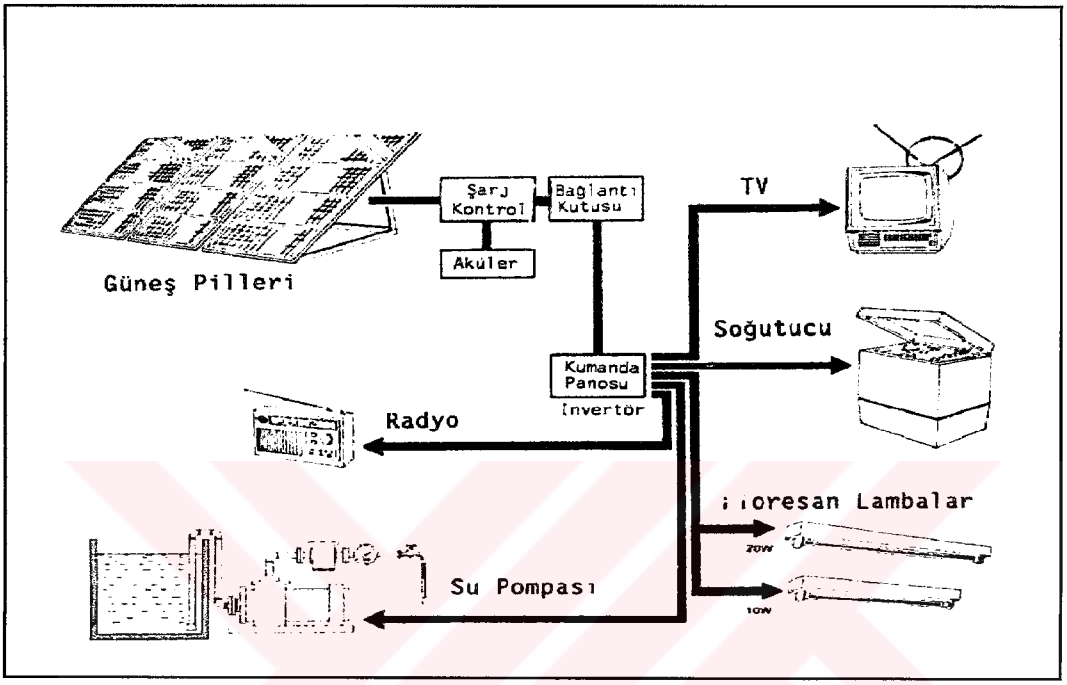
Koordine edilmiş bir gelişme ve WHO (Dünya sağlık örgütü) tarafından sponsorluğu yapılan alan test programlarının sonucu olarak PV aşı buzdolapları şebeke elektriği olmayan alanlarda kullanım için uygun ve düşük maliyetlidir. Ancak PV buzdolapları uygun şekilde tasarımı yapılarak kurulup çalıştırılması, kullanıcılara teknik destek, öğüt ve yedek parça sağlayan merkezi bir örgüte ihtiyaç vardır.

- *Aydınlatma*

Ev aydınlatması için küçük PV sistemleri geniş ölçüde yaygındır ve özellikle Güney Pasifik, Fransız Polenezyası ve Çin olmak üzere binlercesi tesis edilmiştir. PV enerjili florsan tüpler mum, kerosen fitil ya da basınç lambalarıyla kıyaslandığında çok daha yüksek kalitede ışık sağlamaktadır. Daha geniş PV aydınlatma sistemleri sokak aydınlatması ve güvenlik aydınlatması için de mümkündür. Şekil 5.1.'de PV sisteminin çeşitli amaçlar için kullanımı görülmektedir.

Daha yüksek doğrudan aydınlatma için özel olarak tasarımı yapılmış AC sistemleri de görülmektedir. Burada önemli nokta ise dönüştürücünün performansıdır. PV aydınlatma sistemlerinin kerosen litresinin 0,75$ ve daha fazla olduğu yerlerde kerosen lambalarla maliyet açısından rekabet edebilir

olduğu görülmüştür. Böylelikle uygun finansman sağlandığında kullanıcılar PV aydınlatması tesis ederek ev aydınlatmasının kalitesini arttırabilecek ve para tasarrufu yapabileceklerdir [49].



Şekil 5.1. PV panellerin çeşitli amaçlar için kullanımı [40]

Uzayda elektrik üretimi

Fotovoltaik güç jeneratörleri, dünya etrafındaki bir yörüngede uydulara elektrik gücü sağlama için en iyi seçenektir. Gerçekten, 1958'de Amerikan Vanguard uydusunda güneş pili kullanımı fotovoltaiklerin ilk pratik uygulamasını şüphelere rağmen gösterdi. O günden bu yana uydu elektrik gereksinmeleri bir kaç wattan bir kaç kilowata gelişim göstermiş ve geleceğin uzay istasyonları için 100 kW işleyebilecek diziler planlanmaktadır. Uzay modül dizisi uzay çevresinin uygun olmayan koşullarında son derece güvenilir olmalıdır. Her kilo ağırlığın yörüngeye kadar çıkarılması oldukça pahalı, olmasından dolayı modül dizisi kiloyla orantılı olarak yüksek bir güce sahip olmalıdır [50].

5.2. Fotovoltaik Panellerin Binalarda Kullanım Olanakları ve Uygulama Örnekleri

PV paneller, esas kullanım amacının (elektrik üretimi) yanı sıra bina örtüleri ya da alt yapı sistemleriyle uygun biçimde bütünleştirilerek bina ya da sistemin bir mimari elemanı durumuna gelebilirler. PV panellerin bina ile entegrasyonunda; PV paneller; binanın bir tamamlama parçasıdırlar. Binanın doğrudan düşey (duvar) ya da yatay (çatı) yüzeylerini oluşturan bir bileşen olarak uygulanabilirler. Böylelikle binanın mevcut dış elemanlarının cam duvar, çatı malzemesi (giydirme çatı yada duvar elemanı) ya da penceresinin yerini alabilirler ya da mevcut bina dış yüzeyleri üzerine yağmur perdesi gölgeleme elemanı olarak tespit edilebilirler. Her iki uygulamada da dış çevre koşullarını denetleyerek iç fiziksel konfor şartlarının sağlanması için yönlenme, biçimlenme, taşıyıcı konstrüksiyon, PV türleri (geçirgen-opak), birleşimlerde uygun detaylandırma doğru seçilmelidir [51]. Fotovoltaik panellerin binalarda kullanım olanakları iki ana grupta toplanabilir.

- Duvar bileşeni olarak kullanımı
  Yağmur perdesi olarak kullanımı
  Giydirme cephe elemanı olarak kullanımı
  Gölgeleme elemanı olarak kullanımı
  Pencere elemanı olarak kullanımı
- Çatı bileşeni olarak kullanımı
  Geleneksel çatı sistemi üzerinde kullanımı
  Doğrudan çatı sistemini oluşturan bir bileşen olarak kullanımı

5.2.1. Duvar bileşeni olarak kullanımı

PV paneller, bir duvar bileşeni olarak kullanımlarında geleneksel bir kabuk üzerine (bir kaplama elemanı olarak) tespit edilebilirler ya da doğrudan bina kabuğunu oluşturan bir eleman (giydirme cephe elemanı) olarak kullanılabilirler. Bunun yanı sıra bina duvarlarının tamamının ya da büyük bir

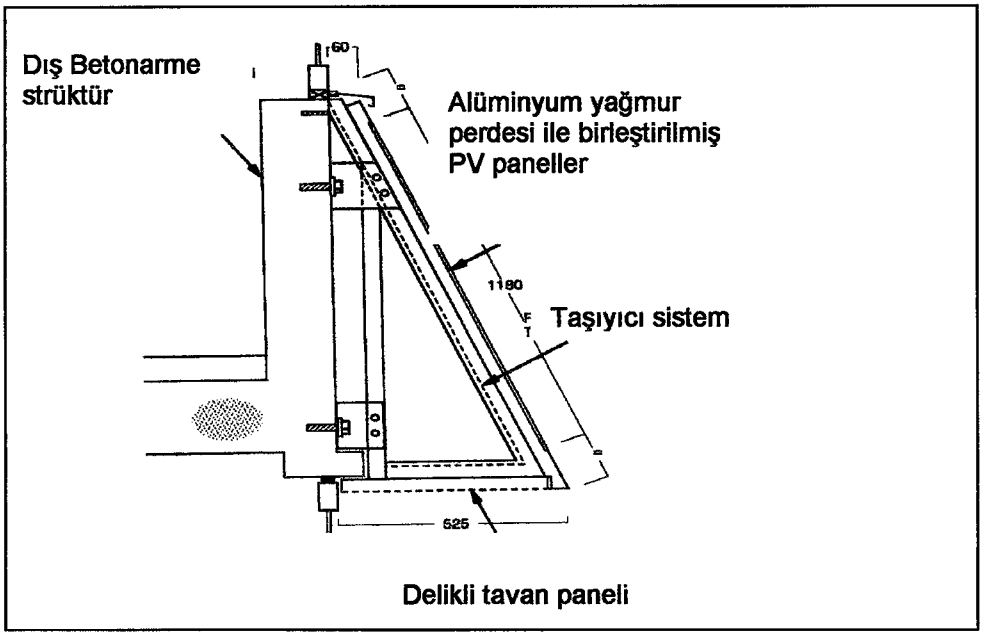
bölümünün cam olması durumunda doğal ışığı denetlemek için gölgeleme elemanı olarak ya da bina içine kontrollü doğal ışık alabilmek için yarı şeffaf ve opak pencereler olarak kullanılabilirler [41].

5.2.1.1. Yağmur perdeleme sisteminde kullanımı

Yağmur perdesi kaplama sistemleri özellikle 1960'lı yıllardan 1970'li yıllara kadar konut ve ofis binalarının yenilenmesi amacı ile (restorasyonu) geliştirilmiştir. Binalara fazla yük vermeyen PV paneller, elektrik üreticisi olmakla birlikte bina kabuğunu atmosferik etkilerden de korurlar. Perdenin arkasındaki boşluklar PV panel sıcaklığının kontrol edilmesini aynı zamanda montaj ve bağlantı elemanlarının gizlenmesini de sağlarlar. Binaların ömrü enerji ihtiyaçlarını azaltmak ve konforunu artırmakla uzatılabilir. Yağmur perdesi kaplama sistemleri eski binalara modern bina görüntüsü de kazandırırlar [52]. PV paneller, doğrudan bir kagir duvar yüzeyine monte edilebilirler ya da hafif konstrüksiyonlu sistemlerin bir parçası durumuna gelebilirler.

Örnek uygulama:Northumbria Üniversitesi, UK.

Kuzey İngiltere'deki Northumbria Üniversitesi binasında PV paneller, mevcut bina yüzeyi üzerine entegre edilmiştir. Şekil 5.2.'de PV panel-bina entegrasyonu detayı görülmektedir. Panel ile mevcut bina yüzeyi arasındaki boşluk; panellerin havalandırılmasını, kablo bağlantılarının gizlenmesini sağlar. PV paneller dış kaplama malzemesi, yağmur perdesi ve gölgeleme elemanı olarak kullanılmıştır. Bu proje, İngiltere'de PV kaplama entegrasyonun ilk örneğidir. Bina, bu teknoloji içinde ilginç bir örnektir ve binalarda PV kaplamanın entegrasyonun geleceği için bilgi verir. Kaplama panelleri, yaklaşık 3x1,4 m ve her biri beş PV laminat içerir. Bu diziler içinde kullanılmış her biri 85 watt gücünde 465 laminat vardır. Sistemin toplam kapasitesi 39,5 kW' tır [53].



Şekil 5.2. Yağmur perdeleme sisteminde PV panelin bina ile entegrasyonu [53]

5.2.1.1.1. Kagir duvar yüzeylerinde kullanımı

PV paneller mevcut bir duvar yüzeyi üzerine uygulandıklarında, bina dış yüzey kaplama malzemesi ya da binayı atmosferik etkilerden koruyan bir kabuk elemanı olarak hizmet verirler. Bu tür uygulamaların seçenekleri oldukça çeşitlidir. Bu tür uygulamalarda arkası hava boşluklu seçenekler, PV panel sıcaklığının artması sonucu oluşabilecek verim düşmesini önlemek için tercih edilirler (Bkz. Şekil 5.3.-Şekil 5.4.). PV panellerin kagir duvar yüzeyi üzerinde geleneksel ve teknik olarak geliştirilmiş başlıca uygulama seçenekleri şunlardır.

