



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mimarlık Anabilim Dalı - Yapı Teknolojileri Programı

GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMAK AMACI İLE
FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yüksel YÜCEL

136101001

Danışman: Prof. Dr. Yıldız SEY

İstanbul, 2016



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mimarlık Anabilim Dalı

GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMAK AMACI
İLE FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA
KULLANIMI

Yüksek Lisans Tezi

Yüksel YÜCEL

T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

10/03/2016

Enstitümüz *Mimarlık* Anabilim dalı yüksek lisans öğrencilerinden **136101001** numaralı *Yüksel YÜCEL'in* "İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddesine göre hazırlayarak, Enstitümüze teslim ettiği "**GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMAK AMACI İLE FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA KULLANIMI**" konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 03.03.2016 tarih ve 2016/02 sayılı toplantısında seçilen ve Sefaköy Yerleşkesinde toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, ilgili yönetmeliğin 48. Maddesi gereğince 60 dakika süre ile aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında oybirliği ile Kabul kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 3 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü' ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.


DANIŞMAN
PROF.DR. YILDIZ SEY


ÜYE
PROF.DR. AHMET METE TAPAN


ÜYE
YRD.DOÇ.DR. YAŞAR NURİ SEVGEN

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Güneş Enerjisinden Yararlanmak Amacı İle Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterdiğimi ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Mart, 2016

Yüksel YÜCEL

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin.....yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

11/04/2016
Yüksel YÜCEL

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMAK AMACI İLE FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA KULLANIMI

Yüksel YÜCEL

Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yıldız SEY

Mart, 2016 - 233 sayfa

Dünyada kullanılmış olduğumuz enerji kaynaklarının büyük bir bölümünü fosil tabanlı (kömür, petrol, doğalgaz gibi) enerji kaynakları oluşturmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının günümüzde giderek azalması ve birçok enerji kaynağının ise tükenme noktasına gelmesi insanları yeni enerji arayışlarına yönlendirmiştir.

Dünyada sonsuz enerji kaynağı olan güneş ise fosil kaynaklara alternatif olan enerji arayışlarının en başında gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için fotovoltaik güneş pilleri ve bu pillere bağlı fotovoltaik sistemler geliştirilmiştir.

Kullanılan enerjilerin büyük bir bölümü binalarda tüketilmektedir. Yaklaşık olarak bu oran tüm enerjilerin içerisinde %30 dur. Binalarda tüketilen enerjilerin yenilenebilir enerji sistemlerinden sağlanması amacıyla fotovoltaik sistemler binalarda; çatı ve cephelerde uygulanmaya başlanmıştır.

Bu tez araştırmasında fotovoltaik sistemlerin binalarda uygulama biçimleri, diğer yapı alt bileşenlerinde kullanılması ve çevre birimlerinde uygulamaları, dünyada ve Türkiye’de fotovoltaik sistemlerin kullanımına ilişkin örnekler, dünyada ve Türkiye’deki güneş enerjisi sistemlerine olan teşvik ve destekler araştırılmış ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Fotovoltaik, Fotovoltaik Sistemler, Güneş, PV

ABSTRACT

USING PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN CONSTRUCTIONS TO BENEFIT FROM SOLAR ENERGY

Yüksel YÜCEL

Master Thesis, Architecture Department

Advisor: Prof. Dr. Yıldız SEY

March, 2016 - 233 page

A major portion of the energy resources used in the world are fossil based (coal, oil, natural gas, etc.) energy resources. Nowadays, reduced fossil and almost exhausted most of energy resources are forced people to find new energy resources.

Sun that provide eternal solar energy, leads to alternative of fossil energy resources. Photovoltaic sun batteries are developed to obtain electrical energy from solar energy that is renewable energy resource. And the photovoltaic systems are developed depending on these photovoltaic batteries.

Large amount of energy are consumed by buildings. This rate is approximately 30% of whole energy. Photovoltaic systems are applied on roof and facade of buildings to provide required energy by renewable energy.

In this study, application forms of photovoltaic systems in buildings, using photovoltaic systems in other infrastructure components and applications on peripherals, samples of the use of photovoltaic systems in the world and in Turkey, encouragement and support on solar energy systems in the world and in Turkey; are searched and recommendations are provided.

Key Words: Renewable Energy, Photovoltaic, Photovoltaic Systems, Solar, PV

ÖNSÖZ

Tez çalışmasında güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi açısından güneş enerjisi, fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanılması, dünyada ve Türkiye’deki uygulama örnekleri, fotovoltaik sistemlerin kullanımına yönelik devlet teşvikleri, sistemin avantajları, ülkemizdeki ve dünyadaki durumu araştırılmış ve öneriler sunulmuştur.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana yön veren engin bilgi ve tecrübesinden faydalandığım çok kıymetli hocam Prof. Dr. Yıldız SEY’ e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yaşamım boyunca hep yanımda olan en büyük destekçim anneme, aileme ve bana bu çalışma süresince destek olan en değerlim, eşim Mimar Sümeyye Şura YÜCEL’ e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL, 2016

Yüksel YÜCEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
TABLolar LİSTESİ	xvi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xix

1. BÖLÜM

GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	4
1.2. Çalışmanın Kapsamı	5
1.3. Çalışma Yöntemi ve Plan	6

2. BÖLÜM

GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ	7
2.1. Güneşin Yapısı	7
2.2. Güneş Enerjisi	9
2.3. Güneş Enerjisi Dönüşümleri	11
2.3.1. Güneş Enerjisinin Isı Enerjisine Dönüşümü	12
2.3.2. Güneş Enerjisinin Elektrik Enerjisine Dönüşümü	13
2.3.3. Su Gücü İle Mekanik Enerjinin Elektrik Enerjisine Dönüşümü (Hidrolik Sistemler)	13
2.3.4. Rüzgar Türbinlerinden Elektrik Enerjisi Dönüşümü	13
2.3.5. Biokütle Enerjisinden Elektrik Enerjisi Dönüşümü	14
2.3.6. Fosil Yakıtların Isı Enerjisiyle Elektrik Enerjisi Dönüşümü ...	15
2.3.7. Güneş Mimarlığı Uygulamaları	15
2.4. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	16
2.5. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	16
2.6. Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi Ve Türkiye'deki Yeri	19

3. BÖLÜM

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE ÖZELLİKLERİ	21
3.1. Fotovoltaik Sistemlerin Tanımlanması.....	21
3.2. Güneş Hücrelerinin Yapısı Ve Fotovoltaik Sistem	21
3.2.1. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri.....	23
3.2.1.1. Alüminyum Çerçevesiz ve Camlı Modüller	24
3.2.1.2. Çerçevesiz Modüller.....	24
3.2.1.3. Metal Tabanlı Modüller.....	25
3.2.1.4. Çift Yüzeyle Modüller.....	25
3.2.1.5. Aküler	26
3.2.1.6. Şarj Denetim Birimleri (Regülatör)	26
3.2.1.7. İntertörler	26
3.2.1.8. Diğer Sistem Bileşenleri.....	27
3.3. Güneş Hücresi Çeşitleri	27
3.3.1. Kristal Silisyum Güneş Hücresi	29
3.3.1.1. Monokristal Silisyum Güneş Hücresi (c-Si, SIN)	29
3.3.1.2. Polikristal Silisyum Güneş Hücresi (Poly-Si)	29
3.3.2. İnce Film Güneş Hücresi	31
3.3.2.1. Amorf Silisyum Güneş Hücresi.....	31
3.3.2.2. Kadmiyum Tellür Güneş Hücresi.....	32
3.3.2.3. Bakır İndiyum Diselenid Güneş Hücresi	33
3.3.3. Gelişme Aşamasında Olan Diğer Hücre Teknolojileri.....	34
3.3.3.1. Gallium Arsenide (GaAs).....	34
3.3.3.2. Dye-Sensitized (DSC) Hücreler	34
3.3.3.3. Organik Ve Nano Kristal Güneş Hücresi	34
3.4. Güneş Hücresi Etkinliklerinin Karşılaştırılması.....	35
3.5. Fotovoltaik Sistem Türleri.....	36
3.5.1. Tekil Sistemler.....	37
3.5.2. Şebekeye Bağımlı Sistemler	38
3.5.3. Şebekeden Bağımsız Sistemler.....	39
3.5.4. Karma Sistemler	40
3.6. Fotovoltaiklerin Tarihçesi.....	41

4. BÖLÜM

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA KULLANIMI.....	45
4.1. Fotovoltaik Sistemlerin Kullanıldığı Binalar	47
4.2. Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları Ve Dezavantajları.....	48
4.2.1. Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları.....	48
4.2.2. Fotovoltaik Sistemlerin Dezavantajları	49
4.3. Fotovoltaik Sistemlerin Enerji Girdilerini Etkileyen Faktörler	49
4.3.1. Konum	50
4.3.2. Yönlendirme ve Yüzey Eğim Açısı.....	53
4.3.2.1. Deklinasyon Açısı.....	53
4.3.2.2. Saat Açısı	55
4.3.2.3. Enlem Açısı	56
4.3.2.4. Zenit Açısı	56
4.3.2.5. Güneş Yükseklik Açısı	57
4.3.2.6. Azimut Açısı.....	58
a) Yüzey azimut açısı	59
b) Geliş açısı.....	60
4.3.3. Gölgeleme.....	60
4.3.4. Panel Tipi.....	62
4.3.5. Bakım Ve Temizlik	63
4.3.6. Modüllerin Arkasında Oluşan Sıcaklık	64
4.3.7. Dış İklimsel Koşullar	65
4.3.8. Peyzaj Ve Bitki Örtüsü	66
4.3.9. Form ve Renk	66
4.3.10. Kamaşma	67
4.4. Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı	68
4.5. Fotovoltaik Sistemlerin Binalara Entegrasyonu	68
4.5.1. Fotovoltaik Sistemlerin Çatılarda Kullanımı.....	71
4.5.1.1. Düz Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı	73
4.5.1.2. Eğimli Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı.....	76
4.5.1.3. Eğrisel Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı	84
4.5.1.4. Testere Dişli Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı	86
4.5.1.5. Atriyumlarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı.....	87

4.6. Fotovoltaik Sistemlerin Çatılarda Kullanım Avantaj ve Dezavantajları	88
4.7. Fotovoltaiklerin Cephe Elemanı Olarak Kullanılması	93
4.7.1. PV'lerin Giydirme Cephe Elemanı Olarak Kullanımı	95
4.7.1.1. Düzlemsel Kırıklı Cepheler	96
4.7.1.2. Düşeyde Kırıklı Giydirme Cepheler	97
4.7.1.3. Yatayda Kırıklı Giydirme Cepheler	98
4.7.1.4. Akordeon Giydirme Cepheler	100
4.7.1.5. Eğimli Düzlemsel Giydirme Cepheler	101
4.7.1.6. Eğimli Kırıklı Giydirme Cepheler	102
4.8. Fotovoltaiklerin Gölge Elemanı Olarak Kullanılması	104
4.8.1. Yatay Güneş Kırıcılar	106
4.8.2. Düşey Güneş Kırıcılar	106
4.8.3. Sabit Güneş Kırıcılar	107
4.8.4. Hareketli Güneş Kırıcılar	107
4.9. Fotovoltaik Sistemlerin Yağmur Perdesi Olarak Kullanılması	110
4.9.1. Tek Cidarlı (Cold Facades) Cepheler	111
4.9.2. Çift Cidarlı Cepheler	113
4.9.2.1. Fotovoltaiklerin Çift Cidar Olarak Kat Yüksekliğinde Kullanılması	116
4.9.2.2. Fotovoltaiklerin Çift Cidar Olarak Bina Yüksekliğinde Kullanılması	117
4.9.2.3. Fotovoltaiklerin Çift Cidar Olarak Şaft Yüksekliğinde Kullanılmaları	118
4.9.3. Fotovoltaik Sistemlerin Akıllı Cephe Olarak Kullanılması ..	118
4.10. Fotovoltaik Sistemlerin Cephede Kullanım Yeri Avantajları Ve Dezavantajları	119
4.11. PV Sistemlerin Diğer Yapı Elemanları Olarak Kullanılması	123
4.12. Fotovoltaik Sistemlerin Bina Dışı Uygulamaları	126
4.12.1. Güneş Tarlaları	127
4.12.2. Fotovoltaiklerin Gölge Elemanı Olarak Kullanımı	130
4.12.3. Fotovoltaiklerin Sokak Elemanı Olarak Kullanımı	133
4.12.4. Fotovoltaiklerin Bariyer Sistemi Olarak Kullanımı	138
4.13. Fotovoltaik Sistemlerin Şebeke Dışı Kullanımı	139

4.14. Fotovoltaiklerin Tüketici Uygulamalarında Kullanımı	141
--	------------

5. BÖLÜM

BİNALARDA KULLANILAN FOTOVOLTAİK SİSTEM UYGULAMALARINA İLİŞKİN DÜNYADA VE TÜRKİYEDEKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	143
--	------------

5.1. Dünyadan Örnekler.....	143
------------------------------------	------------

5.1.1. Samsung Mühendislik Ve İnşaat Teknolojileri Enstitüsü (S.I.E.C.T.) Giheung, Kore.....	144
---	------------

5.1.2. Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi.....	146
---	------------

5.1.3. BMW Binası Almanya	149
--	------------

5.1.4. Doxford Güneş Ofisi, Birleşik Krallık.....	150
--	------------

5.1.5. Berlin Merkez Tren İstasyonu, Almanya.....	151
--	------------

5.1.6. Novartis Binası, Basel, İsviçre.....	152
--	------------

5.1.7. Wankdorf Futbol Stadyumu / Stade de Suisse Bern-İsviçre..	154
---	------------

5.1.8. Hôpital Universitaire De Mirebalais.....	155
--	------------

5.1.9. Morrisons Lojistik Merkezi	156
--	------------

5.1.10. Upton Zed Terrace.....	157
---------------------------------------	------------

5.1.11. Freiburg Güneş Yerleşimi.....	158
--	------------

5.2. Türkiye'deki Binalarda Fotovoltaik Uygulamaları	161
---	------------

5.2.1. Muğla Üniversitesi.....	162
---------------------------------------	------------

5.2.2. Özyeğin Üniversitesi	164
--	------------

5.2.3. Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlüğü	166
--	------------

5.2.4. ODTÜ Binası	167
---------------------------------	------------

5.2.5. Denizli Hükümet Binası	168
--	------------

5.2.6. Hüseyin Avni İncekara Fen Lisesi Öğrenci Yurdu.....	168
---	------------

5.2.7. Diyarbakır Yenişehir Güneş Evi.....	170
---	------------

5.2.8. Li Fung Centre	171
------------------------------------	------------

5.2.9. Tesco Kipa Marmaris	172
---	------------

5.2.10. Antalya 100.Yıl Stadyumu	172
---	------------

6. BÖLÜM

DÜNYADA VE TÜRKİYEDE YENİLENEBİLİR ENERJİLERE İLİŞKİN TEŞVİK VE DESTEKLER..... 175

6.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Teşvik Mekanizmaları.....	176
6.1.1. Avrupa Birliği.....	180
6.1.2. Almanya.....	181
6.1.3. Fransa.....	183
6.1.4. İtalya.....	185
6.1.5. İspanya.....	188
6.1.6. Yunanistan.....	189
6.1.7. İngiltere.....	190
6.1.8. Japonya.....	191
6.2. Türkiye'deki Teşvikler.....	192
6.2.1. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Teşvikleri.....	194
6.2.2. Kanun'un Getirdiği Diğer Teşvikler.....	203

7. BÖLÜM

SONUÇ.....	205
KAYNAKÇA.....	211
EKLER.....	221
ÖZGEÇMİŞ.....	233

KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Amper
AAMA	: (American Architectural Manufactures Association) Amerikan Mimari Üreticiler Derneği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
AC	: Alternatif Akım
BIPV	: (Building İntegrated Photovoltaics) Binaya Entegre Fotovoltaik
CSP	: Yoğunlaştırılmış (Odaklanmış)Güneş Enerjisi Santrali
CFSH	: (Code For Sustainable Homes) Sürdürülebilir Evler İçin Kod- İngiltere, Galler Ve Kuzey İrlanda'da Yeni Evlerin Performansını Belgeleyen Bir Çevresel Değerlendirme Standardı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DC	: Doğru Akım
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
FIT	: Şebekeye Enerji Satış Tarifesi
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Atlası
IEC	: İnternaional Electrotechnical Commission- Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
J	: (Joule) Enerji Birimi
KDV	: Katma Değer Vergisi
KW	: Kilowatt
MW	: Megawatt
MBEAE	: Marmara Bilimsel Ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü
MKE	: Makine Kimya Endüstrisi
ODTÜ	: Ortadoğu Teknik Üniversitesi
PV	: (Photovoltaic) Fotovoltaik
PET	: (Poly Ethylene Terephtalete) Termoplastik Malzeme
PPA	: Power Purchase Agreement- Elektrik Satınalma Anlaşması
RPS	: Renewable Portfolio Standard-Yenilenebilir Portföy Standardı –Yenilenebilir Enerji Standardı

Si	: Silisyum
SIECT	: Samsung Mühendislik Ve İnşaat Teknolojileri Enstitüsü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu
TÜV	: Technischer Überwachungs – Verein (Alman Teknik Denetim Kurumu
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
UGET-TB	: Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu-Türkiye Bölümü
USA	: (United States Of America)Amerika Birleşik Devletleri
V	: Volt
WATT	: Uluslararası Güç Birimidir
YE	: Yenilenebilir Enerji
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu
ZED	: (Zero Energ Development)-Sıfır Enerji Gelişimi

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Dünya Fosil Yakıt Rezerv Oranları	2
Tablo 2.1.	Güneşin Yapısal Isıl Ve Konum Özellikleri	8
Tablo 2.2.	Güneşle İlgili Bazı Büyüklükler	9
Tablo 2.3.	Dünyadaki Fosil Yakıtların Kullanılabilir Miktarı (Yıl)	10
Tablo 2.4.	Güneş Enerjisi Dönüşümleri	11
Tablo 2.5.	Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	17
Tablo 2.6.	Yıllık Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi 1985-2015 Yılları Arasında Dağılımı	17
Tablo 2.7.	Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	19
Tablo 3.1.	Güneş Hücresi Çeşitleri	28
Tablo 3.2.	Güneş Hücre Tiplerinin Modül Ve Hücre Verimi Açısından Kıyaslanması	36
Tablo 3.3.	1kw Fotovoltaik Panelin Kapladığı Alanı	36
Tablo 4.1.	Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -gün)	52
Tablo 4.2.	Türkiye Güneşlenme Süreleri (saat)	52
Tablo 4.3.	Türkiye Kullanılan Fotovoltaik Tipleri Ve Birim Alanda- Üretilebilecek Enerji Miktarı (kWh-yıl)	53
Tablo 4.4.	Aylara Göre n Değeri Hesaplaması	55
Tablo 4.5.	Güneş Hücre Malzemelerinin Performans Değerleri ve Alan Gereksinimleri	63
Tablo 4.6.	Fotovoltaik Panel Arkasında Oluşan Ortalama Sıcaklık Değerleri	65
Tablo 4.7.	Fotovoltaiklerin Kullanım Alanları	70
Tablo 4.8.	Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Gereksinimleri ...	72
Tablo 4.9.	Çatılarda Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	89
Tablo 4.10.	Fotovoltaiklerin Cephe Elemanı Olarak Kullanılması	92
Tablo 4.11.	Cephede Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	120
Tablo 5.1.	Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi 'ne İlişkin Veriler	147

Tablo 5.2.	Doxford Güneş Ofisine Ait Teknik Veriler	151
Tablo 5.3.	Novartis İlaç Fabrikası Teknik Verileri.....	153
Tablo 5.4.	Wankdorf Futbol Stadyumu Teknik Verileri.....	154
Tablo 5.5.	Muğla Üniversitesinde Fotovoltaik Sistemden Üretilmesi Beklenen Toplam Enerji	163
Tablo 6.1.	2011 Yılı Ülkelerin Kişi Başına Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Enerji Yoğunluğu	178
Tablo 6.2.	Ülkelerin 2011 Yılı Yenilenebilir Elektrik Güç Kapasitesi (GW).....	178
Tablo 6.3.	AB' Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Enerji Tüketimindeki Payı.....	179
Tablo 6.4.	Dünyada Üretilen Güneş Pilinin Ülkelere Göre Dağılımı.....	181
Tablo 6.5.	Almanya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü	182
Tablo 6.6.	Almanya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı	182
Tablo 6.7.	Fransa'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü	183
Tablo 6.8.	Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemlerinden Elde Edilen Enerjinin kW Fiyatı	184
Tablo 6.9.	İtalya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.....	186
Tablo 6.10.	İtalya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı	186
Tablo 6.11.	İtalya'da 2011-2012 Yılları Arasında Üretilen Enerji/kWh Fiyatı.....	187
Tablo 6.12.	İspanya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü	188
Tablo 6.13.	İspanya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.....	188
Tablo 6.14.	Yunanistan'ın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.....	189
Tablo 6.15.	Yunanistan'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.....	190
Tablo 6.16.	Yunanistan'da Üretilen Enerjinin Yıllara Göre Güç Dağılımı	190
Tablo 6.17.	İngiltere'nin Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü	191
Tablo 6.18.	İngiltere'de Üretilen Birim Enerjinin Alım Fiyatı.....	191
Tablo 6.19.	Japonya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.....	192
Tablo 6.20.	Japonya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı	192
Tablo 6.21.	Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Teknik Potansiyeli (MW)	193
Tablo 6.22.	Yenilenebilir Enerji İçin Tarife Garantisi (\$cent/kWh).....	195