a-Alüminyum alt yapılı ön yüz sistemi

b-Her elemanın sabit olduğu uygulama

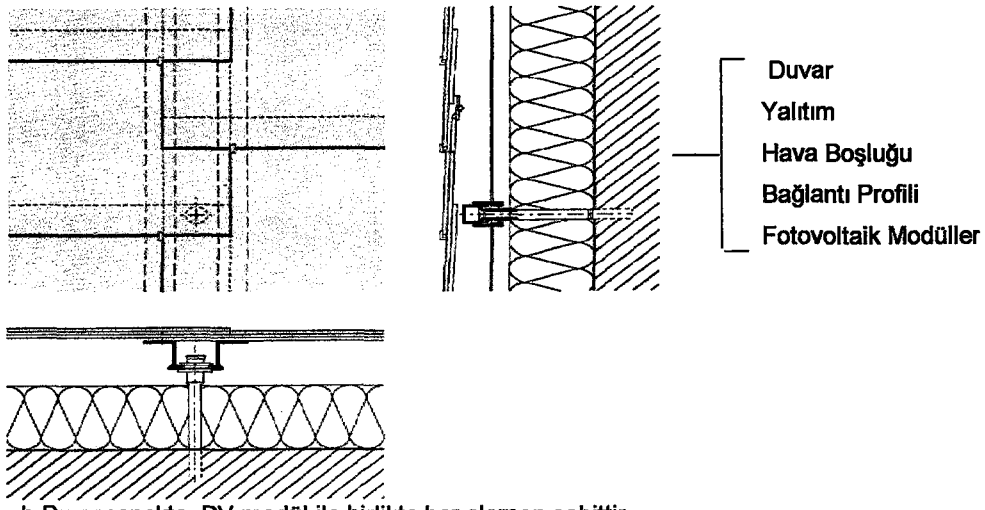
c-Asılı duran ön yüz sistemi

d-Rütihof ön yüz sistemi

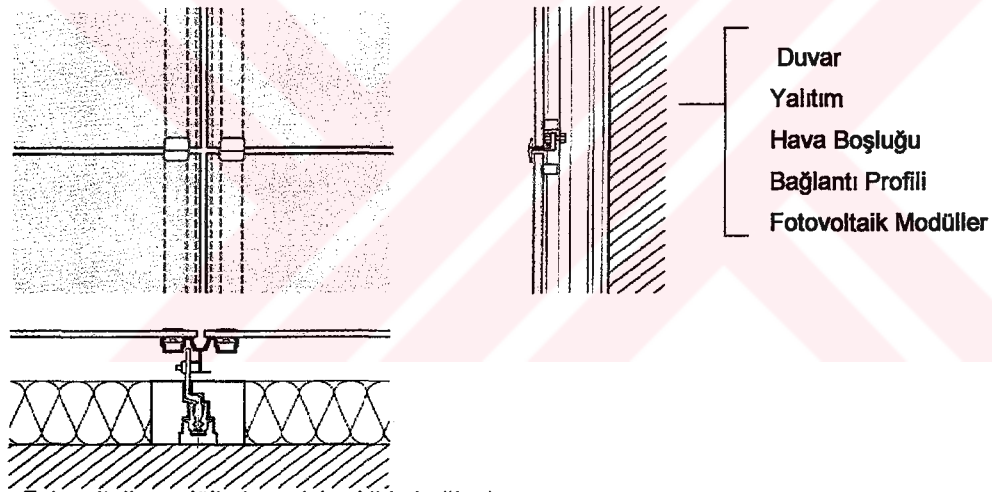
e-Flagsol sistemi

f-Fassade 2000 projesi

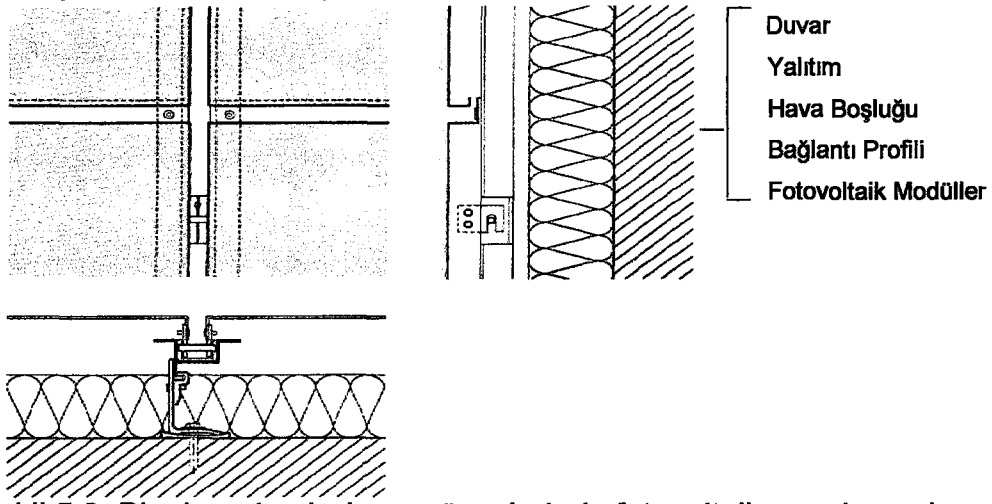
a-Alüminyum alt yapılı ön yüz sistemi



b-Bu seçenekte, PV modül ile birlikte her eleman sabittir.

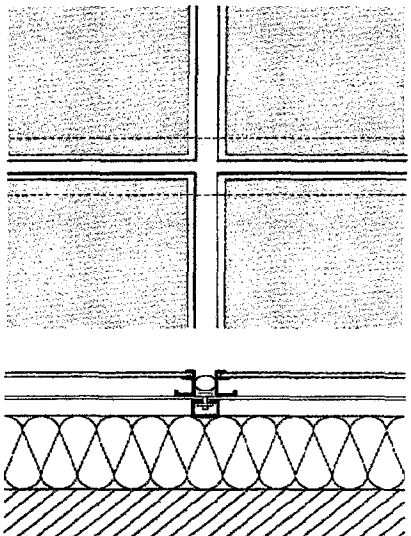


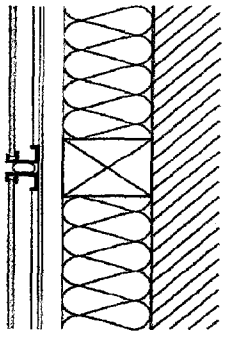
c-Fotovoltaik modüllerle en iyi şekilde bağlantıyı sağlayabilecek asılı duran ön yüz sistemi



Şekil 5.3. Binaların kagir duvar yüzeylerinde fotovoltaik panel uygulamaları [41]

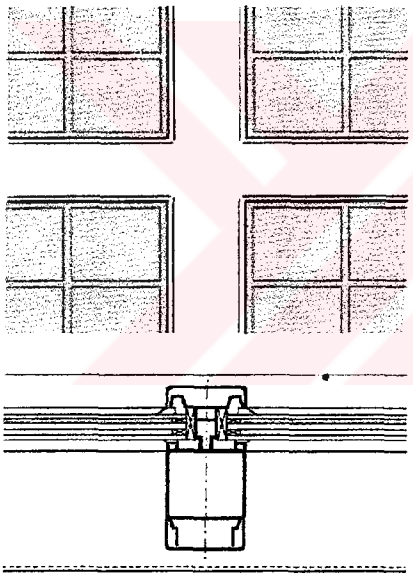
d-Rütihof ön yüz sistemi (Daha küçük ön cepheli binalar için uygundur.)

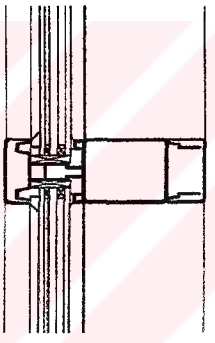




Duvar
Yalıtım
Hava Boşluğu
Bağlantı Profili
Hava Boşluğu
Fotovoltaik Modüller

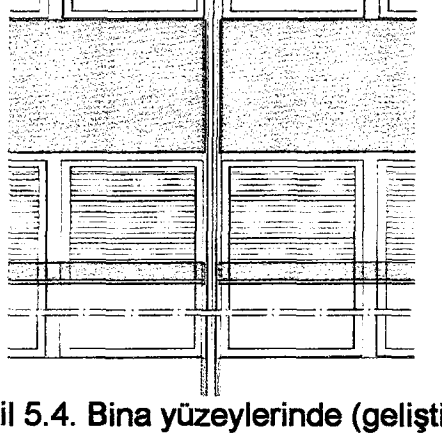
e-Alman ürünü Flagsol fotovoltaik modüller iki cam arasında kullanılır. İhtivaca göre ses yalıtımlı cam kullanılır.

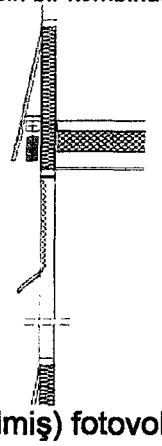




Duvar
Asılı duran ön yüz paneli
Çift cam ya da ses yalıtımlı cam arasında
Fotovoltaik Modüller

f-Fassade 2000 şu anda proje aşamasında olan bir çözümün adıdır. Bu proje, gün ışığı kullanımı PV piller aracılığıyla elektrik enerjisi üretimi, yaz sıcağından korunma ve gölgelemenin yanında kışın pencereler aracılığıyla güneş enerjisi kullanımı için bir kombinasyondur.





Yalıtımlı duvar yüzeyi
Hareketli PV Modül
Cam yüzeyi

Şekil 5.4. Bina yüzeylerinde (geliştirilmiş) fotovoltaik panel uygulamaları

Örnek uygulama: İstasyon binası Freiburg / Almanya

Güney Almanya'da ana istasyon binasının kulesi, Freiburg'un bir nevi giriş kapısı gibidir. Projeyi yürüten Bilfinger ve Berger, Freiburg kentinin yardımlarıyla istasyon binasının güney cephesine her biri 36 kW kapasiteli 240 adet fotovoltaik modül yerleştirilmiştir. Fotovoltaik modüller, hem elektrik üretici hem de cephe kaplama malzemesi işlevi görürler. Şekil 5.5.'de istasyon binasının fotovoltaik modül uygulanmış güney cephesi görülmektedir. Freiburg'a yolculuk yapanlar hemen dikkati çeken bu örnek ile geleceğin güneş enerjisi dünyasını kavrayabilmektedir [54].



Şekil 5.5. İstasyon Binası ,güney cephesi/Freiburg [54]

5.2.1.1.2. Hafif konstrüksiyonlu sistemlerde kullanımı

PV panellerin sandviç panellerle birlikte kullanılması ile oluşturulan hafif konstrüksiyonlu sistemlerin avantajları; sistemin hafif olması, PV panel arkasında bırakılan boşlukların PV sıcaklığını denetleyerek fazla ısınmasını önlemesi ve montaj kablolarının gizlenmesini sağlamasıdır. Bu tür PV panel kullanımlarının dezavantajları ise paneller arasındaki çalışma sıcaklığının çok yüksek olması nedeni ile PV veriminin azalması, su sızdırmazlık, ısı kayıpları ve akustik performans sorunlarıdır. PV panellerin hafif konstrüksiyonlu yağmur perdesi olarak kullanım seçenekleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

a-Arkası yalıtımlı tek camlı üniteler olarak PV panel kullanımı
b-Sandviç panellere entegre PV panel kullanımı
c-Sandviç panellere tutturulmuş PV panel kullanımı
d-Panel sistemi içine entegre PV panel kullanımı

a- Arkası yalıtımlı tek camlı üniteler olarak PV panel kullanımı

Arkası yalıtımlı tek camlı ünitelerin akustik yetersizliğinin üstesinden gelmek için PV modülün iç tarafına, kaplama çerçevesine ayrık bir yalıtımlı panel yerleştirilebilir. Uygulama sonucuna göre tek camlı sistemin yetersizliğinin yanında yapı yerine takılma süresi uzun ve maliyeti yüksektir. Bu nedenlerden dolayı sistemin bundan sonra daha fazla benimsenmemesi önerilmektedir. PV panellerin hafif konstrüksiyonlu sistemlerde yağmur perdesi olarak kullanım seçenekleri şekil 5.6.'da gösterilmektedir.

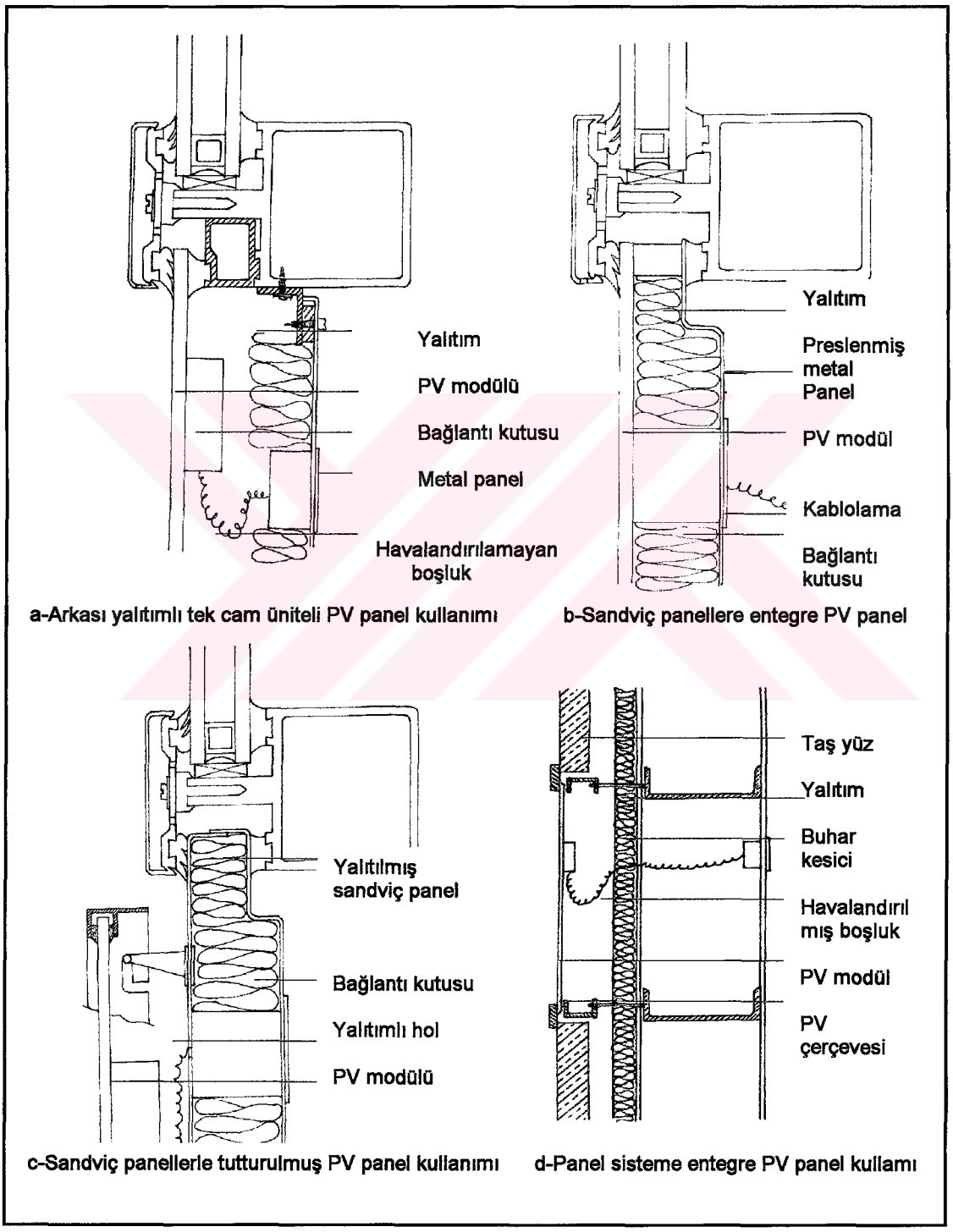
b- Sandviç panellere entegre PV panel kullanımı

Sandviç panellere entegre PV modül uygulamalarında tipik olarak sandviç paneller alüminyum ya da çelik preslenmiş iki tabaka şeklinde üretilirler. PV modüller bu tür panellerin dış metal ya da cam bileşeninin yerini almak üzere kullanılırlar. Böylelikle PV modül/sandviç panel oluşur. Bu sistemin kullanılabilir duruma gelmesi için bazı teknik konuların (Paneller arasındaki çalışma sıcaklığı çok yüksek olması nedeni ile verimin azalması, su sızdırmazlık ve akustik performans...) araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

c- Sandviç panellere tutturulmuş PV panel kullanımı

Sandviç panellere tutturulmuş PV modül sistemi daha önceki sistemlerden, PV modüllerin sistemin bir bileşeni değil de mevcut sisteme bir eklenti olmasından dolayı farklılık gösterir. PV modüller amaca uygun olarak üretilmiş sürgüler, cıvatalar, bağlantı askılarıyla ya da raylarla sandviç panele dizilebilir ve sistemin tamamı fabrika yapımı olabilir. Yalıtımlı paneller

fabrikalarda üretildiği için büyük sorunlar yaratmayacaktır. Yer değiştirme ve onarım işleri dışarıdan gerçekleştirilebilir. Bu nedenle uygulama uzun dönemde ürün gelişimi için en büyük olanağı sergilemektedir.



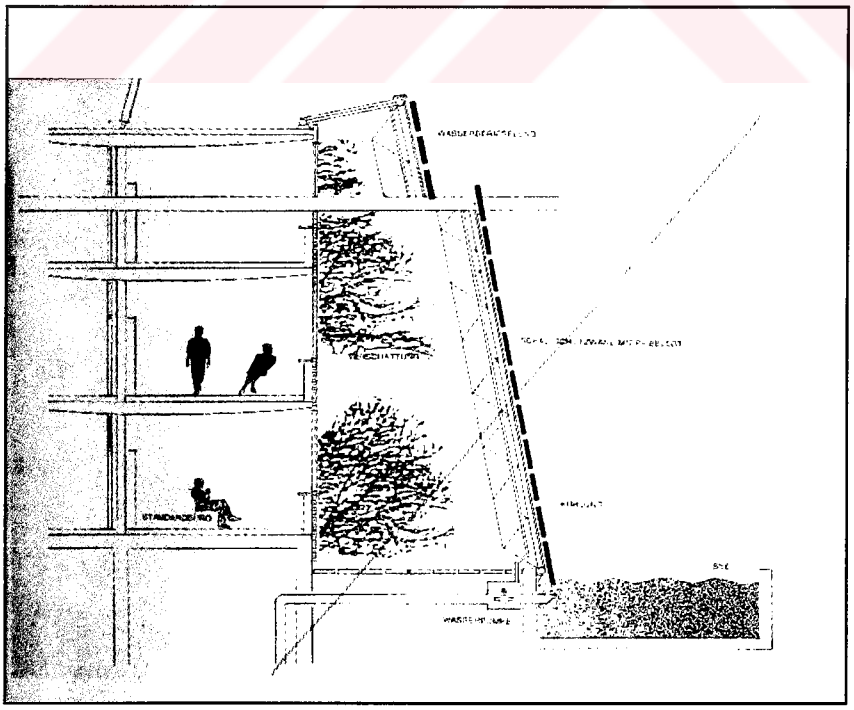
Şekil 5.6. PV panellerin hafif konstrüksiyonlu sistemlerde kullanımı [55].

d-Panel sistemi içine entegre PV panel kullanımı

Panel sistemi içine entegre PV modül uygulamasında PV modülün fazla ısınması sonucu verim düşmesi sorununu çözmek için sistemin arkasında havalandırma boşluğu bırakılmış ve olabilecek ısı kayıplarını önlemek için yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Bu uygulama geleneksel bir kaplama malzemesi ile birlikte kullanıldığı için diğer uygulamalardan farklılık göstermektedir [55].

Örnek uygulama: İdare binası Nürnberg/Almanya

Bina, farklı elemanlar içine entegre edilmiş (gürültüyü soğuran duvarlar arasında, gölgeleme düzenleri) PV paneller içeren bir idare binasıdır. Elektrik gücü, 366 kW' tır. Enerji tüketimini azaltmaya yönelik diğer uygulamalar, geçirgen ısı yalıtımı ve ısı toplaçları kullanımı, gün ışığı ile aydınlatma ve ısı kazanımı için bütün dış duvarların en iyi şekilde yalıtılmasıdır. Binanın eğimli güney duvarının kesiti şekil 5.7.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Binanın eğimli güney duvarının kesiti [53].

5.2.1.2. Giydirme cephe elemanı olarak kullanımı

PV panellerin doğrudan bina kabuğunu oluşturduğu kullanımıdır. Modern mimari uygulamalar için mükemmel çok fonksiyonlu çözümler sağlayabilir. Bu tür perde duvar yapısı; estetik bir tasarım aracıdır ya da doğal ışığın kontrollü olarak bina içine girmesine izin veren bir kullanımdır [52].

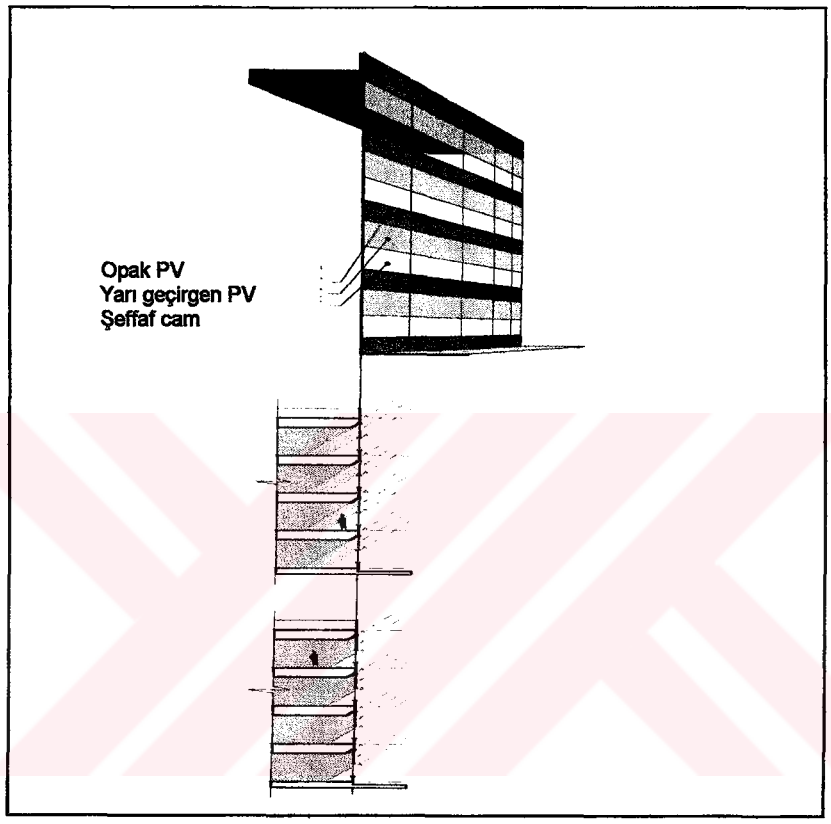
Bu duvarların performansı güneş ışınımlarını denetleme kapasitesi ve su/hava sızdırmazlık özelliği ile doğrudan ilişkilidir. Perde duvarlar genellikle yüzeyi oluşturan bileşenlerin oluşturduğu ızgaradan oluşur ve bu ızgara doğrudan binanın strüktürel sistemine yansıtılır. Bu tür uygulamalarda panellerin performansını artırmak için yüzeyde açılı/eğimli ve kırıklı duvar yapıları kullanılabilir. Bu durumda konfor şartlarını bozabilecek etkiler ise, şeffaf, yarı geçirgen, opak kısımlar düzenlenerek denetlenebilir. Aşağıda PV paneller ve şeffaf malzemelerle oluşturulan farklı biçimlerdeki perde duvarların özellikleri verilmiştir [56].

5.2.1.2.1. Düşeyde düz perde ve kırıklı perde duvar olarak kullanımı

- *Düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı*

Standart cam giydirme duvar konstrüksiyonu için gerekli olan ve yapının yükünü yapının strüktürel sistemine aktaran taşıyıcı ızgara konstrüksiyon dışında ek bir konstrüksiyon masrafı olmadığı için ekonomik bir kullanımdır. Duvar yüzeyi cam, opak ya da yarı geçirgen PV panellerden oluşur. Böylelikle PV paneller binaya ek elektrik üretmenin yanında binanın içerisine doğal ışığın kontrollü olarak girmesine de izin verirler. Düz perde duvarlarda sağlanan elektrik üretimi eğimli yüzeylere oranla daha düşüktür. Paneller, iki katmanlı ve katmanlar arası havalandırılan boşluklu olarak da kullanılabilirler [57]. Bu tür kullanım seçeneği iki olanak sunar: Birinci olarak, paneller binanın bir dış kılıfı gibidir. Boşluğun arkasında metal levha kullanımı ile

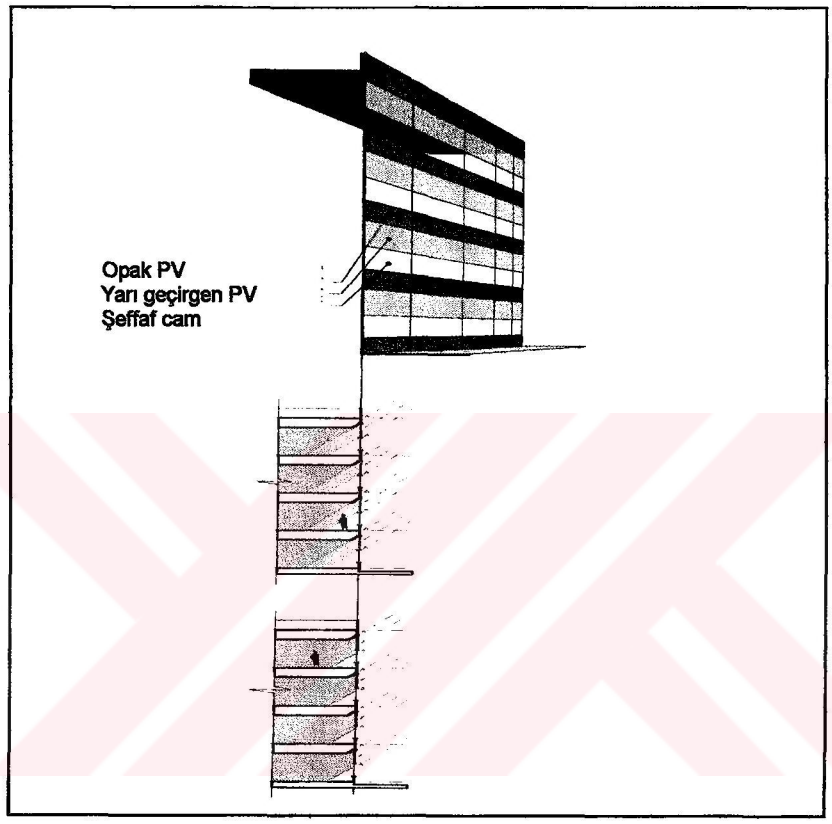
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

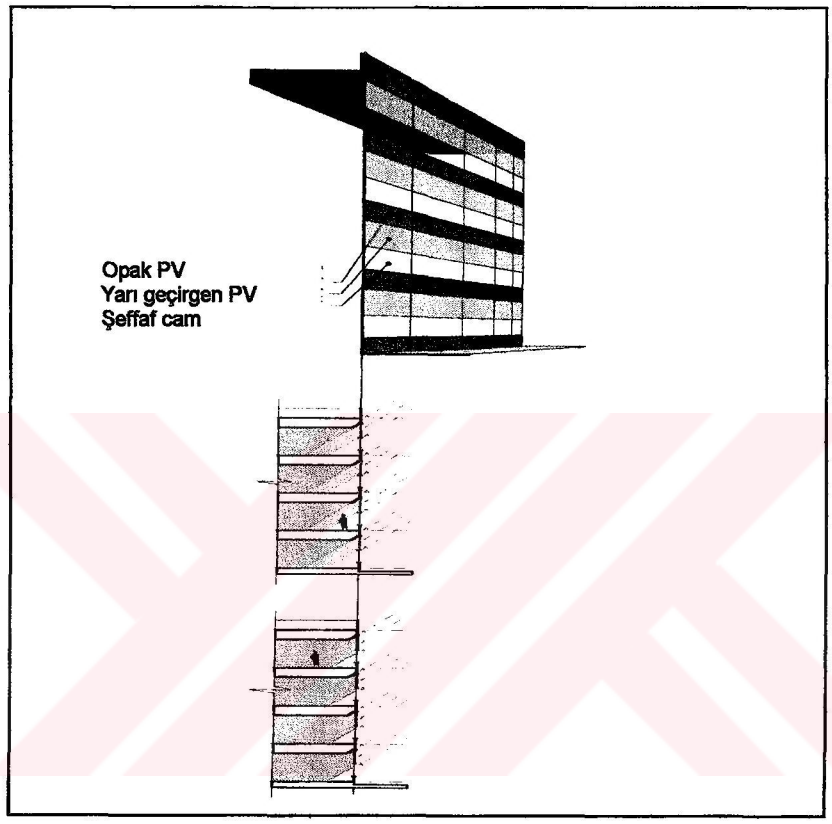
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

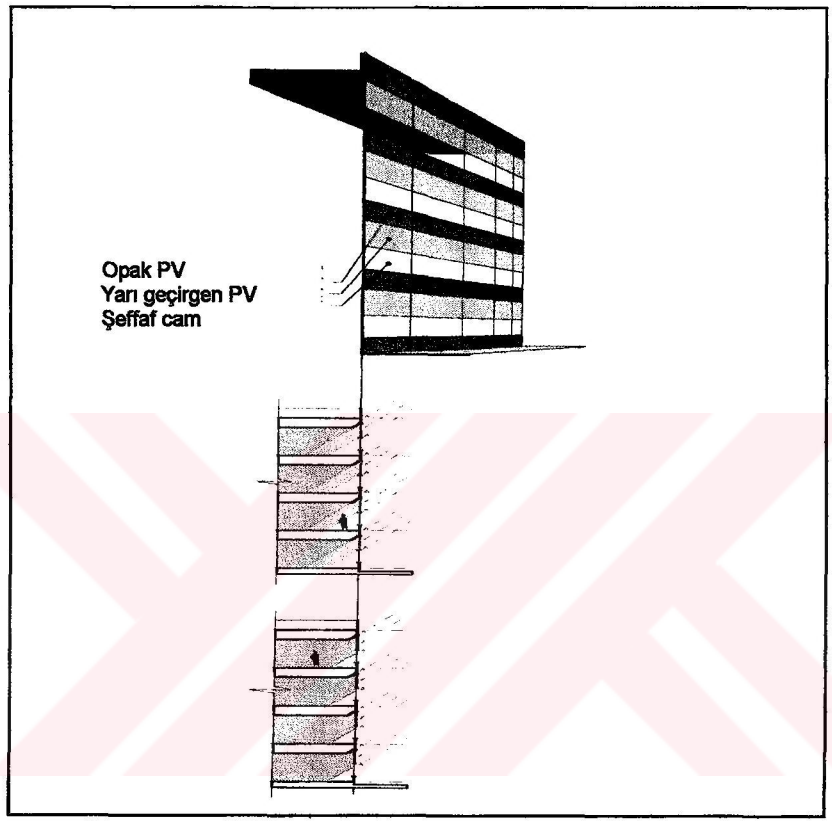
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