Tablo 6.23.	Yenilenebilir Enerji İçin Sağlanan Teşvikler	196
Tablo 6.24.	2013 Yılına Kadar Kurulmasına Karar Verilen 600 Mw 'lık Fotovoltaik Elektriğinin İllere Göre Dağılımı	197
Tablo 6.25.	Türkiye'nin Kuruluşlara Göre Güncel Enerji Kurulu Gücü Ve Santral Sayısı	199
Tablo 6.26.	Türkiye'nin Enerji Türlerine Göre Güncel Enerji Kurulu Gücü Ve Santral Sayısı.....	200



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Güneşin Yapısı	7
Şekil 2.2.	Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi Dağılımı.....	18
Şekil 2.3.	Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyeli	18
Şekil 3.1.	Fotovoltaik Hücrenin Yapısı	23
Şekil 3.2.	Fotovoltaik Hücre, Modül, Panel Ve Solar Dizisi	24
Şekil 3.4.	Güneş Panel Sistemini Oluşturan Temel Donanımlar	27
Şekil 3.5.	a) % 99,99 Saf Silisyum.....	30
Şekil 3.5.	b) Eritilerek Külçe Haline Getirilmiş Silisyum Bloğu	30
Şekil 3.6.	a) 0,3 mm Kalınlığında İnce Dilimlenmiş Güneş Hücresi.....	30
Şekil 3.6.	b) Polikrsital Levhalar Tamamlanmış Polikristal Güneş Hücresi	30
Şekil 3.7.	Çeşitli Renklerde Üretilmiş Polikristal Güneş Hücreleri	30
Şekil 3.8.	Amorf Silisyum Güneş Hücresi	32
Şekil 3.10.	Bakır İndiyum Diselenür Güneş Pili Katmanları.....	33
Şekil 3.11.	Güneş Enerjisiyle Çalışan Bir Araç	38
Şekil 3.12.	Şebekeye Bağlı Sistem Bileşenleri.....	39
Şekil 3.13.	Şebekeden Bağımsız Sistem Bileşenleri	40
Şekil 3.14.	Karma Fotovoltaik Sistem Şemaları	41
Şekil 4.1.	Türkiye Güneşlenme Haritası.....	51
Şekil 4.2.	Güneş Açıları.....	54
Şekil 4.3.	Zenit Açısı	57
Şekil 4.4.	Güneş Yükseliş Açısı	57
Şekil 4.5.	Yüzey Azimut Açısı	60
Şekil 4.6.	Solda Yan Binalar Tarafından Gölgeleme Etkisi, Sağda Bina Elemanlarının Fotovoltaikleri Gölgeleme Durumu	62
Şekil 4.7.	Fotovoltaik Panel Temizliği	64
Şekil 4.8.	Eğimli Çatıda Doğal Konveksiyon Yoluyla Havalandırılan Panel Uygulaması	65
Şekil 4.9.	Çeşitli Renklerde Üretilmiş Güneş Hücreleri.....	67
Şekil 4.10.	Fotovoltaik Sistemlerin Bina Üzerine Yerleştirilme Şekilleri ..	69
Şekil 4.11.	Havalandırılmış Fotovoltaik Çatı Detayı	71

Şekil 4.12.	Fotovoltaik Panel Uygulaması Yapılmış Eğimli Çatının Yakından Görünüşü.....	72
Şekil 4.13.	Eğimli Çatıda Fotovoltaik Panel Uygulaması Örneği.....	73
Şekil 4.14.	Düz Çatılarda Fotovoltaik Sistem Uygulaması.....	73
Şekil 4.15.	a) Çatı Strüktürüne Bağlı Olarak Aplikasyon, Ege Üniversitesi Tarafından Gerçekleştirilen Düz Çatı Üzerine Güneş Pili Paneli Uygulaması.....	74
Şekil 4.15.	b) Düz Çatı Üzerine Uygulanan Güneş Pili Konstrüksiyon Detayı.....	74
Şekil 4.16.	Bağımsız Destek Strüktür Tasarımı Örnekleri.....	74
Şekil 4.17.	Fiber Çimentolu Strüktür Detayı.....	75
Şekil 4.18.	Sandviç Konstrüksiyon Detayı.....	75
Şekil 4.19.	Eğimli Çatıda Kiremit Üzerine Uygulanan Fotovoltaik Panel Sistemi.....	76
Şekil 4.20.	a) Doğal Havalandırma Sağlayan Eğimli Çatı Kiremit Üstü Konstrüksiyon Uygulamaları.....	77
Şekil 4.20.	b) Eğimli Çatı Üstü Konstrüksiyon Detayı.....	77
Şekil 4.21.	Mevcut Oluklu Panel Kaplı Çatı Üzerine Güneş Pili Paneli Montajı.....	77
Şekil 4.22.	Mevcut Çatı Taşıyıcı Sistemi Üzerine Güneş Pili Paneli Montajı Prensiplere Detayı.....	78
Şekil 4.23.	Kiremit Kaplı Kıvrık Çatılarda Güneş Pili Paneli Uygulama Detayı.....	78
Şekil 4.24.	Güneş Pili Çatı Levha Kaplamaları Montaj Prensiplere Detayı.....	79
Şekil 4.25.	a)Güneş Pili Parçalı Çatı Kaplama Örnekleri.....	80
Şekil 4.25.	b)Eğik Çatılarda Güneş Pili Parçalı Çatı Kaplama Uygulama Örnekleri.....	80
Şekil 4.26.	Çatı Örtüsü İle Bütünleştirilmiş Fotovoltaik Panel Çatı Uygulamaları.....	81
Şekil 4.27.	Çatı Örtüsü İle Bütünleştirilmiş Fotovoltaik Panel Çatı Uygulamaları.....	81
Şekil 4.28.	a ve b Çatı Bindirme Profil Sistemi Detayları.....	82
Şekil 4.29.	a ve b Kiremit Üzerine Uygulanmış PV Modül Örnekleri.....	82
Şekil 4.30.	Kenetli Sistem İnce Film Fotovoltaik Levhalar.....	83

Şekil 4.31.	Şebeke Bağlantılı Plastik Çatı Karosu WWF Panda Evleri Hollanda Sıralı Evler- Polikristal Uygulama.....	83
Şekil 4.32.	a ve b PV Şingil Kaplı Amorf Kristal Uygulama Çatı Örneği..	84
Şekil 4.33.	Eğrisel Çatıda Güneş Pili Paneli Uygulama Örneği (Hollanda)	84
Şekil 4.34.	Eğimli Çatıya Entegre Fotovoltaik Sistemler.....	85
Şekil 4.35.	İsveç'te Chalmers Teknoloji Üniversitesi Öğrencileri Tarafından Tasarlanan Solar Ev	85
Şekil 4.36.	İnce Film Güneş Hücrelerinin Büyük Boyutlarda Uygulanmış Eğimli Çatı Örneği.....	86
Şekil 4.37.	Testere Dişli Çatıda Güneş Pili Paneli Uygulama Detayı.....	86
Şekil 4.38.	Yarı Saydam Güneş Pilleri İle Çatı Uygulaması.....	87
Şekil 4.39.	Assan Alüminyum Fabrikası Pergola Üzeri Fotovoltaik Uygulaması.....	88
Şekil 4.40.	Bina Cephesine Entegre Fotovoltaik Sistem Williamsburg – Brooklyn	94
Şekil 4.41.	Giydirme Cephede Fotovoltaik Uygulaması.....	95
Şekil 4.42.	a) Ptübingen de Fotovoltaik cephe kaplaması.....	96
Şekil 4.42.	b) Freiburg'da Fotovoltaik Cephe Kaplaması.....	96
Şekil 4.43.	Düzlemsel Giydirme Cephede PV Modül Kullanımı	97
Şekil 4.44.	Düşeyde Kırıklı Giydirme Cephede PV Modül Kullanımı.....	98
Şekil 4.45.	Düşeyde Kırıklı Giydirme Cephe Örneği.....	98
Şekil 4.46.	Yatayda Kırıklı Giydirme Cephelerde PV Modül Kullanımı ...	99
Şekil 4.47.	Yatay Kırıklı Cephelerde PV Modül Ve Konstrüksiyon Detayı	100
Şekil 4.48.	Akordeon Giydirme Cephe	100
Şekil 4.49.	Akordeon Giydirme Cephe Detayı.....	101
Şekil 4.50.	Eğimli Giydirme Cephe Örneği Trump Towers Binası, İstanbul	102
Şekil 4.51.	Eğimli Kırıklı Giydirme Cephelerde PV Modül Kullanımı....	103
Şekil 4.52.	Eğimli Kırıklı Cephe Örneği	103
Şekil 4.53.	Eğimli Cephe Tasarım Örneği	104
Şekil 4.54.	Güneş Kırıcı Olarak Fotovoltaik Modül Kullanımı	105
Şekil 4.55.	Fotovoltaik Güneş Kırıcı Entegre Edilmiş Giydirme Cephe Örneği	105

Şekil 4.56.	Yatay Güneş Kırıcılar.....	106
Şekil 4.57.	Dikey Güneş Kırıcılı Giydirme Cephe Örneği.....	106
Şekil 4.58.	Sabit Güneş Kırıcılı Cepheler	107
Şekil 4.59.	Fotovoltaik Güneş Kırıcıların Kullanım Örnekleri	107
Şekil 4.60.	Hareketli Güneş Kırıcılar	108
Şekil 4.61.	Hareketli Güneş Kırıcılı Cephe Elemanları	108
Şekil 4.62.	Işığa Duyarlı Hareket Edebilen Güneş Kırıcılar	109
Şekil 4.63.	Hareket Edebilen Fotovoltaik Modüllü Güneş Kırıcı Elemanların Kullanıldığı Lawyer Office	109
Şekil 4.65.	Tek Cidarlı Cephe Örneği	111
Şekil 4.66.	Tek Cidarlı Solar Camlı Ofis Binası	112
Şekil 4.67.	Tek Cidarlı Cephe Detayları	112
Şekil 4.68.	Tek Cidarlı Fotovoltaik Cephe Örneği Almanya Ofis Binası .	113
Şekil 4.69.	Çift Cidarlı Cephenin Şematik Olarak gösterilmesi.....	114
Şekil 4.70.	Duesseldorf City Gate Binası'nın Görünüşü ve Cephe Detayı	114
Şekil 4.71.	Çift Cidarlı Cephe Yakın Çekim, Kings Place, Londra, Dixon Jones	115
Şekil 4.72.	Norveç Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi Tarafından Projelendirilen Norveç BP Solar Cilt Binası	116
Şekil 4.73.	Fotovoltaik Çift Cidar Cephe	119
Şekil 4.74.	Balkon Korkuluğunda Kullanılan Renkli Polikristal Fotovoltaik Modüller	124
Şekil 4.75.	Balkon Korkuluklarında Fotovoltaik Modül Kullanımı.....	124
Şekil 4.76.	Balkon Korkuluğu Media Tower Japonya	124
Şekil 4.77.	Bahçe Duvarı Üzerine Monte Edilmiş Fotovoltaik Modüller Madrid –İspanya	125
Şekil 4.78.	Sabit Fotovoltaik Modül Monte Edilmiş Kayar Panjurlar BHSS Architekten, Leipzig	126
Şekil 4.79.	Hareketli Kayar Fotovoltaik Pencere Panjuru.....	126
Şekil 4.80.	Yunanistan Kolindros da, 1.1 MW gücünde Güneş Enerjisi Santrali.....	128
Şekil 4.81.	Fas'ta 160 Megavatlık Güneş Enerji Santrali	128
Şekil 4.82.	Konya'da Bulunan Türkiye'nin En Büyük Güneş Enerjisi Santrali.....	129

Şekil 4.83.	Assan Alüminyum Fabrikasında Fovoltaik Sistemlerin Bina Dışında Kamelyada Kullanımı	130
Şekil 4.84.	PV lerin Otoparklarda Güneş Enerjili Gölgeleme Sistemi Ve Şarj İstasyonu Olarak Kullanılması	131
Şekil 4.85.	Fotovoltaik Sistemler Otoparklarda Kullanılarak Boş Alanlar Değerlendirilmektedir.....	131
Şekil 4.86.	a) ve b) Otobüs Duraklarında Fotovoltaik Uygulaması Örneği	132
Şekil 4.87.	a) ve b) Fotovoltaik Sistemlerinin Benzin İstasyonları Çatısında Kullanım Örnekleri.....	133
Şekil 4.88.	Sokak Aydınlatması Olarak Fotovoltaik Sistem Kullanımı....	133
Şekil 4.89.	Şehir Elemanlarında Fotovoltaik Sistem Şarj İstasyonları.....	134
Şekil 4.90.	Fotovoltaik Şehir Elemanları Şarj Modülleri ve Dinlenme Alanları	134
Şekil 4.91.	Dubai De Bulunan Güneşten Korunma Gölgelek Elemanları Aynı Zamanda Şarj İstasyonu Ve Reklam Panosu Olarak Kullanılmaktadır	134
Şekil 4.92.	a) ve b) Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Kullanılan Cep Telefonu Şarj İstasyonları.....	136
Şekil 4.93.	Trafik Sinyalizasyonlarında Fotovoltaik Modül Uygulamaları	137
Şekil 4.94.	Yol Aydınlatmalarında Kullanılan Fotovoltaik Modüller Depolamış Olduğu Enerjiyi Gece Kullanarak Yolların Belirgin Olmasını Sağlamaktadır	137
Şekil 4.95.	Yol Aydınlatama Feneri (Kedi Gözü).....	137
Şekil 4.96.	Dünyadaki İlk Fotovoltaik Uygulanan Ses Bariyeri, İsviçre ..	138
Şekil 4.97.	İtalya Brenner Otoyolu.....	138
Şekil 4.98.	Ses Bariyeri Olarak Fotovoltaik Panel Uygulaması.....	139
Şekil 4.99.	Fotovoltaik Modüllerin Deniz Fenerinde Kullanılması	139
Şekil 4.100.	Deniz Araçlarında Fotovoltaiklerin Kullanılması	140
Şekil 4.101.	Güneş Enerjili Fotovoltaik Uçak Uygulaması (Solar Impulse 2)	140
Şekil 4.102.	a) İletişim İstasyonlarında Fotovoltaik Panel Kullanımı.....	141

Şekil 4.103.	a,b,c,d Tüketici Uygulamalarında Kullanılan Küçük Ölçekli Fotovoltaik Hücreler.....	142
Şekil 5.1.	S.I.E.C.T. Güneş Kırıcı Detayı.....	144
Şekil 5.2.	S.I.E.C.T. Çatı Dizisi Tip A	145
Şekil 5.3.	S.I.E.C.T. Çatı Dizisi Tip B	146
Şekil 5.4.	Gelsenkirchen-Bismarck Konutları.....	147
Şekil 5.5.	Gelsenkirchen-Bismarck Konutları Bina Yerleşimi	148
Şekil 5.6.	Gelsenkirchen-Bismarck Konutları Genel Görünüş	148
Şekil 5.7.	BMW Binası Almanya	149
Şekil 5.8.	BMW Binası Çatı Planı.....	150
Şekil 5.9.	Bina Dış Görünümü	151
Şekil 5.10.	Bina Cephe İç Görünümü.....	151
Şekil 5.11.	Berlin Merkez Tren İstasyonu Fotovoltaik Çatı Uygulaması .	152
Şekil 5.12.	Novartis İlaç Fabrikası Basel, İsviçre Fotovoltaik Uygulaması	153
Şekil 5.13.	PV Modüllerle Kaplanmış Futbol Stadyumu Çatısı Bern.....	154
Şekil 5.14.	Hôpital Universitaire De Mirebalais Hastanesi Teras Çatı BIPV Uygulaması.....	155
Şekil 5.15.	Morrisons Lojistik Merkezi Binası	156
Şekil 5.16.	Morrisons Lojistik Merkezi Fotovoltaik Çatı Uygulaması	156
Şekil 5.17.	Upton Zed Terrace	157
Şekil 5.18.	Upton Zed Terrace Fotovoltaik Çatı Uygulaması.....	157
Şekil 5.19.	Freiburg Güneş Yerleşkesi Genel Görünüşü.....	158
Şekil 5.20.	Germany Freiburg Güneş Yerleşkesi Vaziyet Planı Ve Güneş Işığı Geliş Yönleri.....	159
Şekil 5.21.	Freiburg Projesinde Bulunan Konut Kesiti	159
Şekil 5.22.	Freiburg Projesi Çatı PV Uygulaması Aynı Zamanda Saçaklarda Kullanılan PV Uygulamalara da Örnek Olmaktadır.....	160
Şekil 5.23.	Freiburg Projesi Fotovoltaik Çatı Uygulaması.....	160
Şekil 5.24.	Freiburg Güneş Yerleşkesi Çatılarının Tüm Alanları Fotovoltaik Paneller İle Kaplanmıştır	161
Şekil 5.25.	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Yemekhane Binası Çatısı BIPV Çatı Uygulaması	164

Şekil 5.26.	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Rektörlük Binası BIPV Uygulaması.....	164
Şekil 5.27.	Özyeğin Üniversitesi Çatı Üzeri Fotovoltaik Sistem Uygulaması	165
Şekil 5.28.	Özyeğin Üniversitesi BIPV Çatı Uygulaması Genel Görünümü	166
Şekil 5.29.	Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlüğü BIPV Çatı Uygulaması	166
Şekil 5.30.	ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Fakültesi Ayaşlı Araştırma Merkezi BIPV Uygulaması.....	167
Şekil 5.31.	Denizli Hükümet Binası BIPV Çatı Uygulaması.....	168
Şekil 5.32.	Nevşehir H.Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası Çatı Uygulamasının Yakından Görünüşü	169
Şekil 5.33.	Nevşehir H. Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası, Yeşil Çatı Uygulaması.....	169
Şekil 5.34.	Diyarbakır Güneş Evi.....	170
Şekil 5.35.	Li Fung Centre Yenibosna Binası BIPV Uygulaması.....	171
Şekil 5.36.	Li Fung Centre Yenibosna Binası Fotovoltaik Çatı Detayı	172
Şekil 5.37.	Kipa Marmaris Fotovoltaik Çatı Uygulaması	173
Şekil 5.38.	Antalya 100.Yıl Stadı.....	174

EKLER LİSTESİ

- Ek-1.** 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun.....239
- Ek-2.** 6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun.....246



1. BÖLÜM

GİRİŞ

İnsanlık varoluşundan günümüze kadar sürekli enerjiye ihtiyaç duymuştur. Enerji gereksinimi ülkelerin iktisadi ve sosyal kalkınması için önemli girdilerin başında gelmektedir. Nüfus artışı, sanayinin gelişmesi, insanların yaşam konforunun yükselmesi, buna bağlı olarak gelişen teknoloji ve artan üretim hacmi, enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artırmıştır. Dünyadaki enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi, enerji tüketimindeki hızlı artışa bağlı olarak ozon tabakasının incelmeye başlaması, sera gazı emisyonlarının insan yaşamını tehdit eder duruma gelmesi nedeniyle, enerji günümüzün en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır. (Kentleşme Şurası,2009)

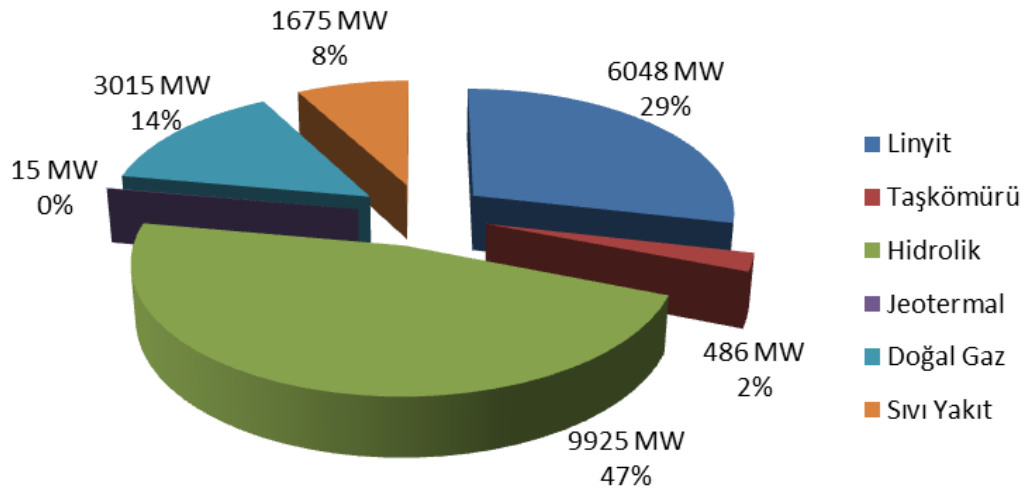
Bu sorun artık bulunduğumuz çevrenin ya da yaşadığımız ülkenin değil küresel ölçekte dünyanın sorunu haline gelmiştir. Günümüzde hızla artan enerji tüketimi karşısında mevcut enerji kaynaklarının yetersizliği ülkeler arası çatışmaların ve savaşların da nedeni olmuştur.