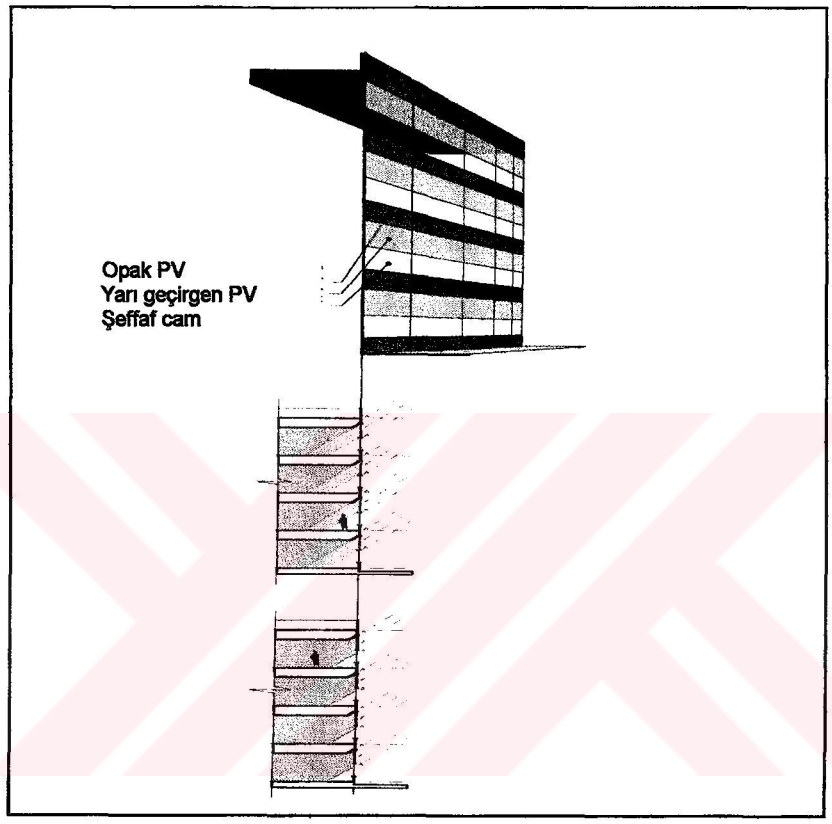
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

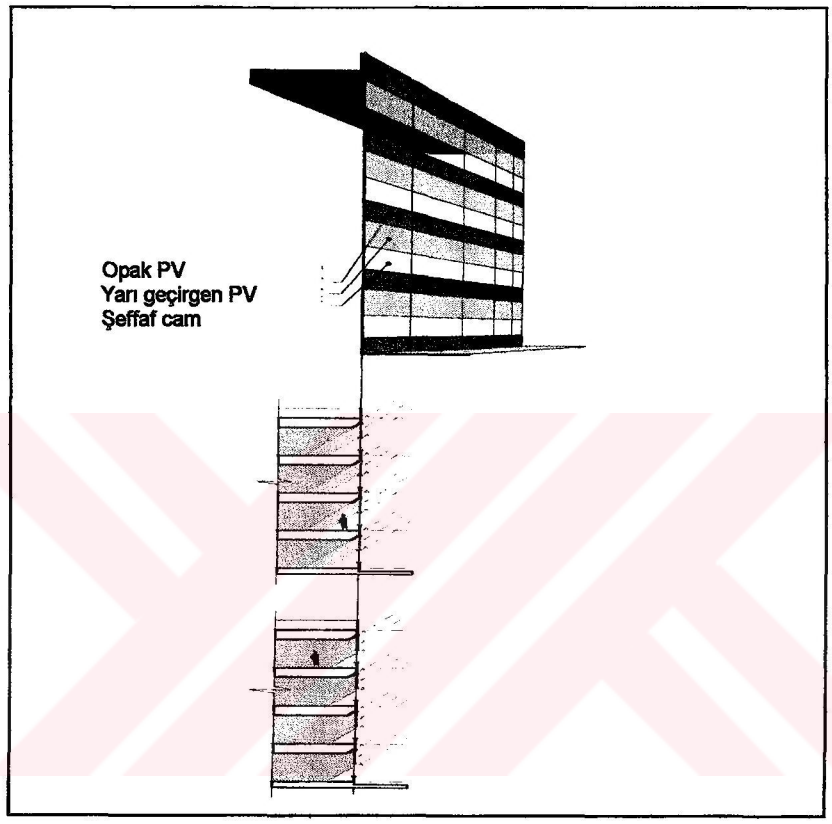
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

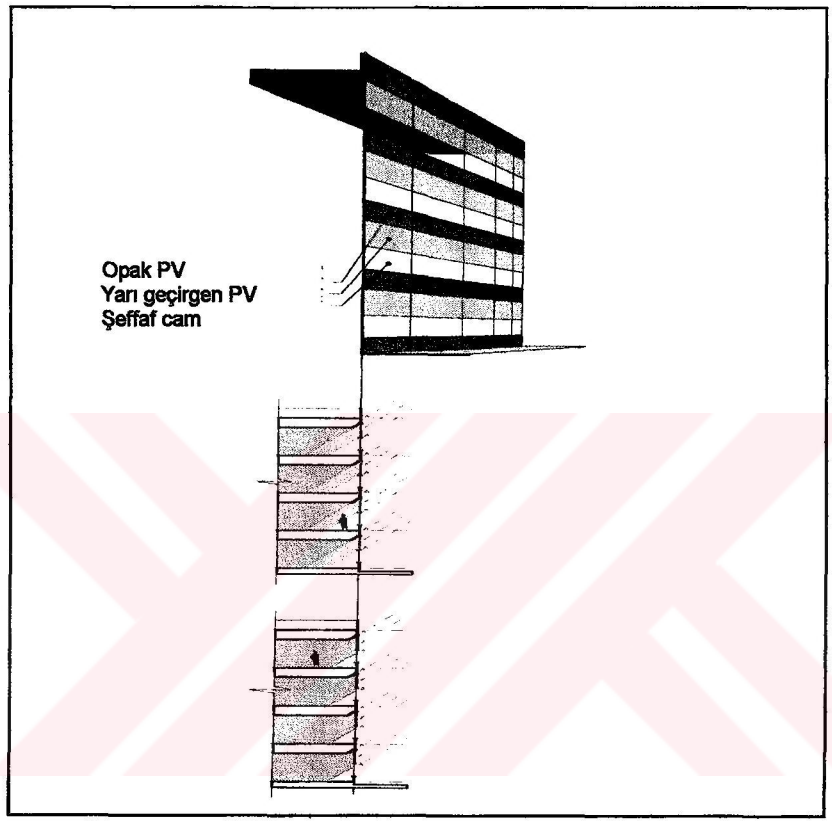
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

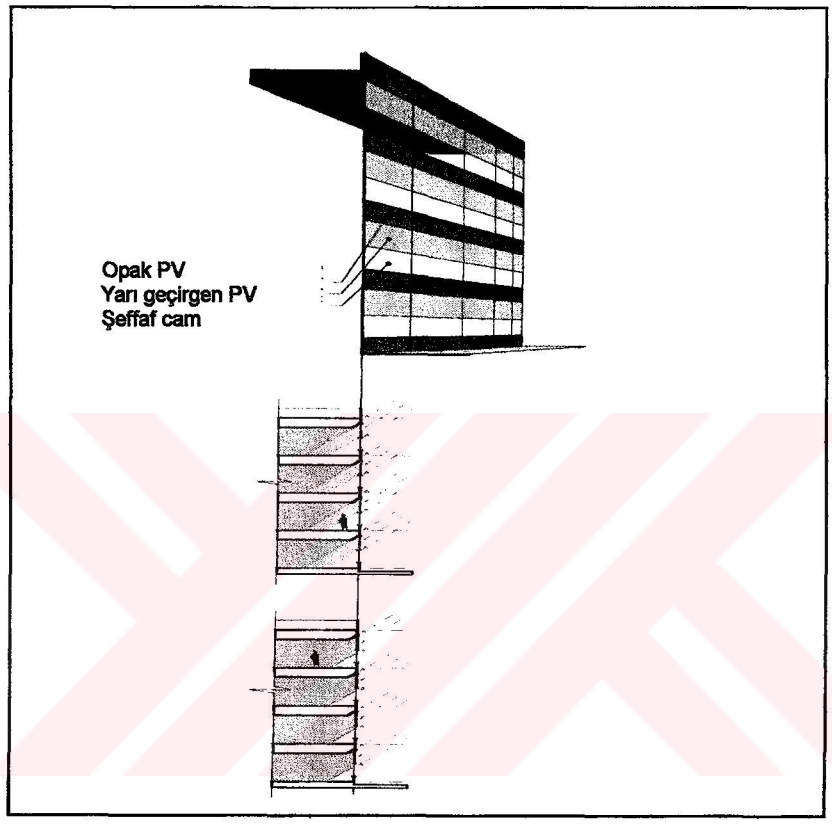
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

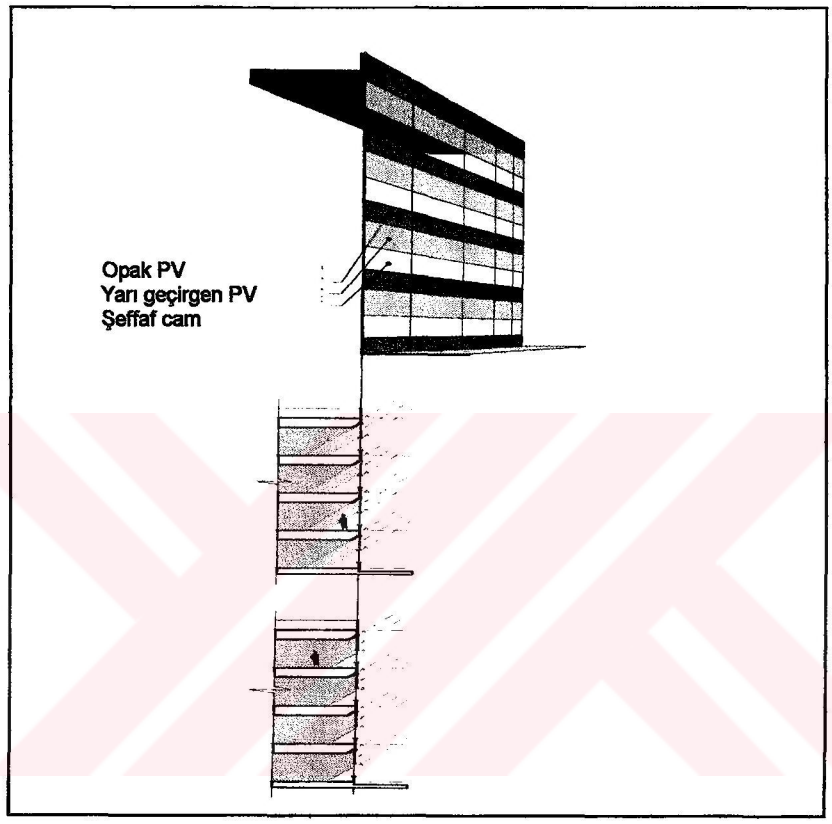
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

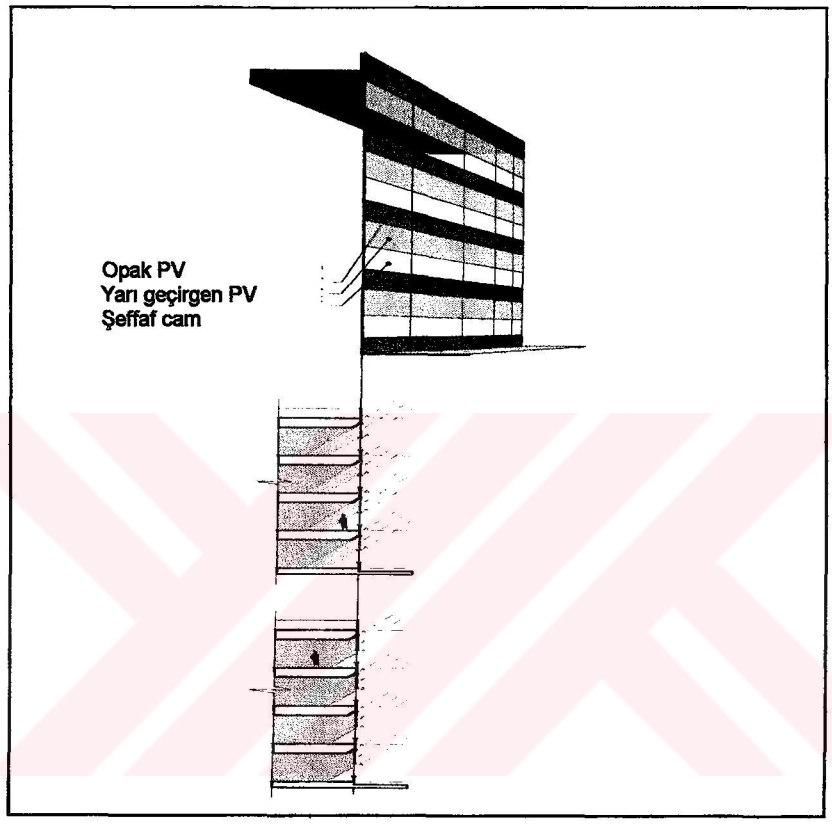
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

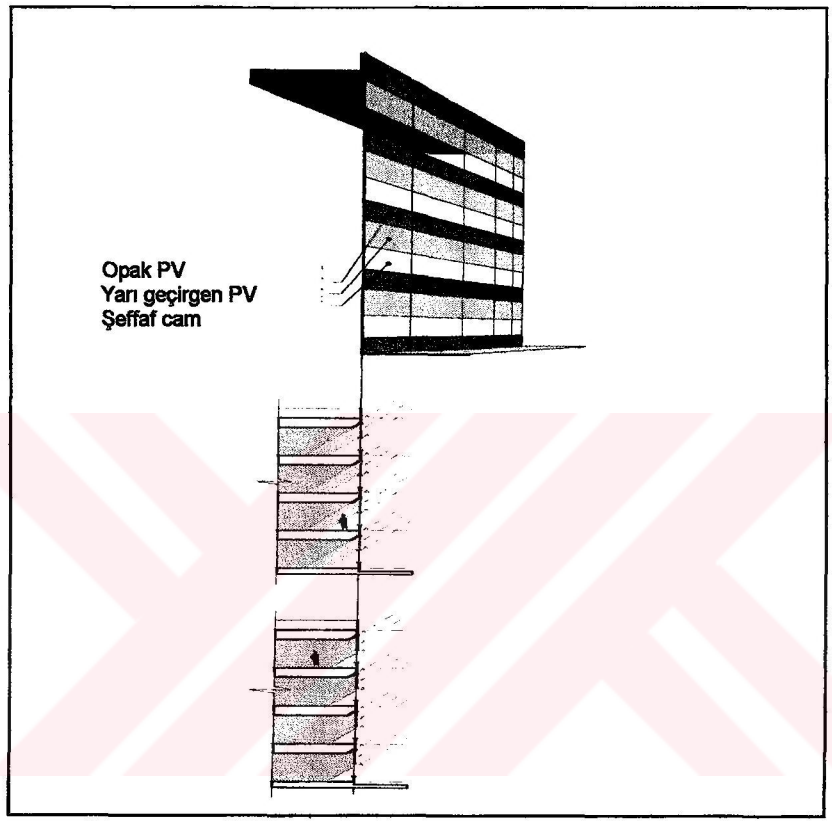
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

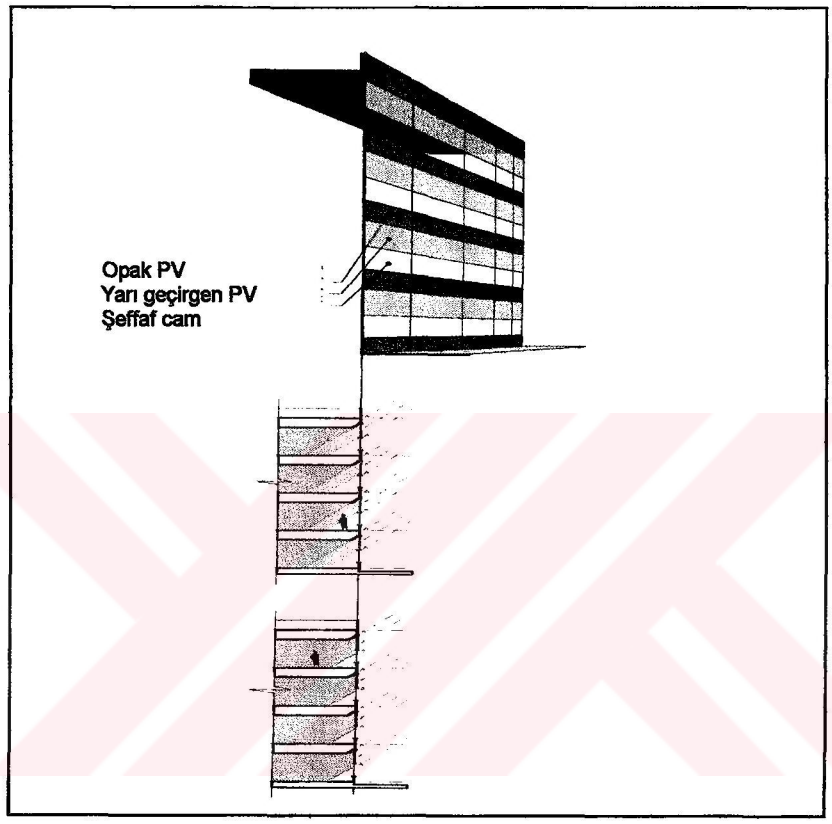
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

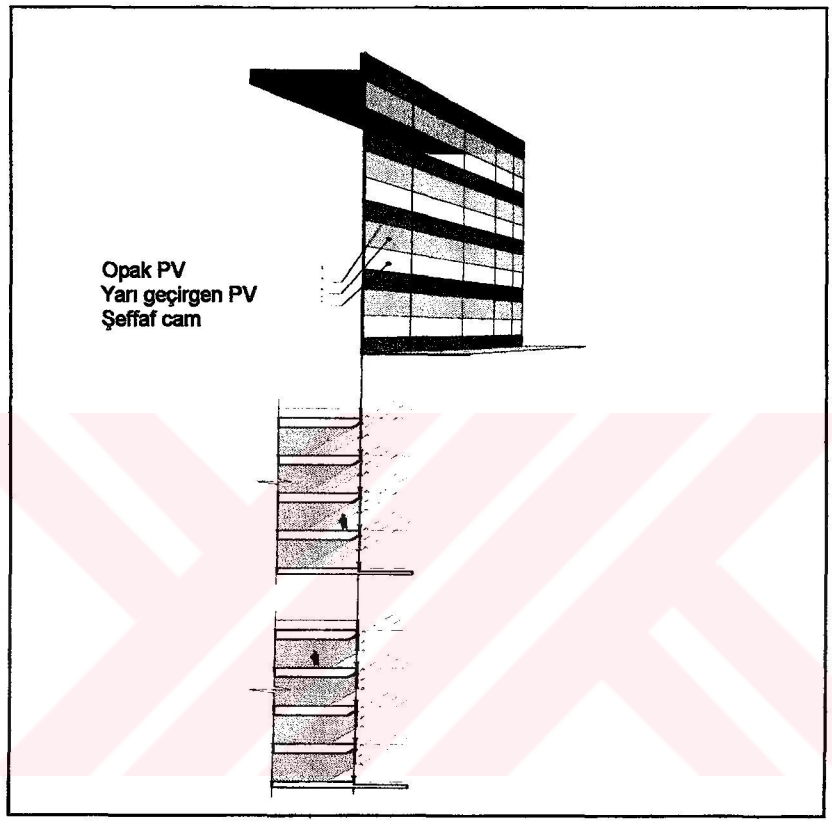
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

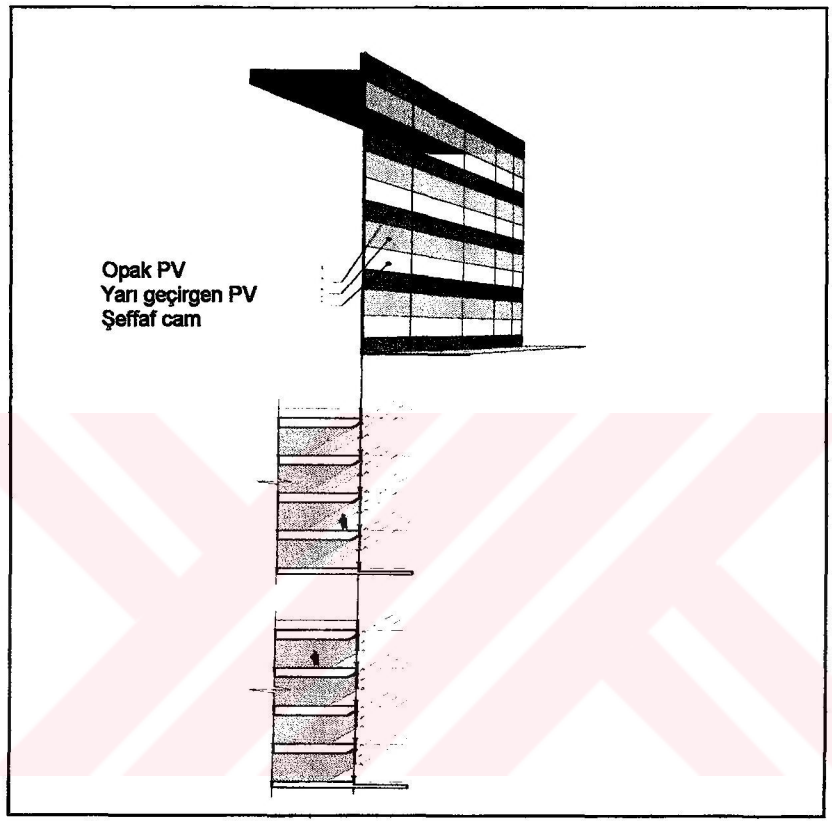
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

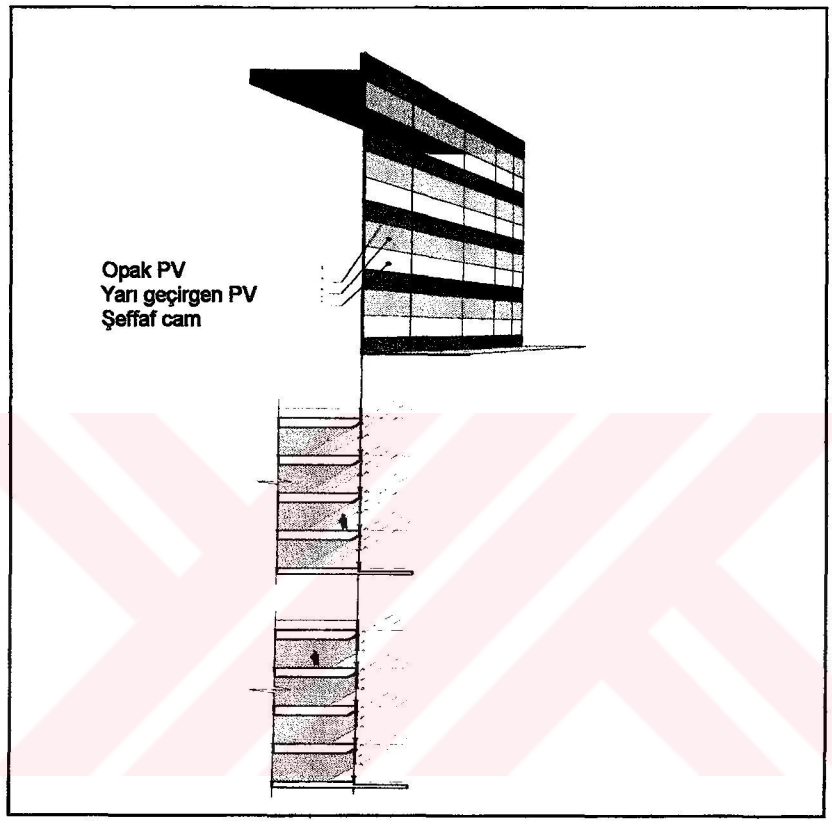
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

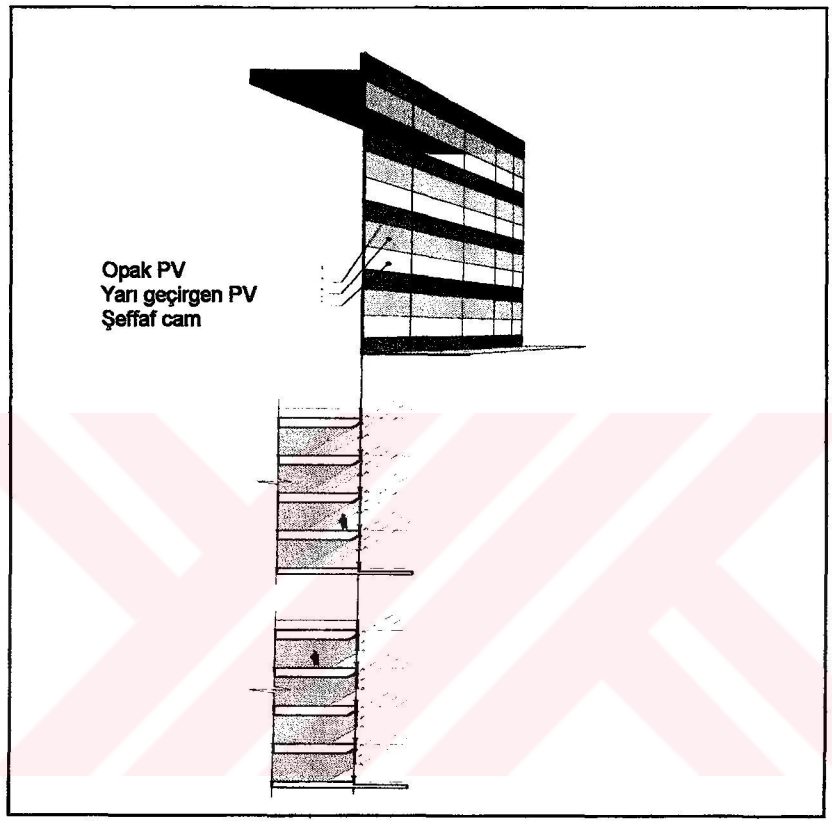
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

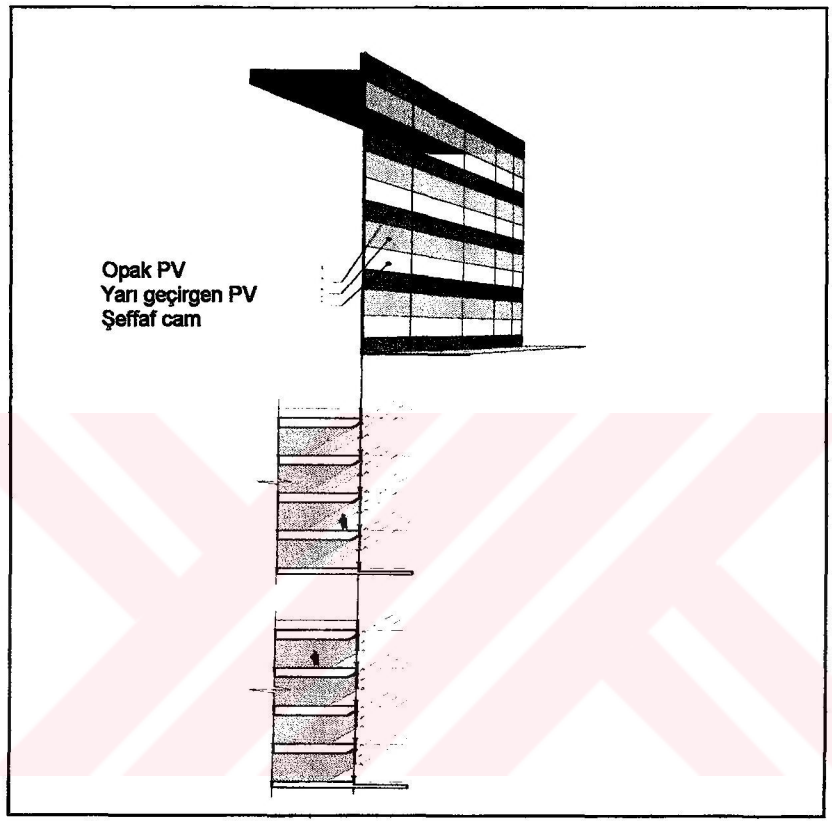
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

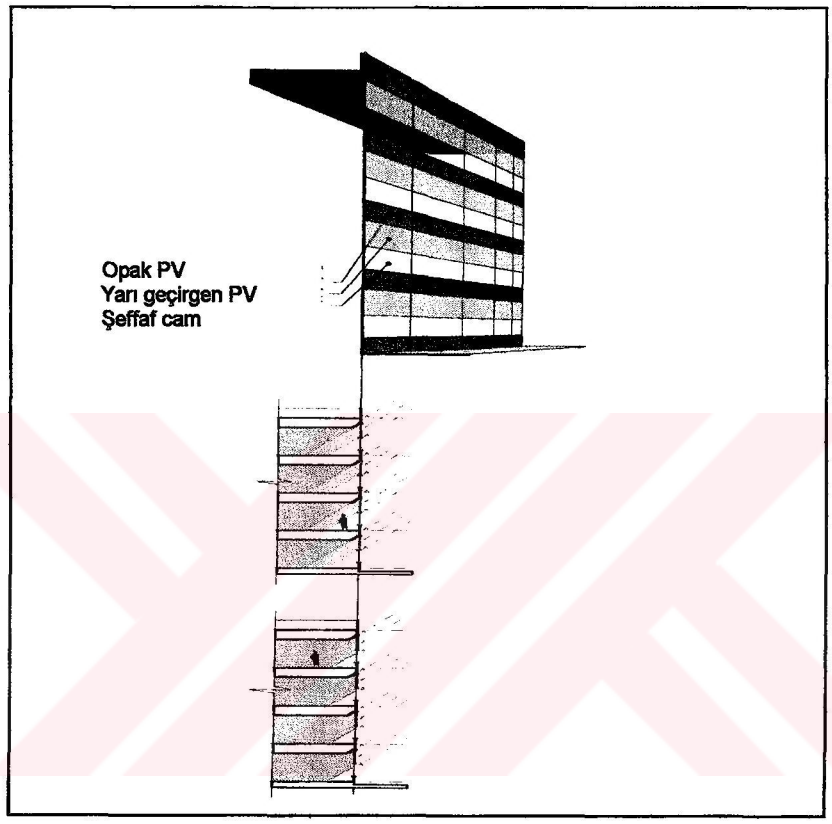
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