Bugün kullanmakta olduğumuz enerjilerin çoğu fosil tabanlı enerji sistemleri olup, kullanımı neticesinde de çevreye büyük oranda zarar veren çabuk tükenbilir kaynaklardır. Bu enerji kaynaklarının en önemlileri kömür, petrol ve doğalgazdır. Fosil kaynakların yakılması sonucu açığa çıkan CO₂ atmosferin ısınmasına sera gazının artmasına ve dolayısı ile iklim değişikliğine yol açmaktadır. Bunun yanında küresel ısınma, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, asit yağmurları, çölleşme ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi etkileri de olmaktadır. Buna bağlı olarak da insan sağlığı olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu enerjiler sonsuz kaynaklı olmadıkları gibi yakın gelecekte tükenenlerdir kaçınılmaz bir gerçektir. Fosil kaynaklı teknolojilere dayalı sanayi sistemleri de çalışamaz hale gelecektir. Bunun sonuçları da bütün dünya ekonomisini etkileyecek kadar büyük olabilecektir.

Karbon yüklü fosil yakıtların kullanımı atmosferdeki CO₂ miktarını insanlık tarihinde görülmemiş bir düzeye çıkarmıştır. CO₂ molekülleri atmosferde 200 yıl boyunca kalmaktadır. Bu nedenle salınım bugün ortadan kaldırılsa bile dünyanın yüzyıllar boyunca ısınmaya devam edeceği söylenmektedir. Salınım miktarı günümüz hızında tutulsa dahi 2100 yılına gelindiğinde CO₂ düzeyi yine de 525 ppm (milyonda bir parçacık) yani endüstri devrinden önceki dönemin neredeyse iki katına ulaşması ve dünyanın birkaç derece ısınacağı bilinmektedir. Önlem alınmazsa CO₂ düzeyi 800 ppm üzerine çıkarak sıcaklığın 5C°'ye kadar artmasını tetikleyebileceği ve birçok canlı türünün uyum sağlamasını olanaksız hale getireceği tahmin edilmektedir. (National Geographic, Ekim, 2007)

Dünyada enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılayan fosil-yakıt rezervi ise, çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. En iyimser tahminler bile, en geç 2030 – 2050 yılları arasında petrol rezervlerinin büyük ölçüde tükeneceğini ve ihtiyacı karşılayamayacağını göstermektedir. Kömür ve doğal gaz için de benzer bir durum söz konusudur.

Tablo 1.1. Dünya Fosil Yakıt Rezerv Oranları.



Kaynak: (Şehir Aydınlatma Ve Enerji, Anonim, b.t.)

Fosil yakıtların kullanımı dünya ortalama sıcaklığını son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmıştır.

Bu durum ise, yoğun hava kirliliğinin yanı sıra milyonlarca dolar zarara yol açan sel, fırtına gibi doğal felaketlerin gözle görülür şekilde artmasına neden olmuştur. Şimdiden dünyanın deniz seviyesinde bulunan birçok adasında yerleşim alanları, buzulların erimesi ve su seviyesinin yükselmesinden dolayı boşaltılmıştır. En kısa zamanda önlem alınmaması durumunda yakın gelecekte bu durum daha da ciddi zararlara sebep olacaktır. Bu nedenle insanoğlu fosil yakıt rezervlerinin bitmesini beklemeden temiz enerji kaynaklarına yönelmek zorundadır. (Şehir Aydınlatma Ve Enerji, Anonim, b.t.)

Türkiye'nin çok yüksek düzeyde kullanılabilir, yerli, yenilenebilir "Temiz Enerji" potansiyeli vardır. Bu enerji potansiyeli doğru kullanıldığında, enerjide dışa bağımlılık ve havayı kirleten, emisyon üreten enerji türlerinin kullanımını sona erecektir. (Kentleşme Şurası,2009)

Dünyada hızla artan çevre kirliliği ve yakın gelecekte tükenen olan fosil enerji kaynakları, sık sık ortaya çıkmaya başlayan enerji krizleri yeni enerji arayışlarını da beraberinde getirmektedir. Fosil ve nükleer enerjilere alternatif olan doğal enerji kaynakları konusunda araştırmalar sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kavramlarını da gündeme getirmiştir. Yaşamın sürdürülebilirliği için kaynakların sürdürülebilir olmasının yanı sıra, ekolojik denge için de kaynakların yenilenebilir olması gerekmektedir. (Kentleşme Şurası, 2009)

Ülkemizin en önemli yenilenebilir kaynakları; güneş, rüzgâr ve jeotermaldir. Güneş potansiyeli açısından coğrafi konumu nedeniyle şanslı ülkelerden sayılan ülkemizde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti ölçümleri üzerinde EİE tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ortalama toplam ışınım şiddeti 1,311 kW-saat/metre-kare-yıl olarak hesaplanmıştır. (EİE,2015)

Türkiye'nin yıllık enerji tüketimi yaklaşık 2016 Ocak ayı verilerine göre 263 Milyar 828 milyon kWh, üretim kapasitesi ise yıllık 73.148 MW düzeyindedir.

2013 verilerine göre Tüketilen enerjinin büyük bir bölümü, yaklaşık %65'i fosil yakıtlarla sağlanmaktadır. Türkiye enerji açısından büyük oranla dışa bağımlıdır ve ithal edilen kaynaklara yılda yaklaşık 50 - 60 milyar dolar ödeme yapılmaktadır. Diğer taraftan, fosil yakıtlar nedeniyle Türkiye'de bir yılda 300 milyon ton sera gazı üretilmektedir. Bu emisyonların yaklaşık %70'i de şehirlerden kaynaklanmaktadır. (Kentleşme Şurası, 2009)

Ülkemizde tüketmekte olduğumuz enerjinin yaklaşık %30'u konutlarda tüketilmektedir. Konut sektöründe kullanılan enerji miktarı sanayi sektöründen sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de konutlarda tüketilen enerjinin %80'i ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.

Günümüzdeki çevre ve enerji sorunları göz önünde bulundurulduğunda binalarda enerji tüketiminin fosil kaynaklar dışında doğal enerji kaynaklarından yararlanmada etkili bir yol yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak ilk akla gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden yararlanan fotovoltaik (PV) sistemler, dünyada kullanılmakta olan yenilenebilir enerji kaynakları arasında en umut verici olanlarından biridir. Sürekli enerji kaynağı olarak adlandırılabilen güneş enerjisinden maksimum faydalanmamız gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, güneş ve güneş enerjisi, güneş hücresi yapısı, mimaride tasarım aracı olarak da kullanılabileceğimiz fotovoltaik sistemlerin, mimari elemanlara (çatı, cephe ve yapı elemanlarına) entegrasyonu, Türkiye'deki ve dünyadaki fotovoltaik sistemlerin kullanıldığı bina örnekleri ele alınmış, konuya ilişkin devlet politikaları teşvik ve yatırım destekleri araştırılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde konuya ilişkin önerilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bugün dünya üzerinde gerçekleşen her eylemde bir şekilde enerji tüketilmektedir. Bu enerjilerin büyük bir kısmı sonlu (dönüşümsüz, tükenbilir) enerjilerden sağlanmaktadır.

Tükenebilir enerjilerin yakılması sonucu vermiş olduğu zararların boyutları insan sağlığını tehdit edecek seviyelere ulaşmıştır. Bu durumun alternatifi olan enerjilerin doğada var olduğu bilinmektedir. Zararları yok denecek kadar az olan bu enerjilerden yararlanmak artık zorunlu bir hal almıştır.

Dünya üzerinde tüketilen enerjinin %50'sini yapılar kullanırken, mimarlığın buna duyarsız kalması kabul edilemez bir durumdur. Gelişmiş ülkeler, bu duyarlılık çerçevesinde yenilenebilir enerjilerden yararlanmak için çalışmalarını durmaksızın sürdürmektedirler. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum nedeniyle güneş enerjisinden oldukça yüksek bir seviyede yararlanma imkanına sahiptir. Fakat bu durumdan fayda sağlamak için çalışmalar yalnızca üniversitelerin ilgili bölümlerinin ve bazı devlet kuruluşlarının (AR-GE) çalışmalarıyla sınırlı kalmaktadır.

Bu çalışmayla ülkemizde, özellikle mimarlık alanında güneş enerjisinden yararlanma olanaklarına dikkat çekilmesi ve yapılacak yeni yapı tasarımlarında bu bilgilerin göz ardı edilmemesi için bir katkı olması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Hazırlanan tez çalışması kapsamında ilk bölümde konuya genel bir bakış açısı kazandırılarak küresel enerji problemi, fosil kaynaklı enerjiler ve çevre etkileri anlatılmıştır. Diğer bölümde ise yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımının gerekliliği gibi konular üzerinde durulmaktadır.

İkinci bölümde önce güneş enerjisi ve güneş enerjisi dönüşümleri, Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli ve tarihsel gelişimi anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde ise, fotovoltaik sistemlerin tanımlanması, güneş panellerinin üretim süreçleri ve fotovoltaik sistem modülleri araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde ise; fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanım olanakları incelenmiş, sistemin avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir.

Beşinci bölümde dünyada ve Türkiye'de fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanım örnekleri incelenmiştir.

Altıncı bölümde ise dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerjilere ilişkin teşvik ve destekler, Sonuç bölümünde ise ortaya konulan bilgilerin tamamı değerlendirilerek yapılarda güneş enerjisinden yararlanmanın, özellikle ülkemiz açısından, önemi ve gerekliliği vurgulanmaktadır.

1.3. Çalışma Yöntemi ve Plan

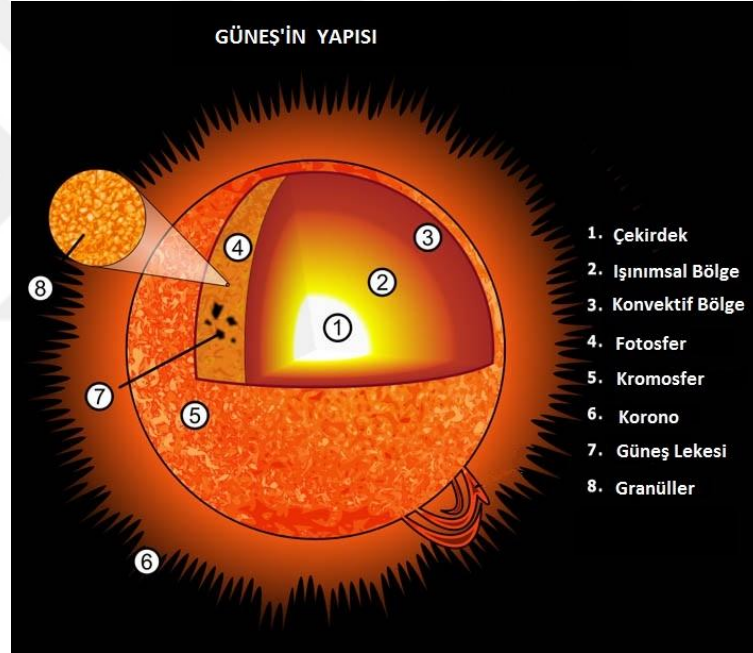
Öncelikle genel bir araştırma ve literatür taramasından sonra konu ile ilgili araştırmacıların çalışmaları incelenmiş tez çalışmasının konusu ve kapsamı belirlenmiştir. Tez konusunun tespitinden sonra fosil enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve türleri, yapı sektöründe tüketilen enerji miktarları ve güneş enerjisinden yapılarda yararlanabilme olanakları konusunda kitaplar, tezler, sempozyum bildirileri, bilimsel makaleler ve web ortamındaki bilgiler temin edilerek detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bütün bu kaynaklardaki bilgiler derlenerek tez, belirli bölümlere ayrılmış ve düzenlenmiştir. Sayısal verilerden de yararlanarak tablolar, şekiller ve resimler belirli bir düzen içinde kullanılmış ve yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları örneklerle açıklanmıştır.

2. BÖLÜM

GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1. Güneşin Yapısı

Güneş yarıçapı 7×10^5 km ve kütlesi 2×10^{30} kg olan dünyanın 110 katı büyüklüğünde yüksek sıcaklıklı ve yüksek basınçlı olan Samanyolu olarak adlandırılan galaksideki yaklaşık yüz milyar yıldızdan biridir. (Şekil 2.1) Her yıldız gibi güneş de, kendisini oluşturan maddelerin kütle çekimi ile birbirlerini çekmesi sonucunda oluşmuştur. Güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 °K olup iç bölgelerdeki sıcaklığı 8×10^6 K ile 40×10^6 K arasında değişmektedir.



Kaynak: <http://www.jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/Gunesin.Yapisi>

Şekil 2.1. Güneşin Yapısı

Doğal ve sürekli füzyon reaktörü olan güneşin enerji kaynağı 4 hidrojen atomunun 1 helyum atomuna dönüşmesinde gizlidir. 4 hidrojen atomu 4,032 birim ağırlıkta, 1 helyum atomu ise 4,003 birim ağırlığındadır. Bu olay sonucunda ise 0,029 birim ağırlık Einstein' in madde - enerji bağıntısı sonucu enerjiye dönüşmektedir.

Böylelikle güneşte her saniye 564 milyon ton hidrojen 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve kaybolan 4 milyon ton kütle karşılığı 38×10^{22} J (Joule) enerji açığa çıkmakta ve bu enerji ışınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Toplam enerji rezervi $1,785 \times 10^{47}$ J olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. (Öztürk, 2012)

Tablo 2.1. Güneşin Yapısal Isıl Ve Konum Özellikleri.

Özellikler		Değeri
Yapısal Özellikler	Kütle (kg)	19.891×10^a (a=26)
	Hacim (km ³)	1.412×10^a
	Ekvator yarıçapı (km)	(a=15)
	Hacimsel ortalama yarıçap (km)	695.000
	Eliptiklik	696.000
	Ortalama yoğunluk (kg/m ³)	0.00005
	Yüzeydeki kütle çekimi (m/s ²)	1408 274
Kimyasal Özellikler	Hidrojen (%)	92.1
	Helyum (%)	7.8
	Oksijen (%)	0.061
	Karbon (%)	0.030
	Nitrojen (%)	0.0084
	Neon (%)	0.0076
	Demir (%)	0.0037
	Silikon (%)	0.0031
	Magnezyum (%)	0.0024
	Kükürt (%)	0.0015
	Diğerleri (62 değişik element) (%)	0.0015
Isıl Özellikler	Merkez sıcaklığı (°K)	16.000.000
	Yüzey sıcaklığı (°K)	6.000
	Toplam ışın güç (MW)	3.8×10^a (a=20)
Konum ve Hareket Özellikleri	Yer yörüngesine göre eğim (°)	7.25
	Yakın yıldızlara göre hızı (km/s)	19.4
	Eksenini etrafında dönme periyodu (saat)	1609.12

Kaynak: TEV,1994, Başkök,2004

2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden açığa çıkan ışın enerjisidir. Güneş, enerjisini ışıyarak yayar. Aşağıdaki tabloda güneşe ait bazı değerler verilmiştir.

Tablo 2.2. Güneşle İlgili Bazı Büyüklükler.

Çap	1.391.980 km (109 dünya çapı)
Kütle	$1.989.100 \times 10^{24}$ kg (333.000 dünya)
Hacim	$1.412.000 \times 10^{12}$ km ³ (1.304.000 dünya)
Dünyadan Uzaklık	Minimum: 147.100.000 km Ortalama: 149.600.000 km Maksimum: 152.100.000 km
Merkez Basıncı	$2,477 \times 10^{11}$ bar
Merkez Sıcaklığı	$1,571 \times 10^7$ K
Merkez Yoğunluğu	$1,622 \times 10^5$ kg/m ³
Merkez Bileşimi	%35H, %63 He, %2 C,N,O...
Yaşı	$4,57 \times 10^9$ yıl

Kaynak: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi

Neden güneş enerjisi;

Yeryüzünde kullandığımız bütün enerjiler fosil kaynaklı olup tükenbilir enerji kaynaklarıdır ve günümüzde tükenme noktasına gelmiştir. Yeryüzünde bulunan kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynakların rezervi ancak dünyaya ulaşan 20 günlük güneş enerjisi kadardır. Güneşten 40 dakika içerisinde dünyaya yayılan enerji miktarı, yeryüzünde insanoğlunun bir yıl içinde tükettiği enerji miktarı kadardır. Bir günde yeryüzüne ulaşan enerji, 27 yıl dünyada tüketilen toplam enerjiye eşittir. Güneşten dünyaya ışın yolu ile ulaşan enerji, yeryüzünde bir yılda tüketilen enerjinin 10.000 katıdır. (Yerebakan, 2010)

Bu bitmeyen enerji 1970'li yıllardan sonra önem kazanmaya başlamıştır. Uluslararası araştırma kurumlarına göre, bilinen rezervlerle dünyadaki petrole 46-50 yıl arasında ömür hesaplanırken, görünür doğalgaz rezervlerinin tükenme ömrünün de 63 ile 119 yıl arasında olduğu öngörülmektedir. Kömürün ise 119 ile 176 yılda tükeneceği hesaplanmaktadır.

BP petrol şirketinin verilerine göre dünyada kullanabileceğimiz enerji miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Dünyadaki Fosil Yakıtların Kullanılabilir Miktarı. (Yıl)

BÖLGE	PETROL	DOĞALGAZ	KÖMÜR
Kuzey Amerika	15	11,3	235,0
Orta ve Güney Amerika	80,6	53,2	181,0
Avrupa-Asya	21,2	64,8	236,0
Orta Doğu	84,8	-	-
Afrika	36	72,4	131,0
Asya- Pasifik	14,4	37	59,0
TOPLAM DÜNYA	45,7	62,8	119,0
Avrupa	8,2	14,1	55,0
OECD	13,5	14,4	174,0
Eski Sovyet Ülkeleri	25,5	84,2	474,0

Kaynak: <http://enerjienstitusu.com/2011/05/23/dunya-enerji-kaynaklarinin-100-yillik-omru-kaldi/>

Güneş enerjisinin faydaları;

- Tükenmeyen sonsuz enerji kaynağıdır.
- Çevreye ve canlı hayatına zararı olmayan temiz bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon, kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur.
- İhtiyaç duyulan her yerde kullanılabilir. Yerel uygulamalar için uygundur.
- Dışa bağımlılığı ortadan kaldıran tüm dünyanın kullanabileceği, ülkelerin ekonomik bağımlılıklarını ortadan kaldıran bir enerji türüdür.
- Kurulum uygulaması için karmaşık teknolojilere ihtiyaç yoktur.

- Ulaşım problemi yoktur, güneş ışığını gören her yerde güneş enerjisinden faydalanmak mümkündür.
- Çeşitli alanlara kurularak ölü alanlara işlev kazandırılabilir. Bina çatıları, otoparklar, çölleşmiş kurak araziler...
Güneş enerjisinin diğer enerjilere göre sakıncaları;
- Birim yüzeye gelen ışınım az olduğundan büyük yüzey alanlarına ihtiyaç vardır. Bu değer Türkiye’de 1300 W/m² dir.
- Kış aylarında ışınım azdır ve geceleri hiç yoktur.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolanması gerekmektedir.
- Güneş ışınımının dik ve verimli bir şekilde alınabilmesi için çevrenin açık olması gerekmektedir.
- Su ısıtma sistemlerinde verim %60 civarlarında iken bu oran güneş pillerinde %15 kadardır. Melez sistemler ile (hidrojen üretimi) %55’ e kadar çıkmaktadır. (Ünalın, 2006)

2.3. Güneş Enerjisi Dönüşümleri

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık olarak %30’ u yansıma ve saçılmalarla uzaya geri gider. Yaklaşık %20’ si hava kürede soğurur. Gelen enerjinin geri kalan % 50’ si ise yeryüzünde soğurur. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinden, doğal ve yapay dönüşümler ile yararlanır.

Tablo 2.4. Güneş Enerjisi Dönüşümleri

Güneş Enerjisi Dönüşümleri	
Doğal Dönüşümler	Yapay Dönüşümler
*Toprak ve suyun ısınması *Fotosentez *Su döngüsü *Rüzgar ve dalga oluşumu *Doğal yangınlar	Güneş ışınımı- ısı (toplaçlar) Güneş ışınımı – elektrik (güneş pilleri) Su gücü – mekanik – elektrik (barajlar) Rüzgar – elektrik- mekanik (türbinler) Biokütle – ısı – gaz ve sıvı yakıt (biyolojik, kimyasal ve ısı kimyasal dönüşüm) Fosil yakıt – ısı –elektrik (elektrik ve ısı üretim merkezleri) Güneş mimarlığı uygulamaları

Kaynak: Öztürk, H. (2012). Güneş Enerjisi ve Uygulamaları

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin doğal dönüşümlerinden birisi, suların buharlaştırılarak, dünyadaki su döngüsünün sağlanmasıdır. Bu işlem gerek biz insanlar için, gerekse tüm canlılar için çok önemlidir. Diğer bir dönüşüm ise fotosentezdir. Fotosentez canlılar için yaşam demektir. Bir saniyeden gelen güneş enerjisinin, yaklaşık on binde ikisi bu işlem için harcanır. Diğer bir deyişle, bitkiler tarafından toplanır. Bitkiler, gelen güneş enerjisini kullanarak fotosentez yapar ve böylece biokütle oluşur. Diğer bir güneş enerjisi dönüşümü rüzgar ve deniz dalgalarıyla okyanus akıntılarıdır. Rüzgarların, oluşmasında, atmosferdeki bazı bölgelerin değişik etkenler nedeniyle, diğer bölgelere kıyasla, daha sıcak veya daha soğuk olmasından kaynaklanan basınç farklılıkları etkin olmaktadır. Bu ısınma ve soğumalarda da güneş etkin rol oynamaktadır. Deniz dalgaları ve akıntıları temelde rüzgarın etkisiyle ortaya çıkar. Dolayısıyla, hem rüzgar, hem de deniz dalgaları ve akıntılar birer güneş enerjisi türevidir. (Öztürk, 2012;36)

2.3.1. Güneş Enerjisinin Isı Enerjisine Dönüşümü

Güneş enerjisinden Isı enerjisi elde etmek için uygulanan yöntemleri düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olarak üç başlık altında incelemek mümkündür. Düşük sıcaklık uygulamalarında, güneş, ısı enerjisini sıvı yardımıyla düzlemsel güneş kolektörlerine aktarılır. Bu sistemlerin ulaştıkları sıcaklık 70 °C civarındadır. Kolektörler bulunduğu bölgenin enlemine bağlı olarak güneş ışığının maksimum alacak şekilde sabit bir açıyla yerleştirilirler. Bu sistemlerle su, konut ve sera ısıtması sağlanabilir. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanı 30 milyon m²'nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye, 7,5 milyon m² kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır. (Koryürek, 2008)

Orta sıcaklık uygulamalarında ise güneş ısınımı odaklı toplayıcılarla toplanarak sanayi tesisleri için gerekli olan sıcak su veya buhar ihtiyacı karşılanabilmektedir. Bu tür sistemlerde, güneş ışığını sürekli olarak alabilmek için genellikle güneşi izleyen mekanizmalar kullanılır. Üçüncü grup olan yüksek sıcaklık uygulamalarında ise 300 °C civarında çalışılmaktadır.

Bu tip uygulamalarda geniş bir alana gelen güneş ısınımı tek bir noktaya odaklanarak daha yüksek sıcaklıkların elde edilmesi sağlanır.

2.3.2. Güneş Enerjisinin Elektrik Enerjisine Dönüşümü

Güneş enerjisi kullanılarak elektrik elde edilmesi iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir. Birinci yöntem güneş kolektöründen sağlanan yüksek sıcaklıkla basınçlı buhar elde edilmesiyle başlar. Elde edilen buhar bir güç çevriminde değerlendirilerek türbin jeneratör grubu vasıtasıyla elektrik enerjisi üretilir. Bu yöntemle elektrik elde edilmesinde verim düşüktür. İkinci yöntem; güneş ışınımının fotovoltaik piller vasıtasıyla doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesi şeklindedir. Güneş pili uygulamaları son yıllarda büyük ilgi görmüş ve uygulama olanakları artmıştır. Günümüzde ise güneş pili üretimi zahmetli ve birim maliyeti yüksektir. (Koryürek, 2008)

2.3.3. Su Gücü İle Mekanik Enerjinin Elektrik Enerjisine Dönüşümü (Hidrolik Sistemler)

Akarsulardaki suların barajlarda toplanarak yüksekten aşağıya düşürülmesi ile türbin çarkları döner ve türbin shaft miline akuple bağlı jeneratör çıkışından elektrik enerjisi elde edilir. Bu tür enerji üretim sistemlerine hidroelektrik santralleri denilmektedir. Hidroelektrik santralleri de yenilenebilir enerji sistemlerindedir. (Anonim,2013)

2.3.4. Rüzgar Türbinlerinden Elektrik Enerjisi Dönüşümü

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok kullanılan sistemlerden biride rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimidir. Rüzgar türbinleri, rüzgar alan açık arazilerde kurulur. Rüzgar türbinlerinde (çok büyük pervaneli, yüksek kuleler) elde edilen mekanik enerjinin, alternatör sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle enerji üretilmiş olur. Bu şekilde çalışan santrale ,rüzgar enerji santrali adı verilir. (Anonim,2013)

2.3.5. Biokütle Enerjisinden Elektrik Enerjisi Dönüşümü

Biokütle, bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Karbon içeren organik maddeler oksijenle reaksiyona girdiklerinde ısı açığa çıkarırlar.

Katı organik atıklardan özellikle orman ve tarım artıklarından en basit şekilde enerji dönüşümü, onları direkt yakmakla mümkün olmaktadır. Bu şekilde yalnız hava kirliliğine yol açan enerji elde edilmiş olur. Direkt yakmanın en büyük alternatifini ise piroliz veya gazlaştırmadır. Bu yöntemler sayesinde katı yakıttan sıvı ve gaz yakıtlar üretilmektedir. Biokütlenin geride kül ve cürufat bırakmayacak şekilde hava ile belirli bir basınç altında ısıtılması sonucunda yanar nitelikte gaz üretilir. Üretilen bu gaz hidrojen ve karbon monoksit yönünden zengin olduğundan kimya sanayiinde ana madde olarak kullanılabilir. Teknolojide, biokütlenin en uygun şekilde kullanılabilmesi için onun bazı özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bunlar, nem oranı (% olarak su miktarı), karbon/nitrojen oranı (C/N), kimyasal ve fiziksel özellikleridir. Enerji dönüşümünde kullanılacak bioküteller için bu değerlerin bilinmesi son derece önemli olmaktadır.

İçinde % 35'den daha fazla su ihtiva eden biokütle termokimyasal dönüşüm sonucu elektrik üretimi için uygun değildir. Biokütle içerisinde yüksek oranda şeker bulunuyorsa bu ürün alkol fermantasyonu ve anaerobik fermantasyon için uygundur. Nem oranının yanında parça boyutu da uygun dönüşüm sisteminin seçiminde önemli bir parametredir. Direk yakma için %8-15 arası nem oranı uygun olup, ocak ateşinde yakmada 50-100 cm arası parça boyutu idealdir. Bu boyut, pişirme sobasında 15-35 cm'ye kadar düşer. Karbonlaştırma işlemi %8-15 arası nem oranları tercih edilir. Odunun gazlaştırma sistemde kullanılabilmesi için odun içindeki nemin ayarlanması gerekir. Bu da ancak kurutma işlemi ile gerçekleşir. Enerji yoğunluğunu birim hacim başına artırmak için briketleme işlemi yapılır. Böylece daha kolay taşıma ve stoklama sağlanır. (Anonim, b.t.)

2.3.6. Fosil Yakıtların Isı Enerjisiyle Elektrik Enerjisi Dönüşümü

Termik santraller kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması sonucu mekanik enerji elde edilen bir merkezdir. Burada kazan bölümünde dolaşan su çok sıcak buhar haline dönüşür. Bu buhar yüksek basınç altında (135 bar) ve yüksek sıcaklıkta (535 °C) türbinin yüksek basınç bölümüne daha sonra da tekrar kızdırılarak orta ve alçak basınç bölümüne gönderilir. Bu döngü sonrasında ısı enerjisi mekanik enerjiye döndürülmüş olur. Burada elde edilen mekanik enerji ile türbin miline bağlı elektrik jeneratörünü döndürmüştür. Elektrik jeneratörünün çalışma prensibi, bakır gibi iletken bir telin manyetik bir alan içinde hareket ettirilmesi sistemine göre çalışır. Elektrik jeneratörü, bir mıknatıs içinde (ROTOR) sarı iletken tellerin bulunduğu (STATOR), ve bu tellerin mıknatıs içinde dönmesiyle mekanik enerji, elektrik enerjisine dönüşmüş olur. (Anonim, b.t.)

Nükleer santral için, zenginleştirilmiş uranyum gereklidir. Uranyumun fisyon tepkimesine girmesiyle oluşan enerji su buharının çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmasını sağlar. Yüksek sıcaklıktaki buhar, elektrik jeneratörüne bağlı olan türbinlere verilir. Türbin kanatlarına çarpan yüksek enerjili buhar, türbin shaftını çevirir ve jeneratörün elektrik enerjisi üretmesi sağlar. Jeneratörde oluşan elektrik ise iletim hatları ile kullanılacağı yere gönderilir. Türbinden çıkan basınç ve sıcaklığı düşmüş buhar, tekrar kullanılmak üzere yoğunlaştırıcıya gider ve su haline geldikten sonra tekrar parçalanır, açığa çıkan enerji ile ısıtılarak buhar haline getirilir ve bu şekilde döngü devam eder. (Zabunoğlu, 2012)

2.3.7. Güneş Mimarlığı Uygulamaları

Mimaride güneş enerjisinden değişik amaçlarla aktif ve pasif olarak yararlanmak mümkündür. Burada pasif sistem olarak güneş pencereleri, kış bahçeleri, trombe duvar sistemi, çatı havuzu gibi sistemlerden faydalanılmaktadır. En genel ifade ile güneş mimarlığı yapının tasarım özelliklerinden faydalanılarak güneş enerjisinin yapıya alınması ve ısı elde edilmesidir.

Aktif sistemler ise; kullanım amacına göre üretilmiş güneş pilleri tarafından yutulan güneş ışınımını, alternatif akım ya da doğru akım enerjisine dönüştürüp bunun yapıda kullanımına olanak veren mekanik veya elektronik elemanların birleşiminden oluşan sistemlerdir. Güneş enerjili ısıtma sistemleri solar termal sistemler, fotovoltaik sistemler, güneş enerjili ısıtma sistemler, düz toplaçlar, vakum tüplü toplaçlar bilinen en genel sistemlerdir. (Sakinç ve Şerefhanoglu, 2008)

2.4. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinden günümüzde birçok alanda faydalanılmaktadır. Konutların ısıtılmasından, soğutulması ve aydınlatılmasına, yemek pişirmeden sıcak su teminine, havuzların ısıtılması ve tarım teknolojilerinde, seraların ısıtılmasında ve tarım ürünlerinin kurutulmasında kullanılmaktadır. Sanayide, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesine, güneş pompaları, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarında; ulaşım ve iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, havacılık ve uzay sanayisinde ve daha birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.5. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. EİE tarafından yapılan çalışmaya göre; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, (günlük toplam 7,2 saat) ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğunu tespit etmiştir. (EİE, 2015)

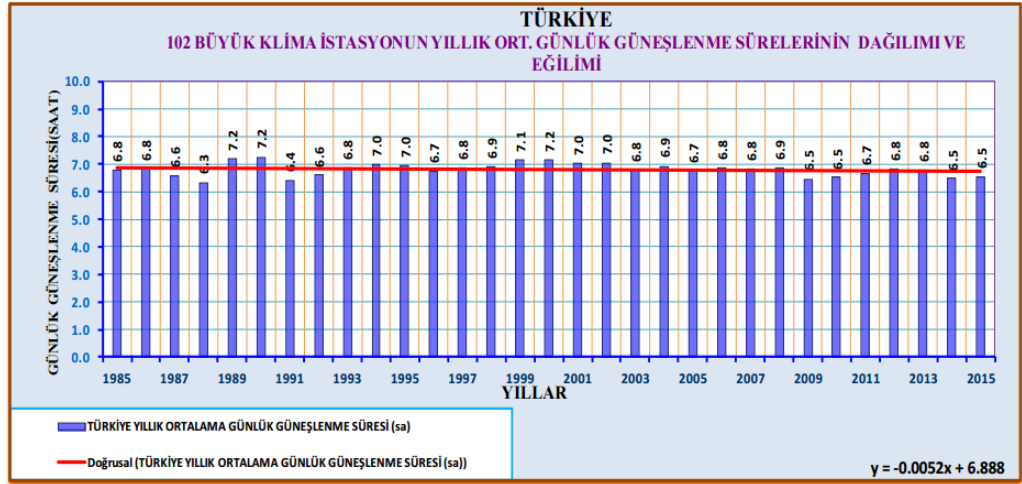
Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Tablo-2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (KCal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/Ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>

Tablo 2.6. Yıllık Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi 1985-2015 Yılları Arasında Dağılımı.



Kaynak: <http://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/turkiye-gunluk-guneslenme-suresi-7.pdf>

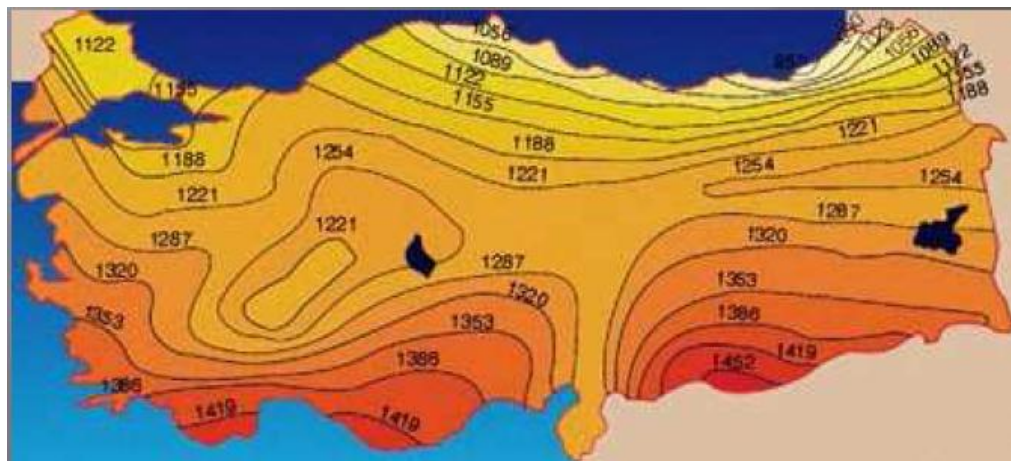
Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı Tablo-2.7 de verilmiştir.

Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir. (EİE, 2015)



Kaynak: <http://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/turkiye-gunluk-guneslenme-suresi-7.pdf>

Şekil 2.2. Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi Dağılımı.



Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>

Şekil 2.3. Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyeli.

Tablo 2.7. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.

Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı		
BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m²-yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>

2.6. Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi Ve Türkiye'deki Yeri

Güneş enerjisinden istifade edebilmek için insanların yaptığı çalışmalar çok eski tarihlere dayanmaktadır. İlk defa Sokrat (M.Ö. 400) evlerin güney yönüne fazla pencere konularak güneş ışınımının içeri alınmasını belirtmiştir.

Çalışmalar 1600'lü yıllarda Galilenin merceği bulmasıyla gelişme göstermiş ve akabinde 1925 yılında Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan su pompası geliştirilmiştir. Fransız bilim adamı Mohuchok 1860' da parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş odakları üzerinde deney yapmıştır.

Petrole olan önemin artması ile güneş enerjisine yönelik çalışmalar birinci dünya savaşı sıralarında oldukça azalmıştır. 1930 yılından sonra araştırmalar tekrar hızlanmasına rağmen araştırmalar kurumlarının dışına çıkmamıştır. 1960 yılına petrol krizinin ortaya çıkması ile insanlar alternatif enerji kaynakları konusunda çalışmalar yapmaya yönelmiştir. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak güneş enerjisi üzerine yoğunlaşmıştır. (Yerebakan, 2010)

Türkiye’de Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihçesi;

Ülkemizde 1960’ların başlarında güneş enerjisi ilk defa alternatif enerji kaynağı olarak anlaşılmış bazı yatırımcılar ve üniversitelerde verilen tezler ile bu konu da çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1970’lerin ortalarında dünyadaki güneş enerjisi teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de güneş enerjisinin ısı uygulamaları önem kazanmış ve bu alandaki çalışmalar artmıştır.

Güneş enerjisi konusunda ilk ulusal kongre 1975 yılında İzmir’de gerçekleşmiştir. Yine ilk pasif güneş enerjisi uygulaması Ortadoğu teknik üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde 1975 yılında tesis edilmiştir.

Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ağırlıklı olarak ODTÜ, İTÜ, Yıldız teknik üniversitesi ve ege üniversitesi tarafından yaygın olarak yürütülmektedir. Türkiye’deki ilk güneş enerjisi enstitüsü Ege üniversitesi bünyesinde 1978 yılında kurulmuştur. 1980’lerin sonunda devlet destekli olan TÜBİTAK bünyesindeki MBEAE tarafından yürütülmektedir. MBEAE güneş enerjisi düşük sıcaklık uygulamaları ve Türk endüstrisinin ısı enerji ihtiyacının modellenmesi konusundaki projeleri 1977- 1985 yılları arasında ağırlıklı olarak desteklemiştir. TÜBİTAK bünyesinde kurulan Ankara elektronik araştırma ve geliştirme enstitüsü güneş pillerinin tasarımı ve üretimi konusundaki çalışmalara destek vermektedir.

Uluslararası güneş enerjisi derneği Türkiye şubesi (International Solar Energy Society Turkey Branch UGET-TB) 1992 yılından itibaren Türk devletinin izniyle aktif olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

Diğer taraftan elektrik işleri etüt dairesi (EİEİ) de güneş enerjisi ile su ısıtma, aktif ve pasif ısıtma, yoğuşmalı toplayıcılar ve güneş pilleri konusundaki çalışmalara imkan sağlamaktadır. Bu kuruluş yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş ve rüzgar enerjisinin geliştirilmesinden sorumludur. (Yerebakan, 2010)

3. BÖLÜM

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde fotovoltaik sistemlerin tanımlanması, güneş panelleri ve fotovoltaik sistemler, fotovoltaik panellerin yapısı, fotovoltaik sistem bileşenleri, güneş panellerinin üretim süreçleri ve güneş hücresi çeşitleri, güneş hücresi etkinliklerinin karşılaştırılması, fotovoltaik sistem türleri ve fotovoltaik tarihi konuları açıklanacaktır.

3.1. Fotovoltaik Sistemlerin Tanımlanması

Fotovoltaik kelimesi İngilizce “photo” (ışık) ve “voltaic” (elektrik üreten) kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuştur.

Fotovoltaik güneş hücreleri üzerine düşen güneş ışınlarını içeriğinde bulunan yarı iletken silikon maddeler ile doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Genel olarak yüzeyleri kare, dikdörtgen veya dairesel formlardadır. Yüzey alanı 100, 156 ve 243 cm² kalınlıkları ise 0,2 ila 0,4 mm arasında değişmektedir. Birim alandan 1 Watt elektrik enerjisi elde edilir.

3.2. Güneş Hücrelerinin Yapısı Ve Fotovoltaik Sistem

Fotovoltaik güneş hücresi birbirine zıt iki yarı iletken katmandan oluşmuştur. Bu iletken katmanlar silisyum, kadmiyum tellür, galyum arsenit gibi malzemelerden üretilmektedir. Bu maddelerin güneş pili yapımında kullanılabilmesi için fosfor, alüminyum indiyum, bor gibi maddelerle işlem görerek N ya da P tipi yarı iletken maddelere dönüştürülürler. Yarı iletkenin N ya da P olması eklenen maddeye bağlıdır. En yaygın kullanılan silisyumdan N tipi silisyum elde etmek için silisyum erisine fosfor eklenir. Silisyum atomunun dış yörüngesinde 4 elektron, fosfor atomunun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için fosfordaki fazla olan 1 elektronu kristal yapıya verir. Bu sebeple 5. Grup elementlerine N tipi ya da verici katkı maddesi denir.

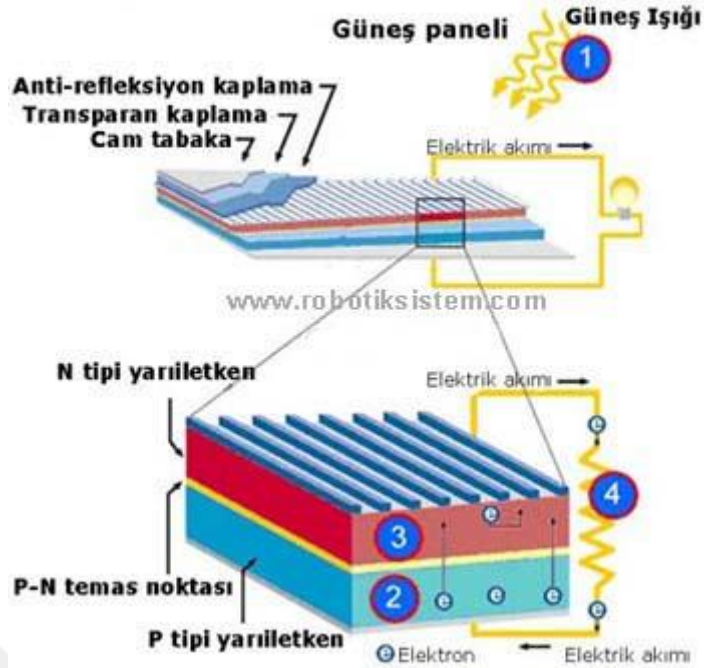
Diğer bir şekilde P tipi bir silisyum elde etmek için silisyum eriği içine periyodik cetveldeki 3. Grup bir element (alüminyum, indiyum ya da bor gibi) eklenir. 3 grup elementin son yörüngesinde bulunan 3 elektron olduğundan kristal yapının 1 elektron eksikliği oluşur bu duruma boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de P tipi yafa alıcı katkı maddeler denir. P ya da N tip ana malzemeler içerisine gerekli katkı maddeler katılarak yarı iletken eklemler oluşur. P ve N tipi yarı iletkenler bir araya gelmeden önce her iki madde elektriksel bakımdan yüksüz (nötr) dür. PN eklem oluştuğunda, N maddesindeki elektronlar, P maddesine doğru akım oluşturur. Bu olay her iki tarafta yük dengesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde, P bölgesinde negatif N bölgesi tarafında ise pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine geçiş bölgesi denir.