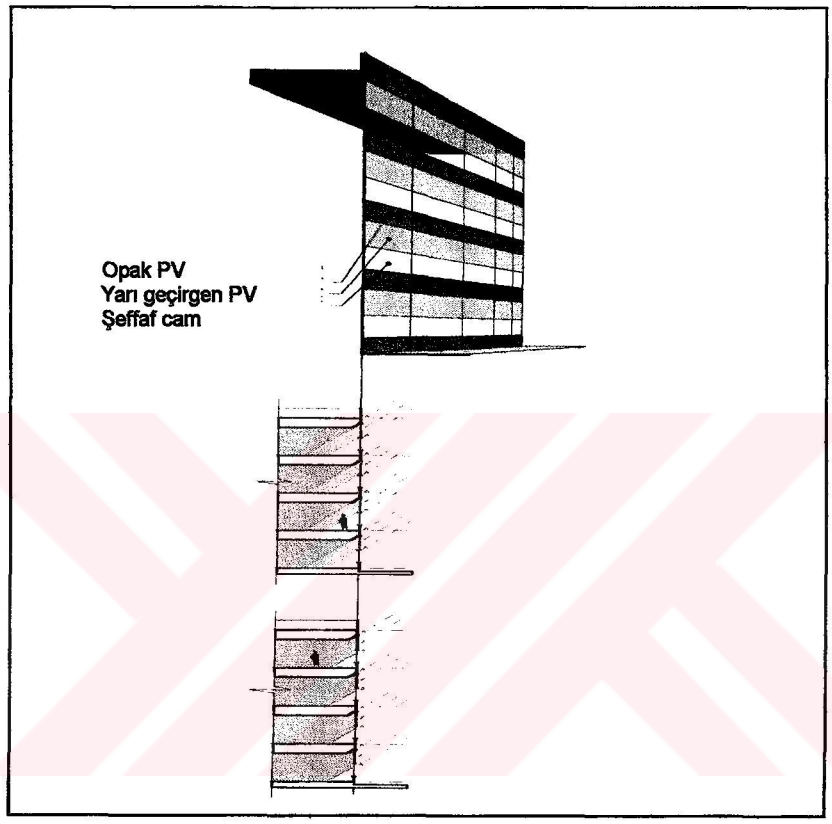
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

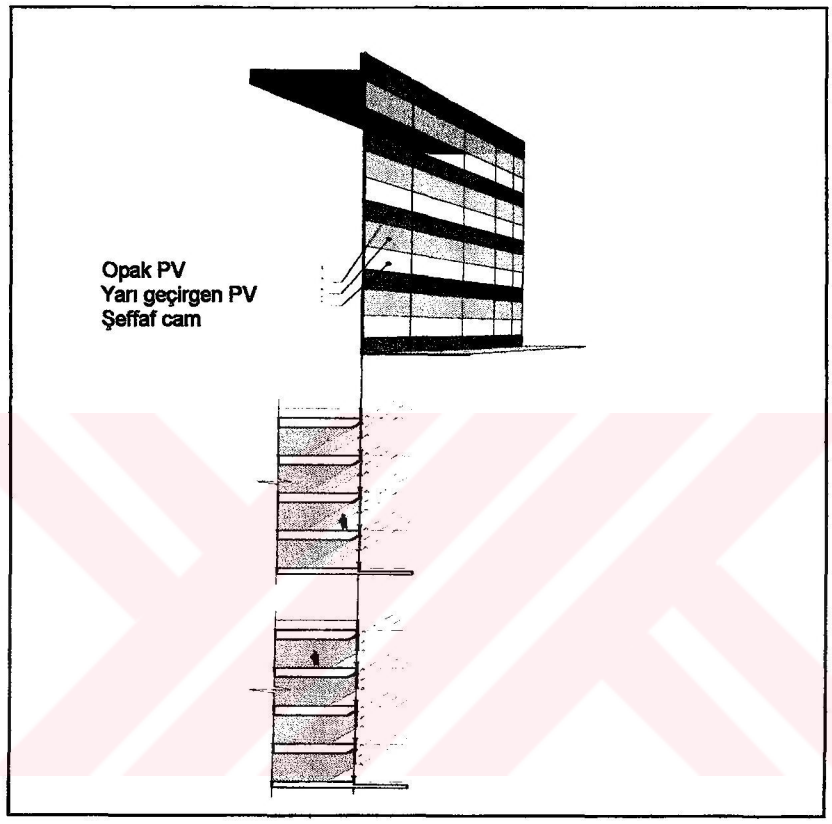
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

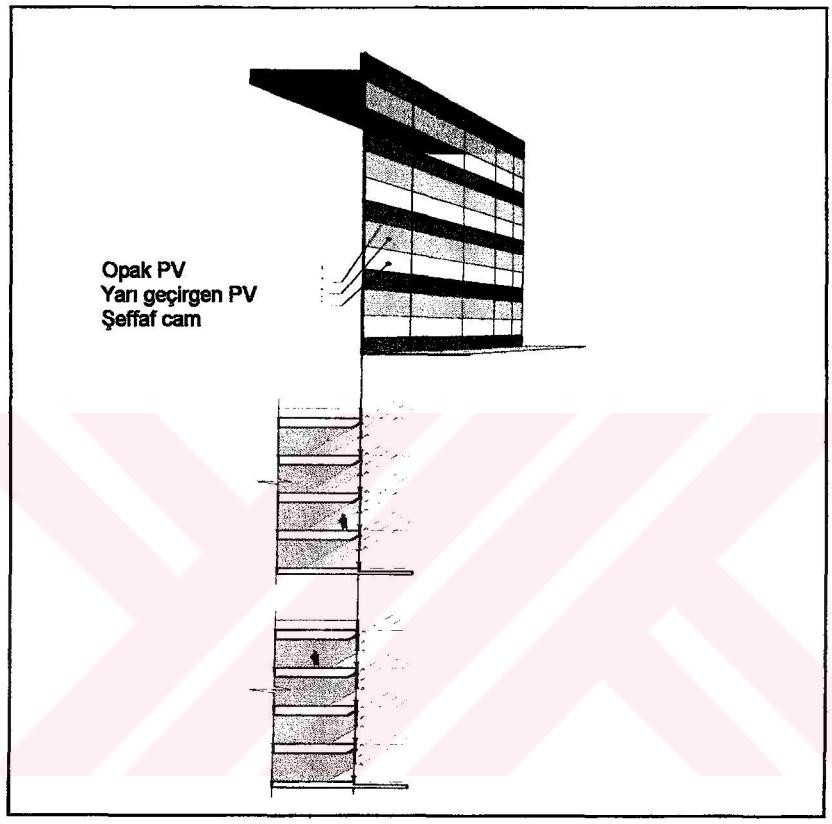
doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

doğal ışığın içeriye girmesi kontrol altına alınabilir ve döşeme servis mekanları gizlenebilir. İkinci olarak ise, yarı geçirgen PV panellerin cam ile birlikte kullanılması ile biraz gölgeleme sağlıyorken, binanın içine bir miktar ışığın girmesine de izin verir (Bkz. Şekil 5.8.) [52].



Şekil 5.8. PV panellerin düşeyde düz perde duvar olarak kullanımı

Bununla birlikte çok işlevli PV termal modüller, bir mimari eleman olarak binaların çok yönlü, estetik olanaklarla opak ya da yarı saydam kaplamalarla kaplanmasına izin verir ve herhangi bir kirlilik yaratmaksızın elektrik ve sıcak hava üretir. PV termal çok işlevli modülün bir diyagramı şekil 5.9.'da gösterilmektedir. Çok işlevli modüller bütün elektronik bağlantı sistemiyle birlikte fabrikada üretilir ve geleneksel perde duvar yapımında olduğu gibi bina yapısına monte edilirler. Bu teknoloji ile çok çeşitli dış cephelerin ve çatıların üzerine yerleştirilebilirler [58].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojik gelişmelerle birlikte enerji tüketiminin gün geçtikçe artması; mevcut fosil kökenli enerji kaynaklarının azalması, ekolojik dengelerin bozulması ve çevre kirliliği gibi sorunların boyutlarını giderek büyütmektedir. Dünyada mevcut kaynakların üretim ve tüketiminin bu düzeyde sürdürülmesi durumunda petrol kaynaklarının 40 yıl, doğal gaz kaynaklarının 60 yıl, kömür kaynaklarının ancak 240 yıl kadar daha hizmet vereceği hesaplanmıştır [70]. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin araştırmaların hızla başlatılmasına neden olmuştur. Güneş ve rüzgar enerjisinin yeni enerji kaynakları arayışı çalışmalarında öncelik kazanmasının başlıca nedeni, tükenmez ve temiz olmalarıyla birlikte ekonomik kriterlere dayanmaktadır. Enerji, özellikle enerji kaynakları kısıtlı, enerji gereksiniminin karşılanmasında dışa bağımlı olan ülkeler için büyük sorunlar yaratmaktadır. 1973-1979 yılları arasında yaşanan petrol krizi bunun en önemli göstergesidir.

Enerji tüketiminin önemli bir bölümü, binaların yapay olarak ısıtılması ve iklimlendirme gereksinmelerini karşılama amacı ile kullanılmaktadır. Bu nedenle güneş enerjisinden sadece ısı enerjisi elde ederek yararlanmanın ötesinde, teknolojik gelişmeler doğrultusunda, fotovoltaik modüller aracılığıyla elektrik enerjisi üretme yönündeki çalışmalar hızlandırılmış ve uygulamaya geçilmiştir.

Özellikle 1970'lerdeki PV enerjisinin popülerliği petrol krizi (varili 40$) ve ABD hükümetinin teşvikleriyle canlandırılmış, ancak 1980'lerle birlikte petrol fiyatlarının düşmesi (varili 10$) PV üretimini olumsuz yönde etkilemiştir. Son on yılda ise ekolojik-kriz bilinci nedeni ile PV teknolojisine olan arz üretimin artmasına katkıda bulunmuştur.

Mimaride tasarım aşamasında çeşitli parametreler (yön,binanın formu, malzeme vb...) kullanarak binayı bir güneş enerjisi toplayıcısına dönüştüren edilgen yöntemlerin kullanımının yanı sıra, güneş enerjisini elektrik enerjisine

dönüştüren fotovoltaik panellerin, binaların bir duvar ve çatı bileşeni olarak da çok işlevli kullanımları özellikle bazı Avrupa ülkelerinde, ABD ve Japonya 'da giderek yaygınlaşmaktadır.

PV paneller kullanarak istenilen performansta bir yapı kabuğunun elde edilmesi mümkündür. Mevcut bir duvar ve çatı sistemi üzerinde gerekli işlevleri üstlenen (yağmur perdesi, gölgeleme, ve pencere elemanı olarak) bir bileşen ya da doğrudan o sistemi oluşturan bir bileşen olarak (giydirme cephe, çatı ışıklığı, çatı bitiş malzemesi) kullanılabilirler. Bununla birlikte yarı geçirgen tipleri bina içerisine doğal ışığın kontrollü olarak girmesine izin vererek binanın doğal olarak aydınlatılmasını sağlarlar. Böylelikle binanın elektrik tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunurlar.

Günümüzde uygulama alanı giderek yaygınlaşan (atıksız) fotovoltaik teknolojisinin, uygulamalarda da görüldüğü üzere yüzyılımızda verimli ölçülere ulaşacağı kabul edilmektedir. Şu anda fotovoltaik güç üretimi şebeke gücünden çok daha pahalıdır ve ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Şebeke bağlantılı yerleşim bölgelerinde kullanımları ekonomik olmamaktadır. Ancak üretici firmalar PV üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve PV modül maliyetlerinin düşürülmesi konusunda yoğun olarak çalışmaktadırlar. 1970'li yıllarda watt başına 1000 $ olan PV modüller bugün 7-30 $ arasında satın alınabilmektedir.

Fotovoltaik teknolojisinin elektrik enerjisi üretimi sadece zararlı emisyonları azaltmakla kalmayıp, enerji tasarrufu da sağlamaktadır. örneğin; 100 m^2'lik bir yüzey alanına sahip monokristal yapılı fotovoltaik modüllerin 25 yıllık kullanım süresince 250.000 kW elektrik enerjisi üreteceği hesaplanmıştır. 25 yıl boyunca üretilen enerji 67.000 litre petrol, 70 ton taşkömürü, yaklaşık 195 ton linyit kömüründen elde edilecek enerjiye eşdeğerdir. Kısacası, gezegenimiz 262 ton CO_2 0,26 ton SO_2 ve 0,4 ton Nox'den arındırılmış olacaktır [71].

Basit bir güneş enerjili fotovoltaik sistem (Her biri 36 fotovoltaik pilden oluşan ~6 modüllük bir sistem) ile küçük bir konutta tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık % 10-15'i karşılanabilmektedir. Özel uygulamalarla bu oran %50'ye kadar çıkarılabilecektir. Yakın bir gelecekte ise, binaların elektrik enerjisi gereksiniminin büyük bir bölümünün karşılanmasında kullanılabilecekleri tahmin edilmektedir.

Türkiye'de 2000 yılının ilk yarısındaki barajların olduğu bölgelerin mevsim normallerinin çok altında yağış alması, son yılların en büyük enerji açığını ortaya çıkarmıştır. 1990 yılından bu tarafa gerekli yatırımların yapılmaması, yağış miktarının az olması nedeni ile bazı türbinlerin devre dışı kalması, kaçak enerji kullanımı ve nakil sırasındaki kayıplar enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açığın büyümesine neden olmuştur. Ülkemizdeki tüketilen enerjinin % 60'ı ithalatla karşılanmaktadır. Bu durumun 2010 yılında % 70, 2020 yılında % 75'li rakamlara ulaşacağı tahmin edilmektedir [72].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak ülkemiz için de yaşamsal önemi olan bir konudur. Bu nedenle enerji kaynakları kısıtlı, enerji gereksiniminin karşılanmasında dışa bağımlı olan ve çevre kirliliği büyük boyutlara ulaşmış ülkemizde de geleceğin alternatif enerji kaynağı olan güneş enerjisinden sıcak su elde etmenin ötesinde, binaların iklimlendirilmesi ve aydınlatılmasında yararlanmanın gerekliliği ülke ekonomisi, ekolojik dengelerin korunması ve temiz bir çevre açısından gereklidir.

Bugün için Türkiye'de hiçbir teşvik görmeden serbest piyasa kuralları içerisinde oluşmuş güneş enerjisi sanayi ve güneş enerjisi kullanıcıları vardır. Bu oluşum, güneş enerjisinin sınırlı biçimde de olsa kamuoyunun bir bölümünce tanınmasına ve sınırlı bir pazarın oluşmasına dayanmaktadır. Güneş enerjisinin geniş kitlelere planlı bir biçimde tanıtılmasıyla bu enerjiye olan talebin artırılması gerekmektedir.

Ülkemizde güneş enerjisi yalnız su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanlarının ortaya çıkması için örnek çalışmalar yapılmalıdır.

yapılmalıdır. Yabancı ülkelerde yapılan benzer uygulamalar TV programlarında yer almalıdır.