Fotovoltaik Güneş Hücrelerinin Çalışma Prensibi;

Güneşten gelen ışınlar güneş hücresine temas ettiğinde hücrenin dış yüzeyindeki geçirgen tabakadan geçerek yarı iletken madde tarafından emilir. Işığın emilmesiyle serbest kalan elektronlar elektrik akımını oluştururlar.

Güneş pilinde çok elektrona sahip P tipi yarı iletken madde ve az elektrona sahip olan N tipi yarı iletken madde bulunur. Güneş ışığı P tipi yarı iletken maddeden elektron koparır. Enerji kazanan elektronlar N tipi yarı iletken maddeye doğru akarlar. Bu sabit ve tek yönlü elektron akışı DC doğru akımı oluşturur. Elektronlar kurulan devreler boyunca akarak pillerin şarj edilmesinde ya da farklı alanlarda kullanılır ve P tipi yarı iletken maddeye geri döner.

Aşağıda şekil 3.1 de fotovoltaik hücre yapısı ve P N yarı iletkenlerin durumu gösterilmiştir.



Kaynak: http://www.robotiksistem.com/gunes_pilleri_nedir.html

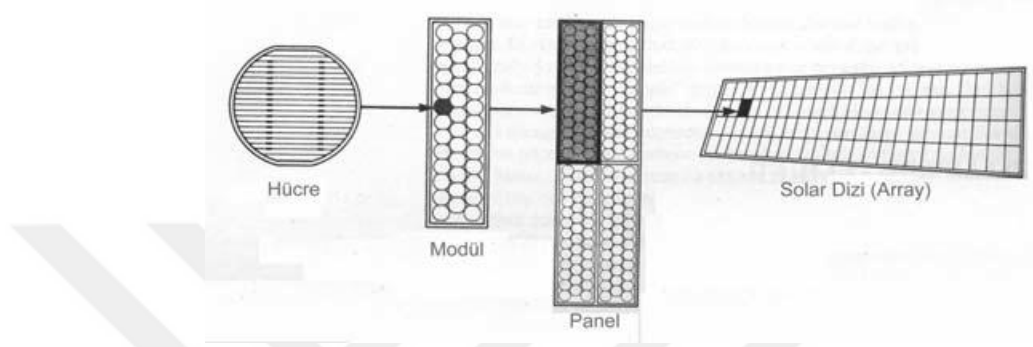
Şekil 3.1. Fotovoltaik Hücrenin Yapısı.

Yarı iletken eklemine güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümünü sağlaması gerekir. Bu dönüşüm P ve N bölgeleri arasında elektron akışıyla gerçekleşir. Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandı oluşur. Bu bantlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alır. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman enerjisini valans bandındaki bir elektrona vererek elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Bu şekilde PN eklem güneş pilinin ara yüzeyinde elektronlar P bölgesinden N bölgesine geçerken N bölgesinden P bölgesine akımı hareketliliği sağlanmış olur. Bu şekilde tekrar bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla elektron hareketliliği devam eder. (Goetzberger ve Hoffmann, 2005)

3.2.1. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri

Fotovoltaik modüller, fotovoltaik sistemin en temel ve en önemli parçasıdır. Fotovoltaik güneş hücreleri, güneşten aldıkları güneş ışığından elektrik üreten yarı iletken malzemelerden üretilmişlerdir.

Boyutları genelde kare, dikdörtgen ve daire formunda olup yüzey alanları 100 cm²'dir. Kalınlıkları 0,2 mm ile 0,4 mm arasında değişmektedir. Bir adet fotovoltaik güneş hücresinden üretilen elektrik miktarı çok azdır. Bu nedenler fotovoltaik güneş hücreleri seri ya da paralel bağlanarak fotovoltaik modülleri, modüllerde birleşerek panelleri, panellerde birbirine bağlanarak dizileri oluştururlar. (Çelebi, 2002)



Kaynak: Gülser Çelebi Mimarlık Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi Cilt 17, No 3, 17-33, 2002

Şekil 3.2. Fotovoltaik Hücre, Modül, Panel ve Solar Dizisi.

3.2.1.1. Alüminyum Çerçevesiz ve Camlı Modüller

Fotovoltaik güneş hücrelerinden oluşturulan fotovoltaik panel alüminyum bir çerçeve içerisine yerleştirilir. Modül üzerindeki cam, pilleri çevresel etkilere karşı muhafaza edecek bir film tabaka ile kaplanır. En çok kullanılan fotovoltaik modül tipleridir. (Oluklulu, 2001)

3.2.1.2. Çerçevesiz Modüller

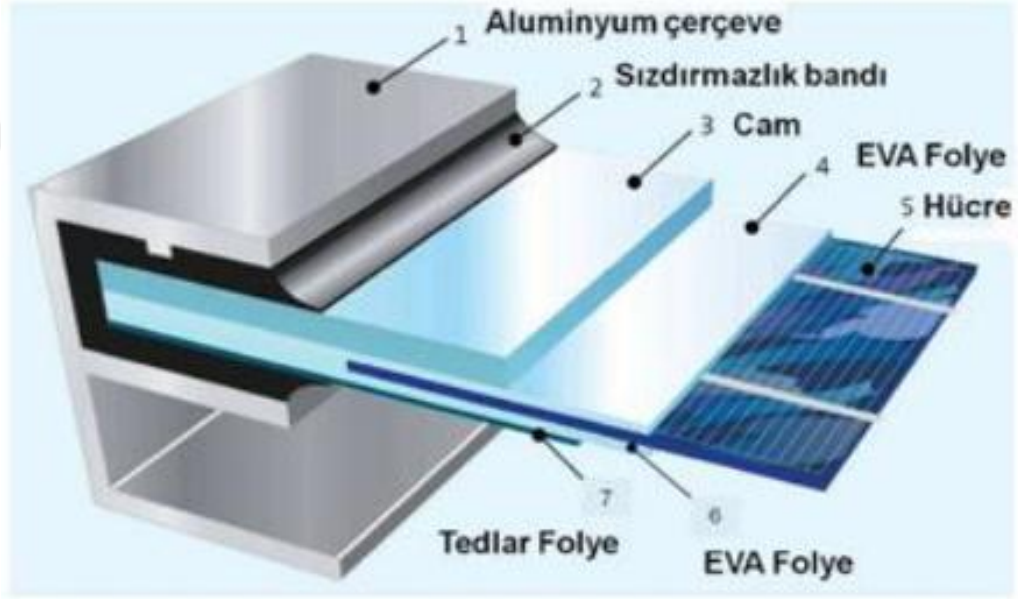
Çok yüksek verimliliğe sahip mono kristal silikon fotovoltaik pillerinden yapılır ve iki tabaka halinde optik filmlerle kaplanırlar. Modülün arka kısmı PET (Poly Ethylene Terephthalate) filmi ile ortada fotovoltaik pili, ön kısmı ise pet film ya da cam malzemedan oluşturulur. Genelde trafik ikaz ışıkları veya hibrit sistemler gibi şebeke bağlantısının gerekmediği durumlarda kullanılır. (Anonim, b.t.)

3.2.1.3. Metal Tabanlı Modüller

Optik film tabakaları arasında ince tabakalara ayrılmış mono kristal silikon güneş hücresi pillerinden üretilir. Özel yapışkan ve yalıtım yapan kaplama ile kaplanmış paslanmaz çelik, metal ya da alüminyum alaşımdan imal edilmiş konstrüksiyon üzerine oturtulur. Modüller metal bir taban üzerine, alt kısmında PET film, orta kısımda fotovoltaik piller, ön kısımda yine Pet film ya da camdan oluşan bir yapıdadır. (Sayın, 2006)

3.2.1.4. Çift Yüzeyle Modüller

Her iki yüzeyinden de enerji üreten modül tipidir. Bu modüller her türlü fotovoltaik uygulamalarında kullanılabilirler. Bu tip modüller enerji üretim maliyeti açısından oldukça ekonomiktirler.



Kaynak: http://www.trcdurasolar.com/kullanim_alanlari_gunes_panelleri.html

Şekil 3.3. Tipik Bir Fotovoltaik Modül Yapısı.

3.2.1.5. Aküler

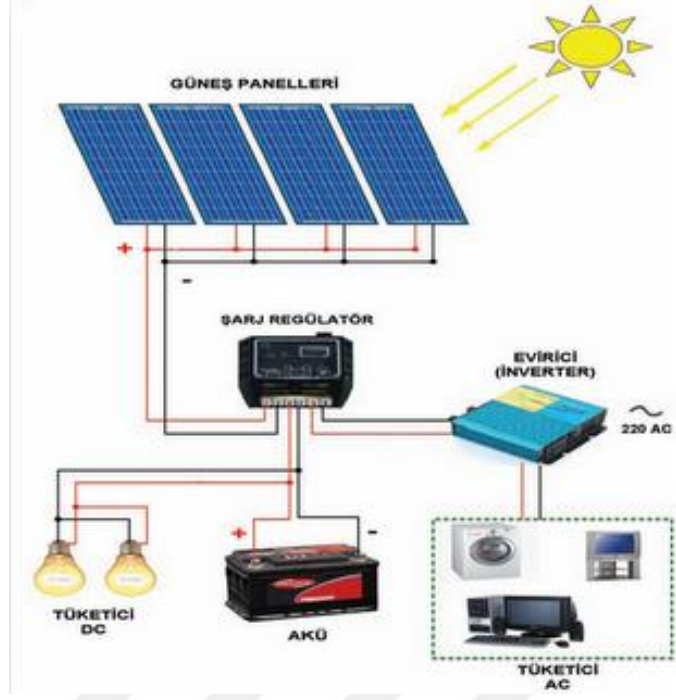
Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, ihtiyaç halinde depolanan enerjiyi elektrik enerjisi olarak veren cihaza akü denir. Fotovoltaik hücreler tarafından üretilen fazla enerjinin depolanması için akülere ihtiyaç vardır. Güneş enerjisinin depolanmasında en çok kurşun-asit ve nikel-kadmiyum tipli aküler kullanılmaktadır.

3.2.1.6. Şarj Denetim Birimleri (Regülatör)

Regülatör, fotovoltaik panelden gelen akımı düzenleyerek aküye iletilmesini sağlayan birimlerdir. Regülatörler akünün tam dolmasını ve deşarj (boşalmasını) olmasını engeller. Regülatör seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli parametre, regülatörün ihtiyaç duyulan maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Seçilen regülatörün, kullanılan batarya voltajı ile uyumlu olmasına da dikkat edilmelidir. Şarj regülatörleri kullanılacak sisteme göre 12V/24V/48V (volt) ve/veya 10A/20A/ 40A/ 60A (amper) gibi değerlerde değişir. (Anonim, b.t.)

3.2.1.7. İnvvertörler

İnvvertörler doğru akımı alternatif akıma dönüştüren cihazlardır. Güneş enerjisinden üretilen enerji (DC) doğru akım, evlerde kullandığımız elektrikli cihazlar ise (AC) alternatif akımlıdır. 12-24 volt olan doğru akımı 220 volt 60 Hz şebeke elektriğine çevirirler. Verimleri %93 civarındadır. (Pearsall ve Hill, 2001)



Kaynak: <http://www.guneshaber.net/haber/1526-teknik-bilgiler-gunes-panellerinin-topraklanmasi-ve-yildirimdan-ko.html>

Şekil 3.4. Güneş Panel Sistemini Oluşturan Temel Donanımlar.

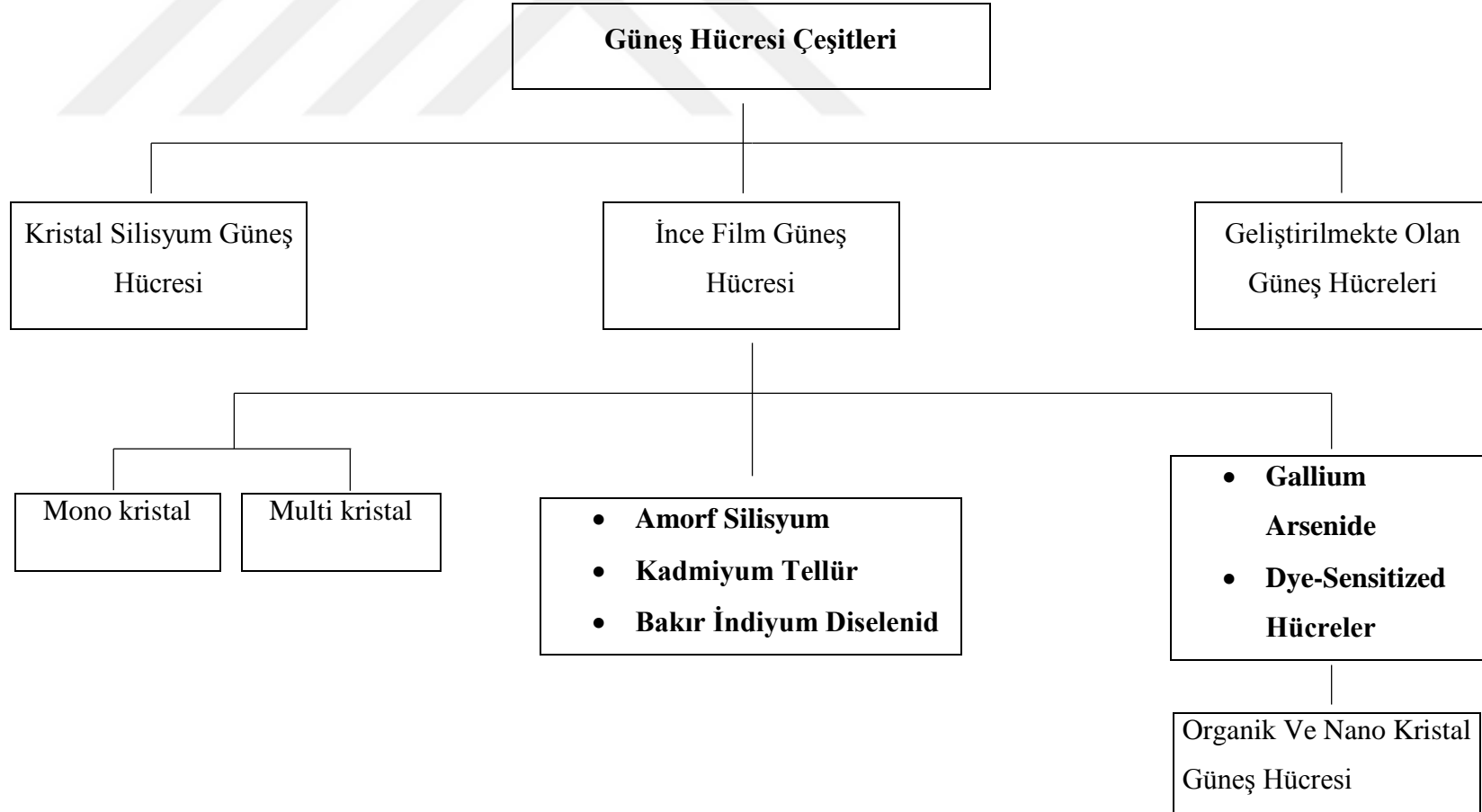
3.2.1.8. Diğer Sistem Bileşenleri

Fotovoltaik sistemlerden elektrik üretebilmek için, fotovoltaik modül, akü, regülatör, invertör gibi bileşenler dışında başka bileşenlere de ihtiyaç vardır. Bu bileşenler, diyotlar, kablolar, bağlantı kesme elemanı, sigortalar, topraklama elemanları, aşırı akımdan koruma elemanı ve diğer montaj parçalarıdır. Bu elemanların tamamı bir fotovoltaik modülden enerji üretmek ve bu enerjinin yapılarda kullanımını sağlamak için gerekli olan parçalardır.

3.3. Güneş Hücresi Çeşitleri

Fotovoltaik hücreler çeşitli malzemelerden üretilmektedirler. Güneş hücrelerinin %98'i (Si) silisyumdan üretilmektedir ve silisyum dünyada bol miktarda (SiO₂ kuvars) bulunur. Üretilen malzeme çeşidine göre bu hücreler genel olarak kristal silisyum, ince film ve çok katmanlı güneş hücreleri olarak üç grupta incelenebilir. Aşağıdaki grafikte de şematik olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Güneş Hücresi Çeşitleri.



3.3.1. Kristal Silisyum Güneş Hücresi

Güneş pili yapımında en çok tercih edilen hücre tipidir. Güneş ışınlarını yutma oranı düşük olmasına karşın verimleri %12-16 arasındadır. Hücre ve modül verimlilikleri hücre tipine göre değişiklik gösterir. Bu hücre tipleri, monokristal ve polikristal olarak ikiye ayrılırlar. (Yerebakan, 2010)

3.3.1.1. Monokristal Silisyum Güneş Hücresi (c-Si, SIN)

Mono kristal silisyum güneş hücresi verimi en yüksek olan pillerdir. Silisyum malzemesinin özelliklerini uzun süre muhafaza etmesi, yapısal ve elektriksel özelliklerinin madde içinde her yerde aynı olup homojen bir yapıya sahip olması nedeniyle fotovoltaik piller arasında en çok tercih edilme sebebi olmuştur. Verimleri % 15-18 arasındadır ve uzun vadeli yatırımlar için uygundur. Buna rağmen üretim süreci karmaşık ve diğer türlere göre pahalıdır. Verimlilikleri laboratuvar ortamında %20 ye kadar ulaşmıştır. Siyah, koyu kahverengi renklerinde ve homojen bir görünüme sahiptirler.(Yerebakan, 2010)

3.3.1.2. Polikristal Silisyum Güneş Hücresi (Poly-Si)

Çok kristalli güneş hücresi üretiminde ham silikon vakum altında 1500 °C ye ısıtılır ve eriyik olan silisyum kare veya üçgen formlarda dökülür. Daha sonra ergime kabında 800 °C ye kadar soğutulur. Bu işlem sonunda 300 mm boyunda 400x400 mm ebadında silikon bloklar elde edilir. Bloklar kesilerek 0,3 mm kalınlığındaki levhalar haline getirilir. Bu kesme işleminde silikonun bir kısmı toz olarak kaybedilir. Fosforla karıştırıldıktan sonra arka kontak eklenir. Son olarak da elektriksel kısımlar ön yüze eklenir ve yansıma önleyici kaplamalar yapılarak işlem tamamlanmış olur. Polikristal güneş hücresi üretimi monokristal hücrelere göre daha basit üretilir ve daha ucuzdur. Ortalama verimlilikleri %12 -14 civarındadır. Fiyatının uygun olmasından dolayı çok tercih edilmektedir. Aşağıdaki şekil 3.5 de polikristal silikon bloklar ve üretimi tamamlanmış polikristalli silikon pil görülmektedir. (Koryürek, 2008)



a)

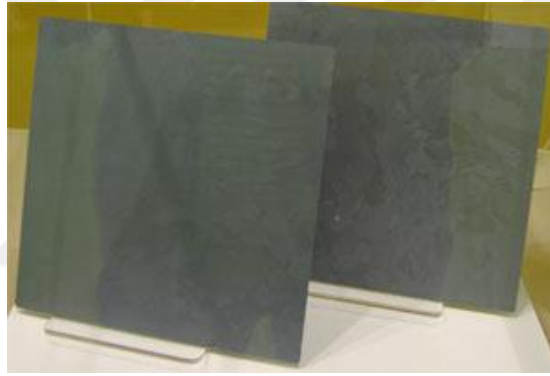


b)

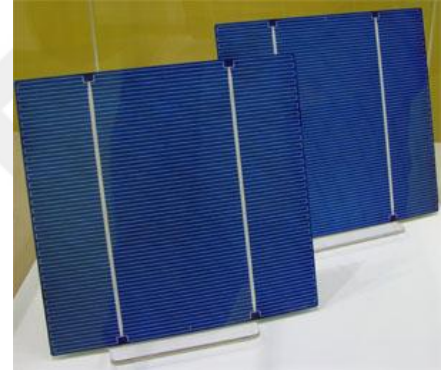
Kaynak: <http://www.guinessistemleri.com/forum/viewtopic.php?f=2&t=47>

Şekil 3.5. a) % 99,99 Saf Silisyum.

Şekil 3.5. b) Eritilerek Külçe Haline Getirilmiş Silisyum Bloğu.



a)

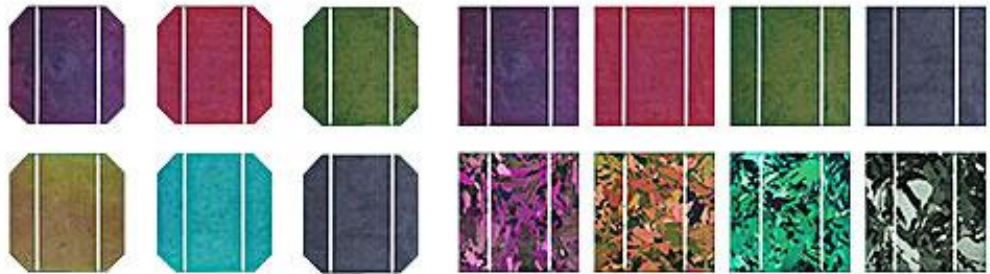


b)

Kaynak: <http://www.guinessistemleri.com/forum/viewtopic.php?f=2&t=47>

Şekil 3.6. a) 0,3 mm Kalınlığında İnce Dilimlenmiş Güneş Hücresi.

Şekil 3.6. b) Polikrsital Levhalar Tamamlanmış Polikristal Güneş Hücresi.



Kaynak: http://www.solarbuildingtech.com/Custom_Overlay_Panels/custom_overlay_n_make_solar_panel.htm

Şekil 3.7. Çeşitli Renklerde Üretilmiş Polikristal Güneş Hücreleri.

3.3.2. İnce Film Güneş Hücresi

İnce film güneş hücreleri üretiminde genellikle polikristal güneş hücresi üretimindeki malzemeler kullanılmaktadır. Çok ince mikrometre düzeyindeki silisyum damarlarından oluşur. İnce film güneş hücreleri çok ince katmanlı bir yapıya sahip olduklarından üretim maliyetleri diğer kristalli yapılara göre düşüktür. Kristalli hücrelerde üretim için gerekli olan sıcaklık 1500 °C iken, ince film hücrelerde 200 °C - 500 °C civarındadır. İnce film güneş hücreleri istenilen formlarda kullanılabilirlerinden dolayı kullanım ve üretim açısından daha esneklerdir. Verimlilikleri ise %10 civarındadır.

İnce film güneş hücreleri gibi üretimi yapılan 3 farklı güneş hücresi mevcuttur. Bunlar; amorf silisyum (a-Si) güneş hücresi, kadmiyum tellür (CdTe) güneş hücresi ve bakır iridyum diselenid $CuInSe_2$ (CIS) güneş hücresidir. (Koryürek, 2008)

3.3.2.1. Amorf Silisyum Güneş Hücresi

Amorf silisyum güneş hücreleri ince film güneş hücresi türündedir. İnce film hücre gibi çok ince katmanlıdır. Kristal yapıdan ayıran en önemli özellik ise atomlarının dizilişinin dağınık olmasıdır. Amorf silisyum güneş hücreleri de ince film hücreler gibi kavisli ve bükümlü yüzeylere uygulanabilir. Amorf güneş hücrelerinin verimliliği kristal hücrelere oranla çok düşüktür. Verimlilik % 6 civarındadır ve üretim maliyeti çok düşüktür. Rengi kırmızımsı kahverengidir. Düşük maliyet ve yüksek verimlilik gerektirmeyen uygulamalarda kullanılabilirler. (Keleş, 2008)

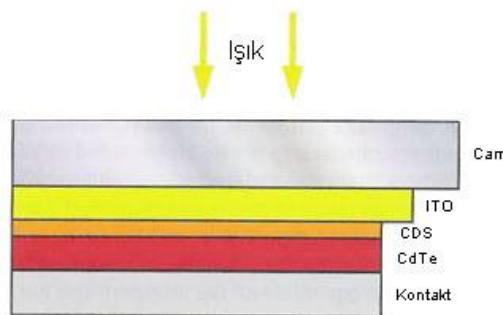


Kaynak: http://www.alternaturk.org/gunes_pili_malzeme.php

Şekil 3.8. Amorf Silisyum Güneş Hücresi.

3.3.2.2. Kadmiyum Tellür Güneş Hücresi

Periyodik tablonun ikinci gurubunda bulunan kadmiyum elementi ve altıncı gurubunda bulunan tellür elementinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan kadmiyum tellür (CdTe) yarı-iletkeni güneş radyasyonunun büyük bölümünü absorbe edebilecek yapıdadır. Yüksek soğurma özelliği yanında, ince film büyütme teknolojisinin birçoğu ile kolayca üretime olanak tanınması, geniş yüzey alanlı güneş pili üretiminde CdTe birleşik yarı iletkeninin öne çıkmasını sağlamıştır. Kadmiyum tellür güneş pilleri bir cam tabakanın altına ön kontak olarak saydam bir iletken tabaka (genellikle indiyum çinko oksit, ITO) kullanılarak imal edilir. Bir sonraki tabaka olabildiğince ince tutulan N tipi katkılanmış kadmiyum sülfür (CdS) ve daha sonra da P tipi katkılanmış CdTe absorbe eden tabakadır. Aşağıdaki şekil 3.10 da CdTe ince film güneş hücresi kesiti verilmiştir.



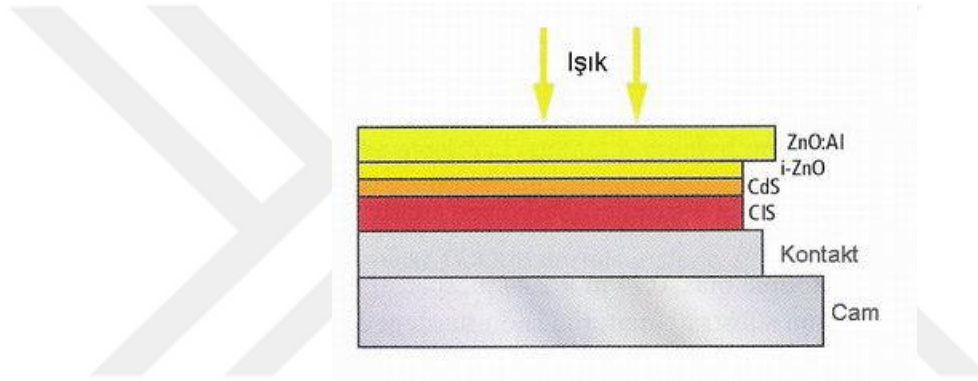
Kaynak: German SES, 2005

Şekil 3.9. Kadmiyum Tellür Güneş Pili Katmanları.

Kadmiyum Tellür güneş pillerinin üretim maliyeti düşüktür. Verimliliği amorf silisyumdan fazladır. Sadece rijit cam ile kullanılabilir. 1 cm² de yaklaşık %17'lik, 8390 cm² de %11'lik bir verime ulaşılmıştır. (Oktik, 2001)

3.3.2.3. Bakır İndiyum Diselenid Güneş Hücresi

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı grubundan elementlerin üçünün ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile oluşan bu bileşik yarı iletkenleri soğurma katsayıları oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıktan güneşin spektrumunu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde ayarlanabilir.



Kaynak: German SES, 2005

Şekil 3.10. Bakır İndiyum Diselenür Güneş Pili Katmanları.

CIS güneş pilleri amorf silikonda olduğu gibi güneş ışığı sebebiyle verimleri düşecek kadar hassas değildir. Ancak sıcak ve nemli çevrelerde değişken verim ve enerji üretimi sorunları mevcuttur. İnce film güneş pilleri arasında en verimli teknoloji bakır indiyum diselenid güneş pilleridir.

Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 enerji üretimi amaçlı prototip modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir. Üretim maliyeti düşüktür. Verimliliği amorf silisyum güneş hücrelerine göre fazladır. Cam ve esnek yüzeyler ile kullanılabilir. (Keleş, 2008)

3.3.3. Gelişme Aşamasında Olan Diğer Hücre Teknolojileri

Periyodik tablonun üçüncü ve beşinci grubu elementlerin bir araya gelmesiyle oluşan bileşik yarı iletkenin soğurma özelliği çok yüksektir. Bu hücrelere en iyi örnek galyum arsenit' ten (GaAs) yapılan güneş pilleridir. Bunun yanında ince kristal silisyum güneş hücresi, organik ve nano kristal güneş hücreleri gelişen güneş hücreleridir.

3.3.3.1. Gallium Arsenide (GaAs)

Kristal silisyumdan sonra ikinci derece önemli yarı iletken materyaldir. “multiple-junction” aygıtından %30 verim alındığı görülmüştür. Sonraki çalışmalarda hücre verimi %40'lara sistem verimi de %30-35 civarına ulaşmıştır. Bu sistemlerin maliyeti çok yüksek olduğundan şu an için uzay çalışmalarında kullanılmaktadır.

3.3.3.2. Dye-Sensitized (DSC) Hücreler

Dye-sensitized (DSC) güneş teknolojisi yapay fotosentez göz önünde bulundurularak düşünülmüş iyi bir teknolojidir. Bulutlu havalarda, geçici veya kalıcı bölgesel gölgelemelerde indirek ışınlama ile en iyi performansı gösterir. DSC teknolojisinde titanyum dioksit (TiO_2) elementi yaygındır. Titanyum dioksit partikülleri ışığa duyarlı boya ile kaplanır ve iyot iyonlarından oluşan solüsyon içindeki iki elektrot arasında askıya alınır. Işığa maruz kalan boyadan titanyum dioksite elektronlar geçer. Bununla beraber iyot elektronları da boyada boşalan yere akar. Böylece bir elektron akımı oluşur. Verimi %10 civarındadır, değişik gün ışığı koşullarında etkindir.(Keleş, 2008)

3.3.3.3. Organik Ve Nano Kristal Güneş Hücresi

Dye-sensitized hücrelerin yanında organik/inorganik hibrit hücreler de mevcuttur. Bunları kabaca moleküler ve polimer olarak ayırmak mümkündür. Oldukça yüksek ışık emilimine sahip olan bu materyallerden çok düşük miktarlarda kullanım yeterli olmaktadır.

Enerji geri dönüşüm süresi organik hücrelerde daha kısa olduğundan büyük alanlarda kullanımlarda organik hücreler ile inorganik hücreler arasında büyük bir rekabet bulunmaktadır. Organik hücrelerin maliyetinin ucuz olması, farklı materyal seçenekleri, tabaka kalınlığının inorganik materyallere göre daha ince olması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Fakat 1999'dan beri yapılan çalışmalarda bu hücrelerin verimliliği ancak %3,3 e çıkarılabilmektedir.

3.4. Güneş Hücresi Etkinliklerinin Karşılaştırılması

Şebeke bağlantılı sistemlerde genelde monokristal ya da polikristal silikon hücreler kullanılmaktadır. Polikristal hücrelerin daha düşük olan verimi, üretim maliyetlerinden kaynaklı fiyat avantajıyla dengelenir. Şekilsiz, yani amorf yapıları hücreler ise şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılır. Piyasada olan hücreler arasında HIT yani Hibrit modüller en çok verimliliğe sahiptir. CIS ve CdTe ince film modüller ise seri üretime geçmiş ve önemli referans projelerde kullanılmaya başlanmıştır. Galyum arsenid (GaAs) gibi maddeler ise en verimli güneş hücrelerinin üretiminde kullanılır. Fiyat bakımından diğer hücrelerle rekabet edemedikleri için bu hücrelerden, yalnızca uzay araştırmalarında ve de GaSb ile GaInP gibi diğer III-V grubu bileşikleriyle beraber yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılır. Tandem ve üçlü hücreler, verimlilik açısından dünya rekoru kırma yolunda ilgi çekici araştırmalara konu olmaktadır. Boyalarla duyarlı hale gelen organik hücreler ise geleceği çok parlak, oldukça ilginç ve değişik bir alandır. Hem renk seçenekleri hem de şeffaflıklarıyla özellikle binalara entegre edilen sistemler için yeni bir trend yaratacakları kesindir.

Aşağıda yer alan tabloda hücre tiplerine göre modül ve hücrelerin maksimum verimlilikleri özetlenmiştir. (Anonim, b.t.)

Tablo 3.2. Güneş Hücre Tiplerinin Modül Ve Hücre Verimi Açısından Kıyaslanması.

Güneş Hücresi Malzemesi	Hücre Verimi (Laboratuvarında) %	Hücre Verimi (Üretimde) %	Modül Verimi (Seri Üretimde) %
Monokristal Silikon	24.7	18	14
Polikristal Silikon	19.8	16	13
Ribbon Silikon	19.7	14	13
Kristal İnce Film Silikon	19.2	9.5	7.9
Şekilsiz Amorf Silikon ^a	13	10.5	7.5
Mikromorf Silikon ^a	12	10.7	9.1
Hibrit HİT Hücre	20.1	17.3	15.2
CIS, CIGS	18.8	14	10
Kadmiyum Tellür	16.4	10	9
III-V Yarı İletkenleri	35.8 ^b	27.4	27
Boyaya Duyarlı Hücre	12	7	5 ^c

Kaynak: <http://www.solarharita.com/kutuphane/>

^a kararlı halde

^b yoğunlaştırılmış ışınım altında ölçülen

^c az miktarda üretim

Aşağıdaki tabloda ise 1kWp gücündeki güneş paneli türünün ne kadarlık bir alan kapladığı gösterilmektedir.

Tablo 3.3. 1kw Fotovoltaik Panelin Kapladığı Alan.

Cell material	Required PV area for 1 kW _p
Monocrystalline	7-9 m ²
Polycrystalline	8-11 m ²
Thin-film: Copper indium diselenide (CIS)	11-13 m ²
Cadmium telluride (CdTe)	14-18 m ²
Amorphous silicon	16-20 m ²

Kaynak: <http://www.solarharita.com/kutuphane/>

3.5. Fotovoltaik Sistem Türleri

Fotovoltaik sistemlerle elektrik enerjisi üretimi, diğer sistemlerle üretilen enerjilere göre daha pahalı olmasından dolayı günümüze kadar yalnızca iletişim (telekomünikasyon), uzay çalışmaları gibi özel uygulama alanlarında sınırlı kalmıştır. Son yirmi yılda fotovoltaik teknolojilerindeki gelişmelere ve fotovoltaik pazarının büyümesine koşul olarak, maliyetler sürekli bir düşüş eğilimindedir. Bugünkü gelinen durumda, fotovoltaik güç üretiminin yılda %25-%30 dolayında artacağı varsayılmaktadır. Ancak, bugün fotovoltaik kurulu gücünün, dünya güç gereksiniminin yalnızca yüz binde dört (%0.004) kadarı olduğu gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu payın 2010 yılında %0.13 dolayına ve 2020 yılında %1 ve 2030 ile 2050 yılları arasında %5 de %10 do/ayında bir değere ulaşacağı beklenmektedir. Yakın gelecekte güneş enerjisinin dünya enerji gereksiniminin %1 ile %10 kadar bir bölümünü sağlayabilmesi varsayımı, yeterince gerçekçi bir varsayımdır.

Fotovoltaik güç sistemleri tekil sistemler, şebekeden bağımsız sistemler, şebekeye bağlı sistemler ve hibrit sistemler olmak üzere dört ana grupta ele alınabilir.

3.5.1. Tekil Sistemler

Tekil sistemler, şebeke elektriği kullanılmayan, şehir merkezinden uzak yerlerde ya da şebeke elektriğine ulaşmanın pahalı olacağı yerlerde kullanılmaktadır.

Tekil sistemlerin kullanımı küçük elektronik aletler için de uygundur. Hesap makineleri, saatler, güneş radyoları, şarj aletleri ve el fenerleri örnek olarak verilebilir. Ayrıca güneş ile çalışan arabalar, tekneler, cep telefonları, trafik ışıkları ve su motorları gibi birçok elektronik alet de mevcuttur. Örneğin aşağıdaki şekilde tekil sistemli güneş enerjisi ile çalışan bir araç görülmektedir. (The German Solar Energy Society, 2008)

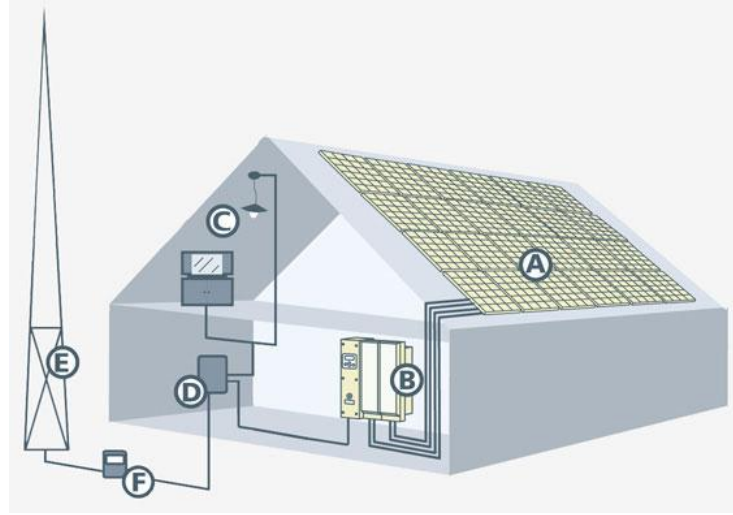


Kaynak: <http://www.engelliler.biz/forum/alim-satim/41619-gunes-enerjisi-jel-aku-sarjli-invertorler-guvenli-enerji-sistemleri.html>

Şekil 3.11. Güneş Enerjisiyle Çalışan Bir Araç.

3.5.2. Şebekeye Bağımlı Sistemler

Ortak üretim (cogeneration) sistemler olarak da adlandırılan şebekeye bağlı sistemlerde yükün gerektirdiği elektrik enerjisi, fotovoltaik sistemin ve genel şebekenin ortaklaşa çalışmasıyla karşılanır. Elektrik şebekesi sonsuz bir batarya düzeneği olarak değerlendirildiğinden bu sistemlerde ayrıca bir batarya düzeneği kurulmasına gerek yoktur. Fotovoltaik sistem aracılığı ile üretilen elektriğin yeterli olmadığı durumlarda şebekeden elektrik alınır, gereksinimin üzerinde elektrik üretildiğinde ise fazla enerji şebekeye satılır. Herhangi bir saklama sistemi bulunmayan bu sistemlerde şebekeden alınan, verilen elektriğin oranı bir sayaç sistemi yardımıyla belirlenir. (Endecon Engineering, 2001)



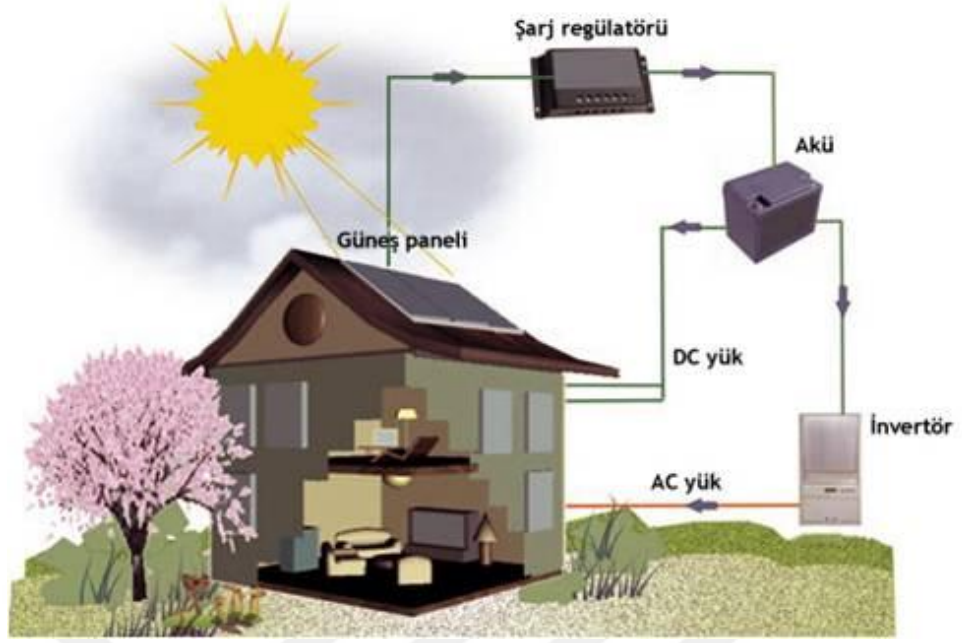
Kaynak: <http://www.solenerji.com.tr/bireysel/index.php?m=3&a=2>

Şekil 3.12. Şebekeye Bağlı Sistem Bileşenleri.

- A. Panel
- B. İvertör
- C. Cihazlar
- D. Ev panosu
- E. Şebeke
- F. Şebekeden eve alınan elektrik sayacı

3.5.3. Şebekeden Bağımsız Sistemler

Şebekeden bağımsız sistemlerde, şebeke elektriği olmadığı için ihtiyaç duyulan enerji fotovoltaik sistemden sağlanmaktadır. Güneş ışınımının düşük olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan enerji (ya da güneş ışınımının hiç olmadığı gece saatlerinde) batarya sistemlerinden sağlanmaktadır. Batarya sisteminin elemanları akülerdir. Şekil 3.13’de şebekeden bağımsız sistem bileşenleri gösterilmektedir.