PV sistemlerin Türkiye'de çok sınırlı biçimde kullanıldığı görülmektedir. Pilot uygulamalarla yaygınlaştırılmaya çalışılmalıdır. Şebeke bağlantılı dağınık PV sistemlerinin kullanılabilmesi için gerekli mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır. PV sistemler ile ilgili araştırma-geliştirme çalışmaları ve uygulamaları, gerek özel sektör gerekse akademik çevrelerce ve devlet desteği ve işbirliği ile geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Berberoğlu, C., N., 1982, Türkiye'nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu, E.İ.T.İ.A. Yayını no: 245/165, s.9,Eskişehir.

2. Kılıç, A., Öztürk, A., 1980, Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, s.1, İstanbul.

3. Bockris, O'M, J., Veziroğlu, T., N., Smith, D., 1993, Güneş Enerjisi, Yeni Yüzyıl Kitaplığı İletişim Yayınları, s.8.

4. Taşdemiroğlu, E., 1988, Solar Energy Utilization Technical and Economic Aspects, Mechanical Engineering Department, Middle East Techinical University, s.2, Ankara.

5. Ceyhan, Haluk ve Diğerleri, 1973, Türkiye'de 1970-1980'lerde Enerji İhtiyacı ve Arzı, Türkiye'nin Enerji sorunu ve Enerji İhtiyacı, Çeltüt Matbaacılık Koll. Şti., s. 3, İstanbul.

6. Twidew, J., Weir., W, Anthony, D.; 1987, Renewable Energy Resources, ELBS Cambridge, s. 204.

7. Günay, S, 1982, Enerji ve çevre sorunları, Verimlilik Dergisi, cilt: 11, s 155.

8. Kılkış, B., Eltez, M., 1994, Jeotermal enerjinin Denizli'de optimum kullanımı ve teknik seçenekler, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, s 10, Denizli.

9. Kaya, A., 1994, Jeotermal enerjide ısıtma, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, , s 98, Denizli.

10. Öncül, N., 1989, Türkiye'de jeotermal enerji, Bilim ve Teknik Dergisi, s 11.

11. Şenocak, G., 1991, Yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye Elektrik Kurumu Dergisi, Sayı, 71, s 24.

12. Boysan, A., 1978, Güneş enerjisinden yararlanma koşulları ile mimarinin bağdaştırılması, Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu, İTÜ, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

13. Göksal, T., 1998, Mimaride Güneş Enerjisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No: 1041, s 1, Eskişehir.

14. Boyle, G., 1996, Renewable Energy Power for a Sustainable Future, Oxford Universty, s 190-191, New York.

15. Doğanay, H., 1998, Enerji Kaynakları, Şafak Yayınevi, s 371-372, Erzurum.

16. Lüle, A., 1997, Hidroelektrik enerji potansiyelimiz ve küçük hidroelektrik santraller, Antalya Çevre Sempozyumu, s 97-98.

17. Akalın, M., 1990, Enerji ve çevre, Türkiye 5. Enerji Kongresi, Genel Raportör Raporları, s 93, Ankara.

18. Genel Enerji Planlaması Çalışmalarının İlk Sonuçları, 1990, Türkiye 5. Enerji Kongresi E.T.K.B. Yayını, s 135, Ankara.

19. Kılıç, N., 1998, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Sektörüne Bakış ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin İrdelenmesi, İzmir Ticaret Odası Yayını, No:56, İzmir.

20. Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi,1998, 1997 Yılı Enerji Raporu, Poyraz Ofset, Ankara.

21. Devlet İstatistik Enstitüsü 2000 Yılı Verileri

22. Ahmed, K., 1994, Renewable Energy Technologies, The World Bank, s. 31, Washington.

23. Ültanır, M., 1996, 21. Yüzyılın eşiğinde güneş enerjisi,Bilim ve Teknik Dergisi, sayı 340.

24. Türkiye'nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları, 1984, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ankara.

25. Deriş, N., 1984, Güneş Evleri, Özyılmaz Matbaası, s.4, İstanbul.

26. Altaş, M., Fikret, H., Çelebi, E., 1997, Enerji istatistikleri, Türkiye 7. Enerji Kongresi, s.84, Ankara.

27. Müller, F., 1997, Die Solartechnik und Ihre Anwendungsmöglichkeiten, DBZ-Zeitschrift, s 36-39.

28. Çolak, M., 1997, Binalarda güneş pili uygulamaları, Güneş Mimarisi ve Güneş Enerjisi Sempozyumu, Antalya.

29. Gonzalo, R., 1994, Energiebewusst Bauen, Wegezum Solaren und Energiesparenden Planen, Bauen und Wohnen, Edition Erasmus.

30. Wachberger, M., Wachberger, H., 1988, Güneş ile İnşa Etmek Pasif Güneş Enerjisi Kullanımı, e+p Konut, yaprak kitabevi.

31. Treberspurg, M., Neues Bauen Mitder Sonne, Springerverlag Wien, New York.

32. Öngen, M. N., 1990, Güneş Enerjisinden Isıtmada Yararlanma, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.L.T., İstanbul.

33. Borand, B., 1997, Mevcut Binalarda Güneş Enerjisinden Yaralanmak için İyileştirme Önerileri, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.L.T., İstanbul.

34. Schuller, M., 1993, Sonnenkollektoren zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie, Detail-Zeitschrift Für Architektur, s 726-727.

35. Harrell, J., 1982, Solar heating and cooling of buildings.

36. Erişti, O, 1991, Güneş Pilleri Aydınlatma Biriminin Araştırma-Geliştirme Sonuç Raporu, E.İ.E.İ. Genel Müdürlüğü, Yayın: 91, s.1, Ankara.

37. Köse, S., 1985, Güneş Pillerinin Verimliliği, AÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.L.T., Eskişehir.

38. Photon Zeitschrift, 1997, Das Solarstrom, s.36-39.

39. Photovoltaic products, http://www.pvsolmecs.com/modules.html.

40. Markvart, T., 1994, Solar Electricity, Jojn Wiley & Sons Ltd., s.1-4, England.

41. Humm, O., Toggweller, P., 1993, Photovoltaik in architektur, Birkhauser Verlag, s.95.

42. Information Fact Sheet, Siting of active solar collectors and photovoltaic modules, http://www.ncsc.ncsu.edu/12siting.html.

43. Güneş Pilleri, 1992, Elektrik İşleri Etüd İdaresi, s.2-3, Ankara.

44.Kaltschmitt, M., Fischedick, M., Wind und Solarstrom im Kraftwerksverbund-Möglichkeiten und Grenzen, C.F. Müller Verlag, s.84.

45. Watt, M. Vd., 1999, Opportunities for the use of Building in NSW, Photovoltaics Special Research Center, Sydney.

46. Özdemir, A., 1998, Güneş pili enerji sistemleri ve EİE'nin uygulamaları, Güneş ve Rüzgar Enerjisinden yararlanılması paneli, İzmir.

47. Roberts, S.,1991, Solar Electricity, Prentice Hall, s. 160-185, New York

48. IEA/OECD, 1997, Enhancing the Market Deployment of Energy Technology, Paris.

49. Charles F.,.Gay, C., 1994, Worldvide Photovoltaic Market Grawth, 1985-2000", Progress in Photovoltaics, s.249-262.

50. Electric power generation, http://www.soton.ac.uk/~solar/ıntro/app4.htm.

51. Solar buildings, http://www.eren.doe.gov/solarbuildings/integrated.html.

52. Building integrated Photovoltaics, http://www.bpsolarex.com/solrex8.pdf.

53. Sick, F., Erge, T., Photovoltaics in Buildings, James & James Ltd., London.

54. Leitprojekt, http://www.solarregion.freiburg.de/projekte/frameset.htm

55. Lord, B., 1993, A Study of The Feasibility of Photovoltaic Modules as a Commercial Building Cladding Component, BP Solar Ltd.,s.1-27, UK.

56. Çelebi, G., Ulukavak, G., 1999, Bina kabuğunda enerji sağlamaya yönelik yeni arayışlar: Fotovoltaik panellerin etkinliği, Mimari Biçimlenmede Yüzey Sempozyumu, Ankara.

57. Lloret, A.vd., 1997, "Lessons Learned in the Electrical System Design, Installation and Operation of the Mataro Public Library, Proceedings of 14 th European PV Solar Energy Conference, s.1659-1664, Barcelona.

58. Lloret, A., 1997, A technical description of the Pompeu Fabra Library of Mataro, Joule II CT92-046 of the European Commission General Direction XII, Barcelona.

59. Kiss, C., A., 1993, Building Integrated Photovoltaics, NREL, Colorado.

60. Photon das Solarstrom-Magazin, Marz-April 1999, 2.99, s. 41-43.

61. Feature, http://www.edcmag.com/archives/3-00-7.htm.

62. Photovoltaics in Architecture 4, http://www.bear.nl/bearpvtxt4.html.

63. BIPV transparent http://www.epv.net/Bipxtransprnt/BIPVtransprnt.html.

64. Hullmann, H.,1999, Photovoltaik in Gebauden Fraunhofer IRB Verlag, Hannover.

65.Photon das Solarstrom-Magazin, Sep-Oktober, 5-98, Expo 2000 Hannover (Dieweltausstellung), s.98.

66. Photon das Solarstrom- Magazin, Mai-Juni 1999, s.42-46.

67. Photon das Solarstrom-Magazin, Photonspecial, 5.99, s.42.

68. Langer, H., Erge, T., Hoffmann, V.U., 1994, Photovoltaik stand der technik, DBZ- Deutsche Bauzeitschrift, sayı: 21, s.97-102.

69. HotelOnline, http:www.hotelonline.com/Neo/News/PressReleases1998/ MaunaLani_SolarEnergy_...

70. Şahin, V., 1994, Enerji sektöründe geleceğe bakış, TÜSİAD Yayını,No:TÜSİAD-T/94, İstanbul, s.75.

71. Lowentien, V., 1994, Fassaden mit photovoltaischen elementen, DBZ-Deutsche Bauzeitschrift, s.113-120.

72. Kaya, M., 2000, Yenilenebilir enerji kaynakları, Enerji Paneli, Eskişehir.

EKLER

EK-1.

Fotovoltaik Sistem Boyutlandırılması İle İlgili Örnekler

Bir binanın güneş enerjisi ile elektrik gereksinimini karşılamada fotovoltaik sistem boyutlandırması ile ilgili hesaplamalar Brezilya'da (Sao Paola) küçük bir ev ve orta büyüklükte bir kurum için yapılmıştır.

Sistem boyutunun belirlenmesi için öncelikle binada kullanılacak aletler ve toplam günlük elektrik gereksinimi hesaplanır. Hesaplamada kullanılacak formül aşağıda verilmiştir.

Aletin gücü W	x	Aletin beklenen Kullanım süresi (saat olarak)	=	Bir aletin günlük gereksinimi (gün için W olarak)

Aşağıdaki çizelgelerde küçük bir evin ve orta büyüklükteki bir ev ya da kurumun günlük elektrik gereksinimi hesaplanmıştır.

Çizelge Küçük bir evin günlük elektrik gereksinimi

Aletler	Alet gücü W	Beklenilen Günlük kullanım (saat)	Elektrik Gereksinimi (Günlük W)
Oturma odası için tüp lamba	8	4	32
Mutfak için tüp lamba	8	3	24
Banyo için filaman lamba	10	0,5	5
Yatak odası (1) için filaman	10	0,5	5
lamba	10	0,5	5
Yatak odası (2) için filaman	15	3	45
lamba	5	4	20
Küçük siyah/beyaz TV			
Kasetçalar			
		Günlük Toplam Gereksinimi	136(W/gün)

Çizelge Orta büyüklükte bir güneş enerjisi sistemi için elektrik gereksinimi

Devre Türü	Aletin Detayları	Devrenin Gücü (W)	Günlük Kullanım (Saat)	Elektrik Gereksinimi Zorunlu	Zorunlu olmayan
Aydınlatma	Blok A, 2 tüp (her biri 15w)	30	3	90	
Aydınlatma	Blok B, 2 tüp (her biri 15w)	30	3		180
Aydınlatma	Yatakhane, 4 tüp (her biri	60	1	60	
Aydınlatma	15w)	48	3		144
Aydınlatma	Dış, 6 tüp (her biri 8w)	64	1	64	
Priz	Wc, 8 ampul (her biri 8w)	40	4		160
Priz	Zaman ayarlı düğmeler kasetçalar	1,5	12	18	
Her iki devre için ara toplam (W/gün)				232	484
Günlük elektrik gereksinimi (günlük W toplamı)					716 W/gün

Çizelgelerden görüleceği üzere küçük evin günlük elektrik gereksinimi 136 Wh/gün, Orta büyüklükteki ev ya da kurum için ise 716 Wh/gün olarak hesaplanmıştır.

Bir modülden elde edilecek günlük çıktı, aşağıdaki formülle hesaplanır.

Bir modülün işlem akımı	X	Günlük ışınım (günlük zirve saatler)	X	12 (V)	=	Bir modülün günlük üretimi (12 V'ta günlük Wh)

Bir modülün işlem akımı o modül içinden geçen akım miktarıdır.Örnekte bir 3.2 amperlik yük akımına sahip modüller kullanılmıştır. Günlük ışınım eğrileri, bölgenin enlem açısına göre eğimlendirilmiş modüller içindir ve bu eğriler günlük 1000 W/m^2 olacak şekilde zirve-saat birimleridir. Günlük zirve saatler

Sao Paola için 4.5 ve 5.0 olarak çizilmiş eğriler arasındadır.4.5 eğrisine daha yakın oluğu için bu değer 4.6 olarak alınmıştır. (Ek–2'de Dünyanın değişik kıtalarında bulunan ülkeler için günlük ışınım eğri haritaları verilmiştir.)

Bir modülün üretimi bataryada şarj olduğundan 12 ile 15 V ve üstü arasında değişmektedir ve bu formülde 12 Volt kullanılmıştır. Çünkü bu, aletlerin gerçekte kullandığı elektrik voltajıdır.

Elde edilen değerleri formülde kullanarak günlük elektrik çıktısı;
3,2 x 4,6 x 12 = 177 Wh günlük
Diğer üç dönem için de günlük elektrik çıktısı bu şekilde hesaplanır ve tabloya kaydedilir. En düşük değer Haziran-Ağustos dönemi için 157 Wh bir günlüktür.

modülün günlük elektrik çıktısı hesaplandıktan sonra modül sayısını belirlemek için aşağıdaki formül kullanılır.

İhtiyaç duyulan minimum modül sayısını hesaplama formülü:

Aletlerin günlük gereksinimi (günlük W saat)	x	100 %	÷	Bir Modülün günlük üretimi (12V'da günlük W saat)	÷	Bataryanın şarj etkililiği %	=	İhtiyaç duyulan minimum modül sayısı

Örneğimizde, bir modülden en düşük aylık ortalamada günlük elektrik üretiminin gün başına 157 W saat olduğu kabul edilmiştir. Okulun günlük alet gereksinimi 716 Wh/günlüktür. Batarya şarj etkililiği yüzde 80 olarak kabul edilmiştir. Buna göre, 716 x 100 ÷ 157 ÷ 80 = 5,70 Böylelikle ihtiyaç duyulan minimum modül sayısı 6'dır. Bu sonucun üstündeki en yakın tam sayı kullanılmalıdır. Elde edilen sonucun en üstündeki en yakın çift sayı

kullanılmalıdır. Çift rakamlı sayıda modül, çünkü modüller 24 V' ta işleyebilmesi için kablolarla seri olarak çifter bağlanır.

Batarya sayısını belirlemek için aşağıdaki formülden yararlanılır. İhtiyaç duyulan kullanılabilir kapasite, şöyle hesaplanabilir:

Aletlerin günlük Gereksinimi (günlük W saat)	X	Gerekli olan depolama süresi (gün)	÷	12 V	=	İhtiyaç duyulan günlük kullanılabilir kapasite (12V'ta A saat)

Örneğe göre; ihtiyaç duyulan günlük kullanılabilir batarya kapasitesi:
716 x 5 ÷ 12 = 298 A saat, 12 Volt' ta

İhtiyaç duyulan batarya sayısı kullanılabilir kapasite ve döngü derinliği kullanılarak şöyle hesaplanabilir:

İhtiyaç duyulan toplam kullanılabilir kapasite (12V'ta A saat)	X	100 %	÷	12 Volt'luk bir batarya için tanımlanmış full kapasite (A saat)	÷	Döngülerin Max. derinliği %	=	İhtiyaç duyulan 12V bataryaları n minimum sayısı

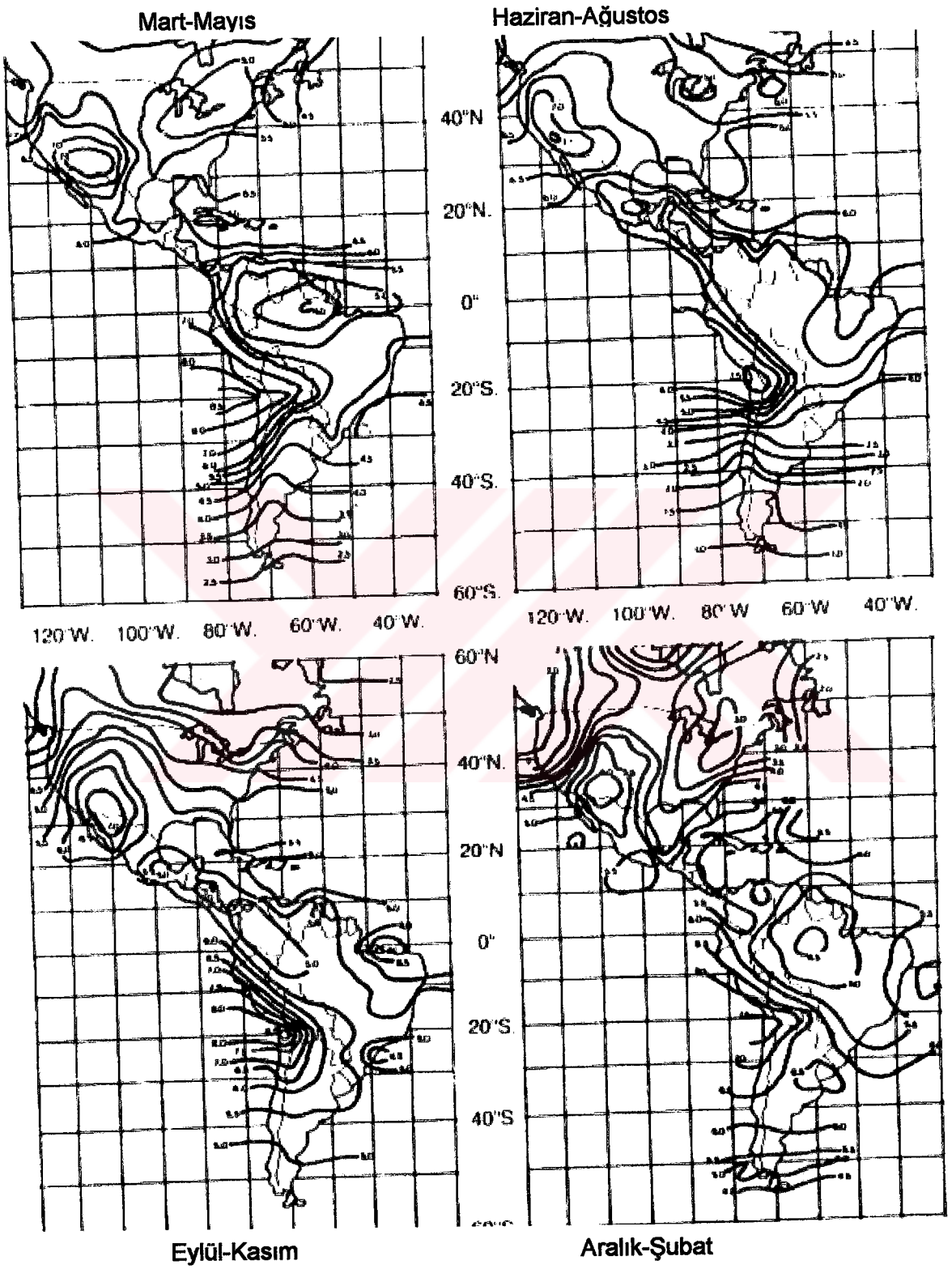
Bu sonuç, ihtiyaç duyulan batarya sayısını elde etmek için kullanılır. Bu sistem için seçilen bataryaların her biri 110 Amper saat kapasiteye sahiptir. Bu bataryalar kurşun-asit bataryalardır ve derin döngülü işleyişe sahiptir ve %60 derinliğe kadar deşarj (boşaltma) edilebilir.

İhtiyaç duyulan batarya sayısı:
298 x 100 ÷ 110 ÷ 60 = 4,52

Böylelikle ihtiyaç duyulan batarya sayısı beştir. Eğer sistem voltajı 24V ise altı batarya gereklidir. Çünkü altı, 4,52'nin üstündeki en yakın çift sayıdır.

EK-2

Farklı Kıtalarda Bulunan Ülkeler İçin Günlük Işınım Eğri Haritaları

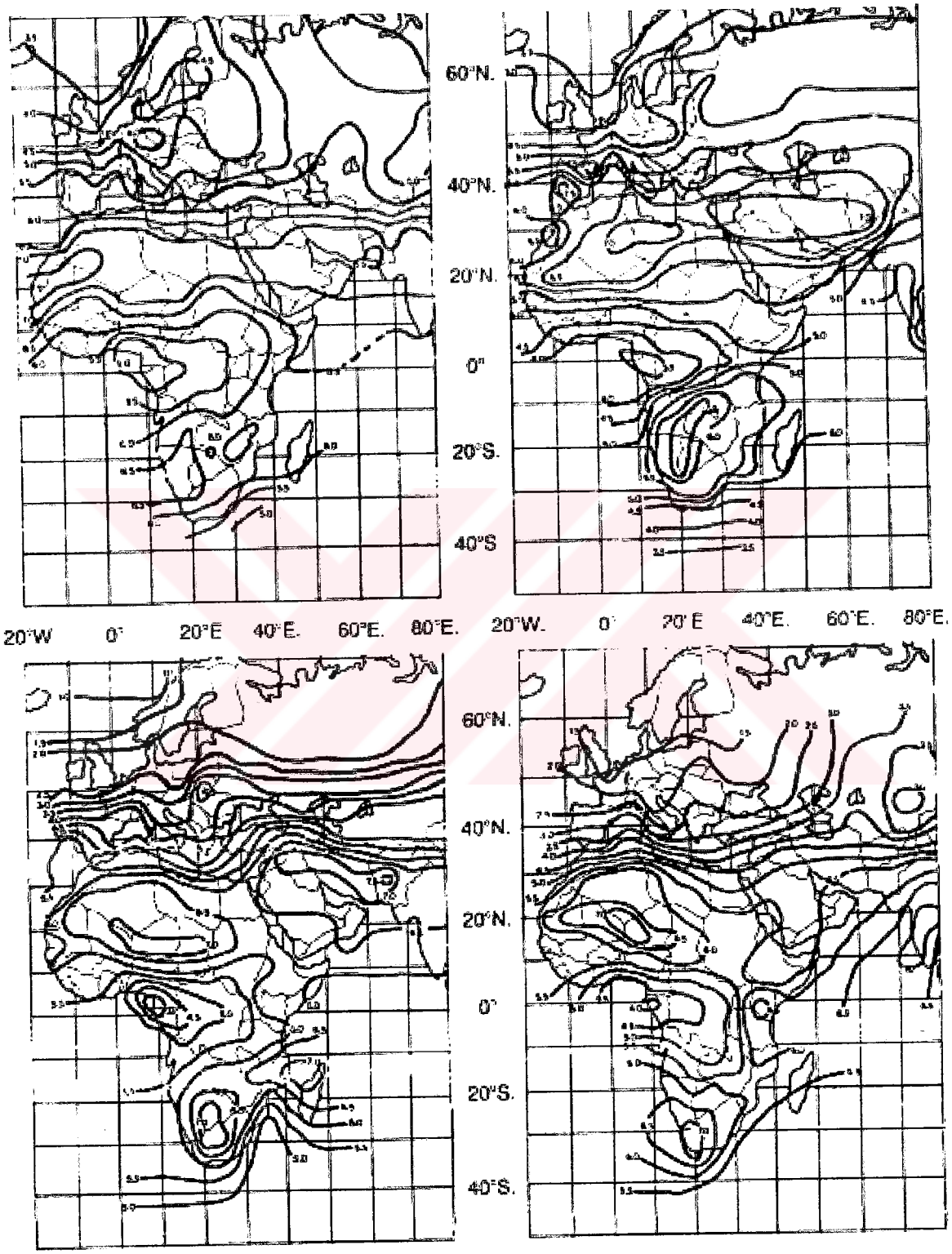


Kuzey ve Güney Amerika (30° ile 130° W arasındaki boylamlar)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Mart-Mayıs

Haziran-Ağustos



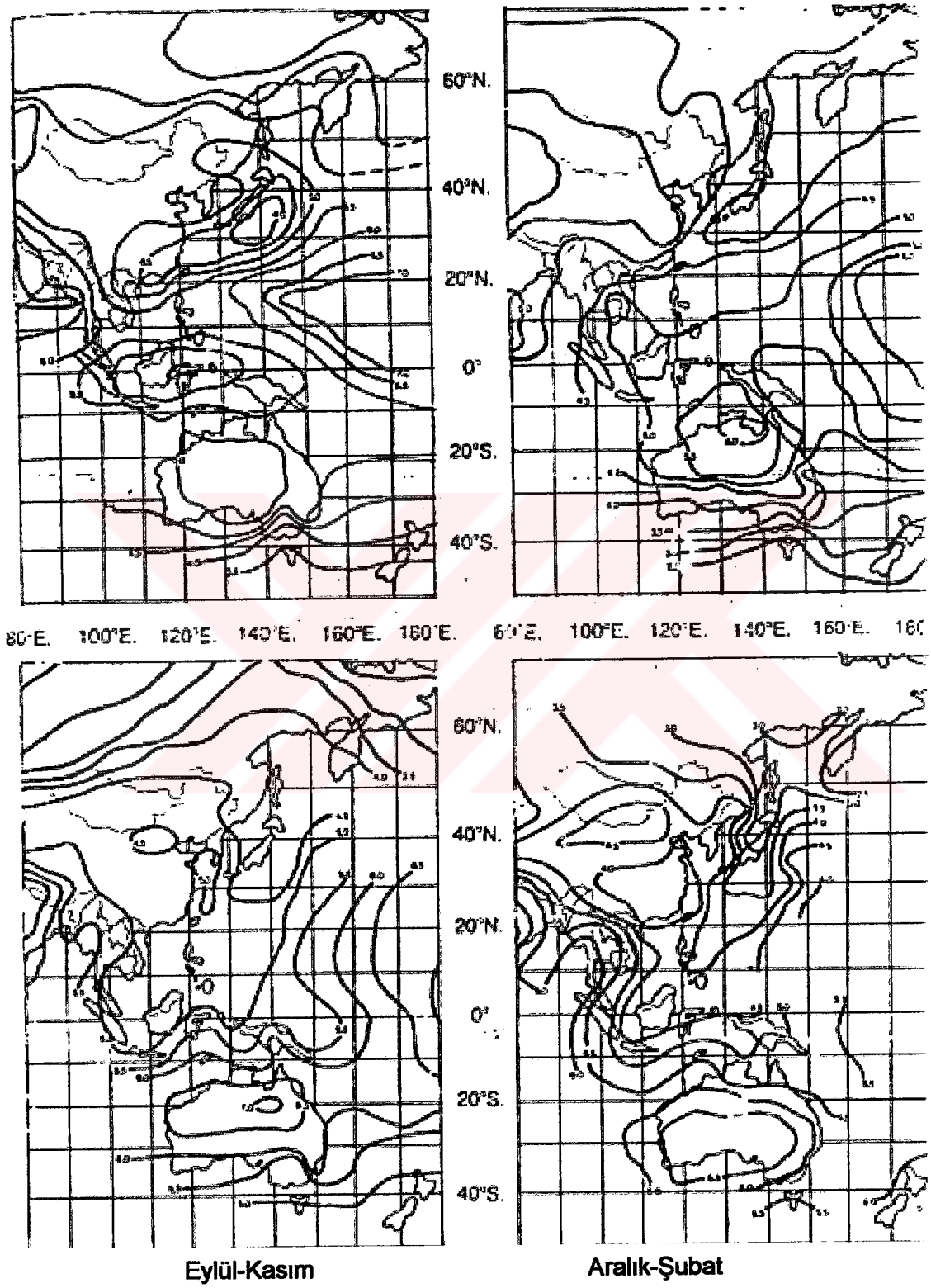
Eylül-Kasım

Aralık-Subat

Avrupa, Orta Doğu ve Afrika (20°W ile 80° E arasındaki boylamlar)

Mart-Mayıs

Haziran-Ağustos



Eylül-Kasım

Aralık-Şubat

Uzak Doğu Avustralya ve Yeni Zelanda (80ºE-180º arasındaki boylamlar)

ÖZGEÇMİŞ

18.06.1966'da Eskişehir'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir'de tamamladı. 1984 yılında Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde başladığı eğitimini 1990 yılında tamamladı. 1990-1996 yılları arasında çeşitli mühendislik- mimarlık bürolarında mimar olarak çalıştı. 1996 yılında, Anadolu Üniversitesi Engelliler Entegre Yüksekokulunun Yapı Ressamlığı Ön Lisans ve Mimarlık Lisans programlarında öğretim görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı kurumda görevini ve aynı zamanda 1998-1999 öğretim yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalında başladığı Yüksek Lisans öğrenimini sürdürmektedir.