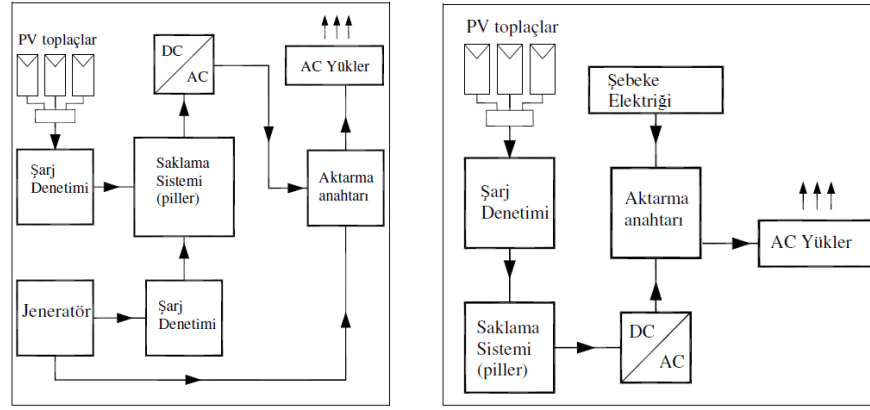
Kaynak: <http://www.schmid-pekintas.com/tr/off-grid.php>

Şekil 3.13. Şebekeden Bağımsız Sistem Bileşenleri.

3.5.4. Karma Sistemler

Karma sistemlerde batarya sisteminin yanı sıra, fazladan güç gereksinimi olması durumunda sisteme enerji sağlayacak ve pilleri dolduracak, katı yakıtlı ya da doğal gazlı geleneksel elektrik üretim sistemleri de bulunur. Karma sistemler daha karmaşık denetleme sistemlerine gereksinim duymasına karşın diğer sistemlere göre daha güvenilirdir.

Bu tür sistemlerde gerekli enerjinin sağlanmasında geleneksel sistemlerden ya da şebeke elektriğinden de yararlanıldığından daha az fotovoltaik toplaç alanları yeterli olabilmektedir. Jeneratör gibi ek kaynakların kullanıldığı karma sistemler genelde, uzak yerleşim alanlarında elektrik şebekesinin erişiminin zor olduğu ya da küçük sağlık birimleri gibi kesintisiz enerjiye gereksinim duyulan uygulamalarda kullanılmaktadır. (Sakinç, Esra; 2006)



Kaynak: (Sakinç, Esra; 2006)

Şekil 3.14. Karma Fotovoltaik Sistem Şemaları.

3.6. Fotovoltaiklerin Tarihçesi

Fotovoltaik (photovoltaic) ismi yunanca 'da ışık anlamına gelen “phos” ve elektriğin öncülerinden olan Alessandro Volta'nın “voltaic” kelimelerinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkmıştır. Bir diğer tanımlama ile Fotovoltaik kelimesi İngilizce “photo” (ışık) ve “voltaic” (elektrik üreten) kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuştur.

“Güneş Elektrik (solar electricity)” veya “güneş pili” olarak da bilinen ve güneş ışığından elektrik enerjisi üreten fotovoltaikler, ilk kez 1839 yılında Fransız fizikçi Alexandre Edmond Becquerel tarafından elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek fotovoltaik keşfedilmiştir. Aşağıda fotovoltaik gelişimi tarihsel olarak sıralandırılmıştır.

1873 yılında selenyumun ısı iletkenliği Willoughby Smith tarafından keşfedilmiştir.

1876 yılında Grylls William Adams ve Richard Evans Day tarafından selenyum kristallerinin ışığa maruz kaldığında elektrik ürettiğini keşfetmişlerdir.

1883'te Charles Fritts selenyum kullanarak ilk ciddi güneş pilini yapmış ve bu pilden %1 dolayında verim elde etmiştir.

1887 'de Heinrich Rudolf Hertz morötesi ışığın fotovoltaik etki üzerinde yansımaları üzerine araştırmalar yapmıştır.

1094 yılında Albert Einstein güneş etkisiyle elektrik akımı oluşumuna yönelik bir makale yayınlamıştır. Aynı yıl Wilhelm Hallwachs bakır ve bakır oksit bazlı bir güneş pili denemesinde bulunmuştur.

1914 yılında fotovoltaik aygıtların içindeki geçiş katmanı (barrier layer) kaydedilmiştir.

1916 yılında Robert Millikan fotoelektrik etkiyi deneysel olarak ispatlamıştır.

1918 yılında Polonyalı Jan Czochralski tarafından monokristal güneş pili geliştirilmiştir.

1932'de Audobert ve Stora Cadmium-Selenide (CdS) kullanarak uzun bir süre kullanılacak olan fotovoltaik bir yöntem keşfetmiştir.

1951 yılında ilk germanyum esaslı güneş hücresi bulundu.

1954'de Pearson ve Fuller Silisyum (silikon)'un fotovoltaik etkisini keşfettiler. Böylece % 5 verimli bir güneş pili üretmeyi başardılar. Ayrıca Bell laboratuvarında (USA) silisyum güneş hücresinin patentini aldı.

1955'de Western elektrik silisyum fotovoltaik teknolojilerini ticari olarak satış ruhsatını aldı.

1957 yılına gelindiğinde Pearson ve arkadaşlarının çalışmalarını meyvelerini vermeye başladı ve güneş pilindeki verim % 8'lere kadar ulaştı.

1958'de Vanguard I isimli uzay aracında ilk defa bir güneş pili kullanıldı. Bu güneş pili % 9 verimle çalışıyordu ve 100 cm² de 0,1W güç ürettiyordu.

1959 yılında Hoffman elektronik fotovoltaik hücrelerde %10'luk verim elde etmeyi başardı. 7 ağustos Explorer VI uydusu 9600 güneş hücreli PV dizisiyle (1x2 cm ölçülerinde) fırlatıldı.

1960'da Hoffman Eletronic fotovoltaik hücrelerde %14 verime ulaştı. Silicon Sensors firması selenyum ve silisyum güneş hücreleri üretimine başladı.

1961'de Birleşmiş Milletler solar Enerji Konferansı düzenlendi.

1963'de Sharp Elektronik pratik silisyum fotovoltaik modülünü üretti.

1964 yılında NASA Nimbus uzay aracını uzaya fırlattı. Uzay aracının enerjisi, üzerindeki 470 watt 'lık güneş hücresi dizisinden sağlandı.

1966 yılında NASA 1 kW enerji ile çalışan gökyüzü gözlem evini fırlattı.

1967 yılında Güneş pilleri Soyuz I uydusuna enerji sağlamak için kullanıldı.

1970'de Exxon şirketinin yardımıyla Dr. Elliot Berman düşük maliyetli güneş hücresini üretti. Maliyet 100 \$ dan 20 \$'a düşürüldü.

1970'li yılların başlarına kadar, güneş pillerinin uygulamaları laboratuvar araştırmaları ile sınırlı kalmıştır. Güneş pillerinin yeryüzünde de elektriksel güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çabaları 1954'lerde başlamış olmasına karşın, gerçek anlamda ilgi 1973 yılındaki 1. petrol bunalımını izleyen yıllarda olmuştur. Amerika'da, Avrupa'da, Japonya'da büyük bütçeli ve geniş kapsamlı araştırma ve geliştirme projeleri başlatılmıştır. Bir yandan uzay çalışmalarında kendini ispatlamış silikon kristaline dayalı güneş pillerinin verimliliğini artırma çabaları ve diğer yandan alternatif olmak üzere çok daha az yarı iletken malzemeye gerek duyulan ve daha ucuza üretilebilecek ince film güneş pilleri üzerindeki çalışmalara hız verilmiştir.

1976 yılında NASA Lewis araştırma merkezi Avustralya dışında 83 kıtaya fotovoltaiik güç sistemleri kurmuştur.

1978 yılında NASA Lewis araştırma merkezi 3,5 kw lık fotovoltaiik sistemini güney Arizona da Hintli köyüne kurmuş ve bu uygulama ilk köy fotovoltaiik sistem uygulaması olmuştur.

1980 yılında Delaware Üniversitesinde %10 verim elde edilebilen Cu₂S/CdS teknolojileri geliştirilmiştir. ARCO şirketi 1 yılda 1 megawatt (1 kilowatt) PV modül üreten tek şirket olmuştur.

1981'de Paul Maccreeady ilk güneş enerjisi ile çalışan uçağı yaptı. 16000 den fazla güneş hücresi ve 3000 watt enerji ile Fransa'dan İngiltere'ye uçtu.

1982'de ilk büyük ölçekli fotovoltaiik santrali Kaliforniya ya kuruldu.

1985 yılında South Wale üniversitesi, silisyum güneş hücrelerinde %20 verime ulaşmıştır.

1990 yılında binalara entegre fotovoltaiik sistemler çatılarda uygulanmaya başlandı. Almanya'da fotovoltaiik modüllü 1000 çatı programı başlatıldı.

1993'de Pacific Gas & Electric ilk şebekeye bağlı fotovoltaiik sistemi Kaliforniya'da 500 kW'lık enerji üretimiyle gerçekleştirdi.

1994 te The National Renewable Energy laboratuvarları galyum indiyum fosfit ve galyum arsenid kullanarak geliştirdikleri hücrede ilk defa %30'un üzerinde verime ulaşmıştır.

1995 yılında Almanya'da şebekeye bağlı üretilen fazla elektriğe ödeme yapılması kabul edildi.

1996'da dünyanın gelişmiş güneş enerjili ilk uçağı Icare Almanya üzerinde uçtu. Kanat ve kuyruğunda 3000 adet 21 m² lik süper verimli hücreler kullanıldı. İlk renkli fotovoltaik modüller üretilmeye başlandı.

1998 yılında Subhendu Guha adındaki bilim adamı esnek şingilli icat etti. fotovoltaik şingillar direkt olarak çatıya monte edildi.

1999'da Dünyadaki toplam güneş pili kurulu gücü 1000 megavat seviyesine ulaşmıştır.

2000 li yıllara gelindiğinde uluslararası uzay istasyonunda astronotlar 32.800 adet güneş hücrelerini kanatlara koyarak uzayda en geniş güneş enerjisi güç sistemini kurmuş oldular. BP Solarex firması ince film güneş hücresi teknolojisinde 0,5 m² alanda %10,8 verime ulaştı.

2001'de Terra sun Ilc şirketi halografik filmleri kullanarak transparan modülleri çatı penceresi olarak kullanmaya başladı.

2005 yılında polikristal silikon kullanılarak yapılan güneş pillerinde büyük gelişmeler elde edildi. %28 verimli üç-eklemlerli fotovoltaik hücreler geliştirildi.

2006'da Spectrolab, %40 verimli üç-eklemlerli fotovoltaik hücreler geliştirdi.

2008'de NREL, %40,8 verimli üç-eklemlerli fotovoltaik hücre geliştirerek, dünya rekoruna imza attı. (Keleş, 2008; Öztürk, 2012)

4. BÖLÜM

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BİNALARDA KULLANIMI

Günümüzde kullanmakta olduğumuz fosil kaynaklı enerji kaynaklarının gün geçtikçe tükenmesi ve kullanımı sonucu çevreye ve atmosfere büyük zararlar vermesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ise en çok gelecek vaat eden ve tükenmeyen enerji kaynağı olan güneşten yararlanılmaktadır. Kullandığımız enerjilerin büyük bir bölümü binalarda kullanılmaktadır. Bu sebeple güneşe dayalı yenilenebilir enerji sistemlerinin binalarda kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Binalarda kullanılan en yaygın güneş enerjisi sistemleri termal ve fotovoltaik sistemler olmaktadır. Termal sistemler, mekan ısıtması ve kullanım sıcak suyu için bağımsız olarak veya başka fosil yakıtla çalışan kazanlarla birlikte kullanılabilir. Bu sistemler sadece kuruldukları binanın ihtiyacını karşılayabilmekte ve bina ihtiyacının mevsimsel olarak değişmesinden dolayı tüm sene boyunca verimli olarak kullanılmaları her zaman mümkün olmamaktadır.

Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan modüllerden oluşmaktadır ve dağıtık elektrik üretim sistemi kategorisinde bulunmaktadır. Bunun anlamı, binalarda kullanılan bu sistemlerin elektrik şebekesi ile paralel çalışarak küçük ölçekli bir üretim santrali işlevini yüklenmeleri ve en yakındaki talep noktasına elektrik besleyebilmeleridir. Eğer kurulu oldukları binada elektrik ihtiyacı varsa bunu karşılamakta, bu ihtiyaçtan fazla üretim olması durumunda ise ürettikleri enerjiyi şebekeye vererek diğer binaların ihtiyacını karşılayabilmektedirler. Bu tür dağıtık elektrik üretim sistemleri, sıfır CO₂ emisyonu ile çalışmanın yanında, merkezi üretimden ve iletimden kaynaklanan %40'lar mertebesindeki kayıpları da engellemektedirler. (Moltay, 2012)

Fotovoltaik sistemler binalarda daha çok bina dış kabuğunda kullanılmaktadır. Bina kabuğu iç ve dış ortamı birbirinden ayıran yapı elemanlarıdır. Bina kabuğu uygulamaları ile dışarıda değişen fiziksel çevre koşullarını kontrol ederek bina içinde daha konforlu bir ortam sağlanmaktadır.

Bina kabuğunun sağlaması gereken performans gereksinimleri; iklimsel gereksinimler, yapısal gereksinimler, kullanıcı gereksinimleri, şehir planlaması, tasarım gereksinimleri, emisyon ve korunma gereksinimleri olarak ele alınırlar. (Keleş, 2008)

1-İklimsel Gereksinimler

- Yağmurdan korunmak
- Nem ve rutubete karşı dirençli olmak
- Buzlanma, dolu ve kara karşı korunmak
- Donmaya karşı korunmak
- Isı kontrolü ve ısı korunumunu sağlamak
- Doğal ışıktan yararlanmak
- Gürültü kontrolünü sağlamak

2- Yapısal Gereksinimler

- Yük taşıma kapasitesi
- Sağlamlık
- Yangın korunumu sağlamak
- Acil çıkışlara izin vermek
- Yapısal sağlamlık
- Mekanik ve kimyasal hasarlara karşı koruma
- Bina elemanlarının taşınmasını sağlama

3- Kullanıcı Gereksinimleri

- Gün ışığından maksimum yararlanma
- Bina fonksiyonu ile uyum sağlamak
- Dış ve iç mekan ilişkisinin kurulması
- Bina içini göstermemek

4- Şehir Planlaması Ve Tasarım Gereksinimleri

- Görünüm
- Çevreye uygun tasarım

- Kentsel kimliğe uygunluk
- Kentsel elemanlarla uyum
- Uygun malzeme ve yapı formu

5- Korunma Gereksinimleri

- Radyasyona karşı korunma
- Çevre kirliliği ve atık gazlara karşı korunma
- Gürültü kontrolü sağlamak
- Zararlılara karşı korunmak (böcek ve haşere)
- Yangından korunmak
- Toz ve polenlerden korunmak

Fotovoltaik modüller bina kabuğunda kullanıldıklarında yukarıda saydığımız gereksinimleri karşılaması sağlanmalıdır.

Fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanım olanakları çok geniştir. Bunlar;

1. Dikey veya eğimli perde duvarları
2. Cephe sistemleri
3. Sabit veya hareketli gölgeleme elemanları
4. Eğimli veya düz çatılara montaj
5. Çatı aydınlatma sistemlerinde kullanım
6. Saçak, parapet gibi bina elemanlarıyla kullanılabilirler.

4.1. Fotovoltaik Sistemlerin Kullanıldığı Binalar

Fotovoltaik sistemler bütün yapı guruplarında kullanılabilirler. Eğitim yapıları, konutlar, hastaneler, endüstriyel yapılar, kültür ve sanat yapıları, alışveriş ve eğlence merkezleri, havaalanları ve limanlar, terminal binaları, oteller, üretim tesisleri, ofis binaları gibi pek çok yapı tiplerinde kullanılabilirler. Örneğin ofis binalarında sabah 9 ila akşam 5 saatleri arasında kullanıldığında şebekenin en yoğun olduğu saatlerde binanın enerji ihtiyacı bu sistem ile karşılanabilir. Konutlarda ise her gün gece ve gündüz enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılabilir. Endüstriyel ve ticari binalarda ise geniş çatı alanları fotovoltaik sistemlerin kurulması ve enerji üretimi için büyük olanak sağlar.

4.2. Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları Ve Dezavantajları

Güneş enerjisi yenilenebilir temiz ve sürekli bir enerji kaynağıdır. Günümüzde fosil kaynaklı enerjilerin tükenmesiyle birlikte yenilenebilir enerji sistemlerinin önemi artmıştır. Yenilenebilir enerji sistemlerinden en avantajlı olanı güneş enerjisi sistemleridir. Bu sistemler sonsuz enerji kaynağından aldığı enerjiyi doğru akım enerjisine çevirerek büyük bir enerji avantajı sağlamaktadır. Bunun yanında yüksek maliyetli oluşundan dolayı da dezavantajı vardır. Aşağıda fotovoltaik sistemlerin avantaj ve dezavantajları maddeler halinde sıralanmıştır.

4.2.1. Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları

- Herhangi bir fosil yakıt tüketmeden bağımsız olarak enerji üretilir.
- Kullanılan enerji için ücret ödenmez.
- Kurulumdan sonra uzun yıllar sorunsuz olarak çalışır.
- Sistemin hareketli parçaları az olduğundan bakım gereksinimi azdır.
- Enerjiye ihtiyaç duyulan her yerde enerji üretmeleri nedeniyle, enerji kaybı ve enerji iletim maliyeti yoktur.
- Modüler yapıda olduklarından, artan enerji gereksinimine bağlı olarak, sistem elemanları kolay bir şekilde artırılabilir.
- Havayı kirletmez, çevreye zarar vermez.
- Bina tasarımını sınırlandırmaz.
- Sessizdir.
- Sera etkisine sebep olan gaz salınımı yapmaz.
- Fazla üretilen enerji akülerde depolanabilir.
- Elektrik şebekesine yoğun saatlerde destek sağlar.
- Gerekliğinde şebekeden elektrik desteği almayı engellemez.
- Dışa bağımlı olmadığından dolayı ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Boş alan olarak duran çatıların işlev kazanarak enerji üretmesi sağlanabilir.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojilere gerek yoktur.
- Ham maddesi silisyum doğada en bol bulunan malzemedir.

- İstenilen voltajda elektrik üretilebilir. Üretilen enerji akımı seri ya da paralel bağlanabilir.

4.2.2. Fotovoltaik Sistemlerin Dezavantajları

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Üretilen akım doğru akım olduğu için, doğru akımla çalışan cihazlar kullanılmalı ya da çevirici kullanılmalıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az geceleri ise hiç yoktur.
- Güneş ışınımından sürekli olarak yararlanmak için, sistemin çevresi açık olmalı ve gölge oluşmamalıdır.
- Çok fazla güneş ışığı alan bölgelerde sıcaklık nedeniyle verim azalmaktadır.
- Güneşlenme yönünden zengin bölgelere ihtiyaç vardır.
- Enerji gece ve gündüz olmadığı için üretilen enerjinin depolanması gerekir.
- Güneş enerjisinden maksimum yararlanmak için eğimli paneller eğimli yüzeylerde kullanılmalıdır. Maksimum enerji için kuzey yarım kürede paneller güney yönüne doğru yönlendirilmelidirler.

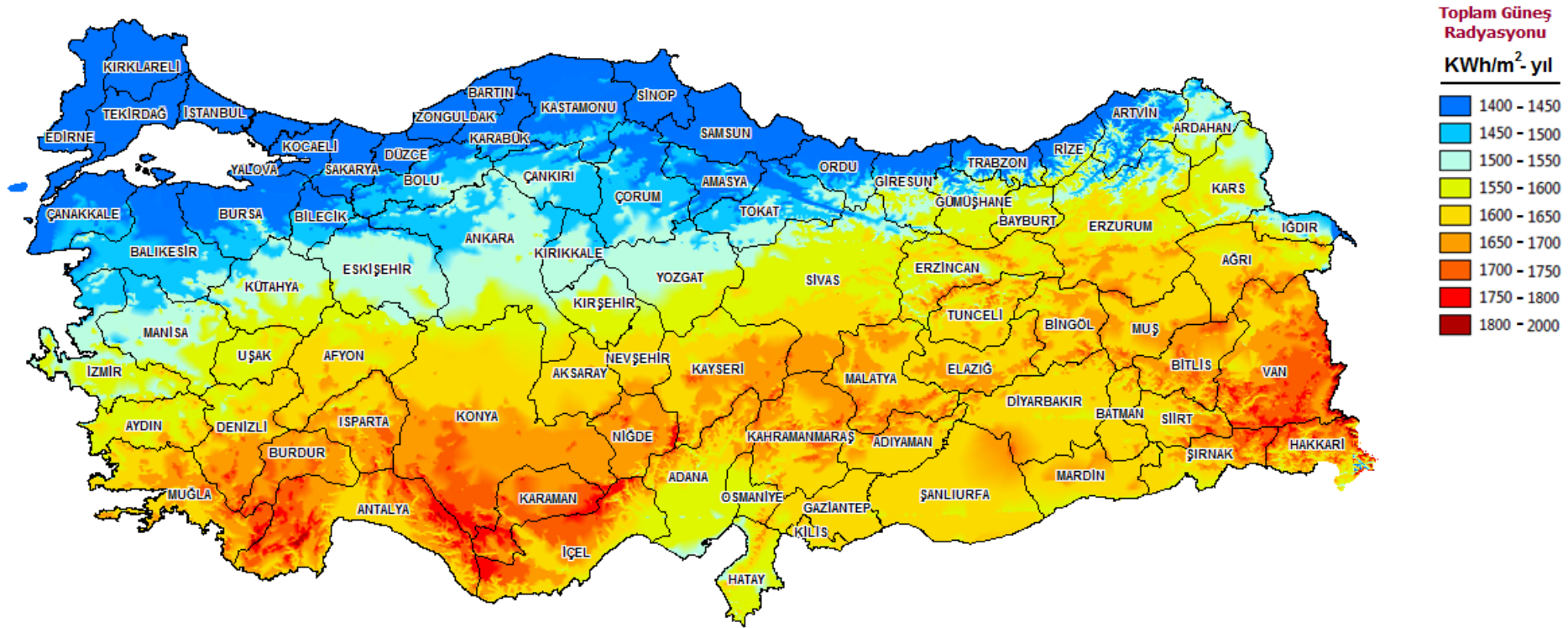
4.3. Fotovoltaik Sistemlerin Enerji Girdilerini Etkileyen Faktörler

Konum, yönlendirme ve yüzey eğim açısı, gölgelenme, panel tipi, bakım ve temizlik, modüllerin arkasında oluşan sıcaklık gibi etmenler fotovoltaik sistemlerden sağlanacak performans ve verimi etkilemektedir. Aşağıda bu faktörler ayrı başlıklar halinde açıklanmıştır.

4.3.1. Konum

Dünyanın “geoit” (*Dünyamız kutuplardan basık, ekvatorndan hafif (dışarıya doğru şişkince bir şekil sergilemektedir ki bu özel şekle geoit denilmektedir.*) şeklinde olmasından dolayı güneş ışınlarının yeryüzüne düşme açısı bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Bu nedenle bina kabuğunda fotovoltaik panel tasarımı yapılacak olan bir binanın bulunduğu bölgenin yıllık güneşlenme değerleri, panelden elde edilecek enerjiyi doğrudan etkilemektedir. (Thomas, R. Fordham, M., 2001).

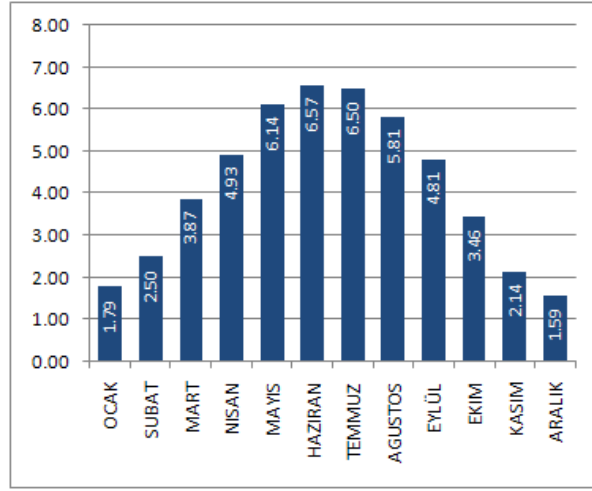
Şekil 4,1’deki Türkiye güneşlenme haritasına göre; güneş açısından performansı en yüksek bölgelerin başında Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1460 kWh/m² -yıl ile birinci sırada yer almaktadır, Akdeniz Bölgesi ise 1390 kWh/m² -yıl ile onu takip etmektedir. Ülkemizin en düşük güneşlenme değerlerine sahip olan Karadeniz Bölgesi 1120 kWh/m²-yıl’lık potansiyeli ile dünya sıralamasında önemli bir yere sahiptir.



Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

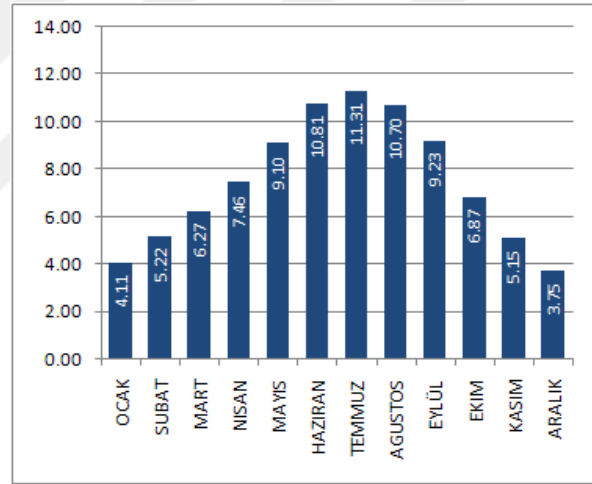
Şekil 4.1. Türkiye Güneşlenme Haritası.

Tablo 4.1. Türkiye Global Radyasyon Değerleri. (kWh/m²-gün)



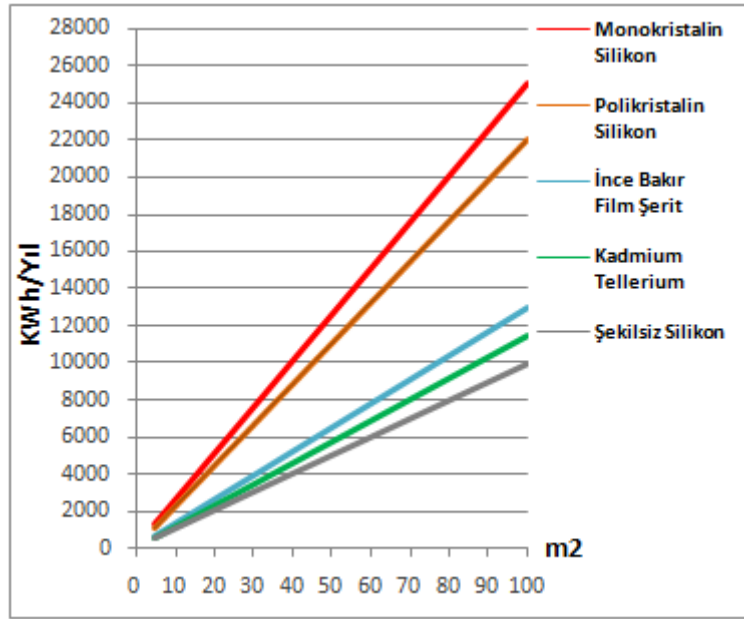
Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

Tablo 4.2. Türkiye Güneşlenme Süreleri. (saat)



Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

Tablo 4.3. Türkiye Kullanılan Fotovoltaik Tipleri Ve Birim Alanda Üretilebilecek Enerji Miktarı. (kWh-yıl)



Kaynak: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

4.3.2. Yönlendirme ve Yüzey Eğim Açısı

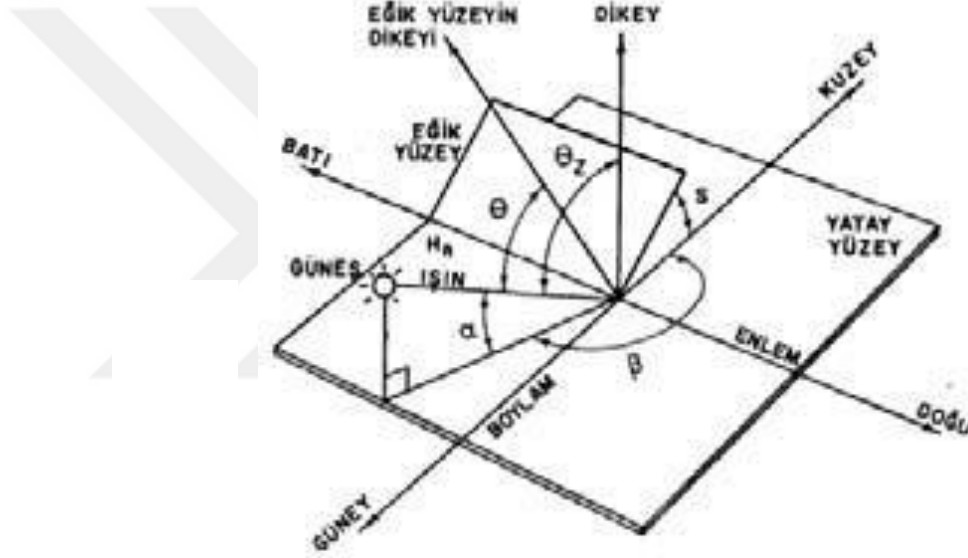
Fotovoltaik paneller yüksek performans sağlamak üzere, maksimum güneş ışınımını alacak biçimde yerel enleme uygun bir açı ile güneşe yönlendirilmelidir. Panellerin uygulanması gereken yön güneydir. Ancak performans düşüklüğü göz önüne alınarak Güney-Doğu ve Güney-Batı yönlerinde de uygulama yapılabilir. (Prasad, D.K. Snow, M. 2005.)

Yeryüzünde, ışınımın en önemli özellikleri, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesiyle ve güneş çevresinde eliptik yörüngesiyle belirlenir. Güneşten gelen ışınlar ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar oluşur. Bu açılar;

4.3.2.1. Deklinasyon Açısı

Güneş ışınlarının aylar ve mevsimlere göre dünyaya geliş açısıdır. Diğer bir tanımlama ise güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Deklinasyon açısı; “ δ ” simgesiyle gösterilir.

Deklinasyon açısı dünyanın kendi eksenini ve yörünge düzlemi ile yaptığı 23° derece 27 dakikalık açıdan kaynaklanır. Deklinasyon açısı; $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$ açıları arasında yer alır. Bu açıların arasında yer almasının sebebi ise dünyanın etrafında döndüğü kutupsal eksen, uzayda kendi yörünge düzlemine $66,55^\circ$ lik bir açıyla sabitlenmesindedir. ($90^\circ - 66,55^\circ = 23,45^\circ$) Daha detaylı açıklamak gerekirse; yörünge düzlemi ile dünyanın ekvator düzlemi arasında ki bu açı yaz ortasında (21 Haziran) en yüksek ($23,45^\circ$), kış ortasında (21 Aralık) ise en düşük ($-23,45^\circ$) açısal değerdedir. Ekinoks noktalarında ise (21 Mart ilkbahar ekinoksu, 22 Eylül sonbahar ekinoksu) deklinasyon açısı “sıfır” olur. (Öztürk, 2012)



Kaynak: Deriş, 1979

Şekil 4.2. Güneş Açıları.

Deklinasyon açısının yaklaşık değeri Cooper denkleminde hesaplayabiliriz;

$$\delta = 23,45 \times \sin[(360/365) \times (284+n)]$$

Deklinasyon açısının daha hassas bir değerini bulmak için ise aşağıda yer alan denklemi de kullanabiliriz;

$$\delta = \sin^{-1} \{ \sin(23,45^\circ) \times \sin[(360/365) \times (n-81)] \}$$

Denklemlerde yer alan “n” = bir ocaktan itibaren gün sayısıdır.

Tablo 4.4. Aylara Göre n Değeri Hesaplaması.

Aylar	“n” Hesaplanması
Ocak	i
Şubat	i+31
Mart	i+59
Nisan	i+90
Mayıs	i+120
Haziran	i+151
Temmuz	i+181
Ağustos	i+212
Eylül	i+243
Ekim	i+273
Kasım	i+304
Aralık	i+334

Kaynak: <http://www.mazlumyolbas.com/2013/05/02/deklinasyon-acisi-nedir-ve-hesaplanmasi/>

“n” değerini hesaplamak için yapmanız gereken belirlediğiniz ayın değerini tablo da aya denk gelen “i” değerinin yerine yazmaktır.

Örneğin; 22 Temmuzdaki “n” değeri = 22+181‘dir. (Yolbaş, b.t.)

4.3.2.2. Saat Açısı

Güneş ışınlarının bulunduğu boylam (güneş boylamı) ile göz önüne alınan yerin boylamı arasında ki açıdır. “ ω ” simgesiyle gösterilir. Güneş öğlesinde, güneş saati 12 olduğundan dolayı, öğlen vakti saat açısı “sıfır” gösterir. Öğleden önce negatif (-), öğleden sonra pozitif (+) olmaktadır.

Dünyanın kendi eksenini etrafında 15° dönmesi, dolayısıyla yerel meridyenin doğu ve batısı yönünde güneşin açısal yer değiştirilmesi olarak da tanımlanabilir. Güneş, öğle vakti ile ilgili zaman arasındaki saat farkı 15 sabit sayısı ile çarpılarak güneş saat açısı bulunur.

Formül olarak ifade edersek; (Güneş saat açısı hesaplanmasında yerel saat kullanılmalıdır.)

$$\omega = 15 \times (\text{GS}-12)$$

GS = güneş saati

15 sabit sayısı her 15° saat açısı zaman olarak 1 saate tekabül eder, diğer bir tanımlamayla dünyanın güneş çevresinde bir defa dönüşü sırasında kat ettiği 360°'lik açının 24 saate bölünmesiyle elde edilir, yani 4 dakika da 1° olarak tanımlanabilir. Saat açıları güneş öğlesine göre simetriktir. Saat 14:00 (30°) ile saat 10:00'da (-30°) saat açıları eşittir. Öğleden sonra, güneş batımına kadar saat açısı ise aşağıdaki eşitlik ile de belirlenebilir; (Yolbaş, b.t.)

$$\text{Cos}(\omega) = -\text{tan}(\Phi) \times \text{tan}(\delta)$$

Φ = Enlem açısı

δ = Deklinasyon açısı

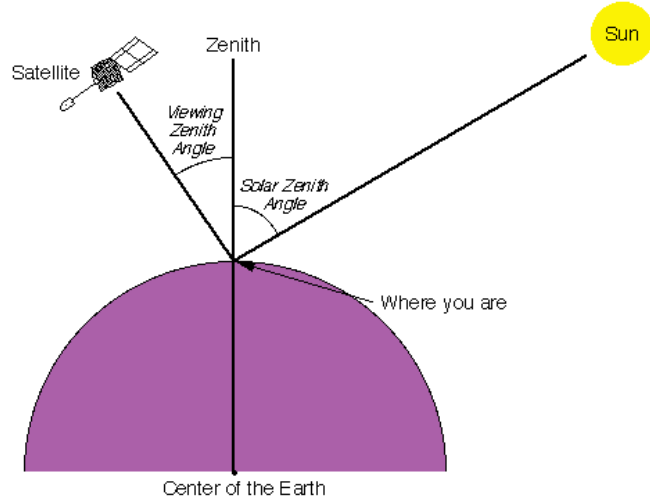
4.3.2.3. Enlem Açısı

Enlem açısı “ Φ ” ekvator düzlemi ile göz önünde bulundurulmuş nokta arasındaki açıdır. Diğer bir ifade ile doğrudan gelen ışın ile yatay arasındaki açıdır. Güneş yükseklik açısının hesaplanmasında kullanılır. Kuzey yarımkürede (+) güney yarımkürede ise (-) olarak kabul edilir. Enlem derecesi, her bölge için bir atlasından okunabilir. Türkiye, 36-42° enlemleri arasında yer alır.

(Öztürk, 2012)

4.3.2.4. Zenit Açısı

Zenit açısı, doğrudan güneş ışınımı ile yatay düzlemin normali arasındaki açıdır. “ Ψ ” simgesi ile gösterilir. Direkt güneş ışınımı ile yatay düzlem normalinin arasında kalan açıdır. Zenit açısı güneş doğuş ve batışında 90° iken, ışınların dik geldiği durumda 0° dir. Hava kütlesi (m): Direkt güneş ışınımının atmosferi geçerken aldığı yolun, güneşin zenit noktasında bulunduğu konumda izlediği yola oranıdır. (Yamaç,2005)



Kaynak: <http://www.mazlumyolbas.com/2013/05/14/zenit-acisi-nedir-ve-hesaplanmasi/>

Şekil 4.3. Zenit Açısı.

Zenit açısı diğer açılara bağlı olarak hesaplanabilir;

$$\cos(\Psi) = \sin(\Phi) \sin(\delta) + \cos(\delta) \cos(\omega)$$

Ψ = Zenit açısı

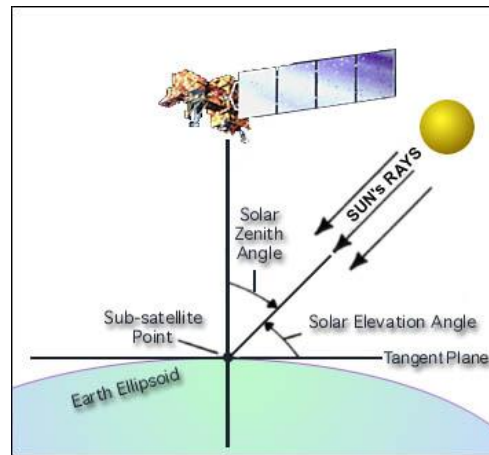
δ = Deklinasyon açısı

Φ = Enlem açısı

ω = Saat açısı

4.3.2.5. Güneş Yükseklik Açısı

Güneş yükseklik açısı, direkt güneş ışını ile yatay düzlem arasındaki açıdır. “ α ” simgesi ile gösterilir.



Kaynak: <http://www.mazlumyolbas.com/ilgili-kelimeler/gunes-acilari/>

Şekil 4.4. Güneş Yükseliş Açısı.

Güneş yükseklik açısı, zenit açısını 90° 'ye tamamlar.

$$\alpha = 90 - \Psi$$

α = Güneş yükseklik açısı

Ψ = Zenit açısı

Güneş yükseklik açısı, en yüksek değerini her mevsimde öğle vaktinde alır, güneşin doğuşu ve güneşin batışı sırasında güneş yükseklik açısı sıfırdır.

Güneş yükseklik açısı hesaplanması ise aşağıdaki denklem ile yapılır. (Yolbaş, b.t.)

$$\alpha = \sin^{-1} [\cos(\delta) \cos(\Phi) \cos(\omega) + \sin(\delta) \sin(\Phi)]$$

4.3.2.6. Azimut Açısı

Güneş-dünya doğrultusunun yatay düzlemdeki izdüşümünün, kuzey-güney doğrultusu ile yapmış olduğu açıdır. Güneş azimut açısı "Ys" simgesi ile gösterilir. Kuzey-güney doğrultusu ile doğrudan güneş ışınımı arasındaki açıdır. Ayrıca güneş ışınlarının kuzeye göre saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Gün uzunluğunun 12 saatten fazla olması durumunda, günün bazı saatlerinde azimut açısı 90° 'den fazla olur.

Güneyden doğuya doğru negatif (-), batıya doğru pozitif (+) olarak kabul edilir. Saat 12'de Ys=180° olur.

Güneye doğru azimut açısı aşağıdaki denklem ile belirlenir;

$$\sin(Ys) = [-\cos(\delta) \times \sin(\omega)] / \sin(\Psi)$$

Güneş ışınımı hesaplamaları, güneş zamanına göre yapılır. Güneş azimut açısının 0° olduğu, başka bir deyişle, güneş yükseklik açısının en yüksek olduğu zamanın, saat 12 olarak alındığı saat sistemine güneş saati (yerel saat) denir. Bir ülkenin kullandığı standart saat zamanı ile güneş saati birbirinden farklıdır. Standart saatin, güneş saatine dönüştürülmesi için standart boylam ile bulunan bölgenin yerel boylamı arasındaki boylam farkı ve günlere göre değişen zaman düzeltme faktörü dikkate alınır. Aşağıdaki denklikle bulunabilir;

$$GS - SS = (+)veya(-) 4 (Bs - By) + E$$

GS= Güneş saati

SS= Standart saat

Bs= Standart boylam

By= Yerel boylam

E = Zaman düzeltme faktörü

Zaman düzeltme faktörünü hesaplamak için;

$$E = 229.2 [0.000075 + 0.00186 \cos (B) + 0.03207 \sin (B) - 0.00146 \cos (2B) - 0.04089 \sin (2B)]$$

$$B = (360/365)(n-1)$$

$$n = \text{Gün sayısı}$$

Gün uzunluğu (t, saat) güneşin doğuşu ile batışı arasında geçen zaman süresidir. Gün uzunluğu, güneşin yatay düzlem üzerinde olduğu dönem olarak tanımlanır. Gün uzunluğu aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir; (Öztürk,2012)

$$2t = 24\omega / \Pi = (24 / \Pi) \cos^{-1} [\tan(\Phi) \tan(\delta)]$$

ω = Güneş saat açısı

Φ = Enlem açısı

δ = Deklinasyon açısı

Aylık ortalama gün uzunluğu ise (ta) deklinasyon açısının aylık ortalama değerine bağlı olarak aşağıdaki gibi belirlenir;

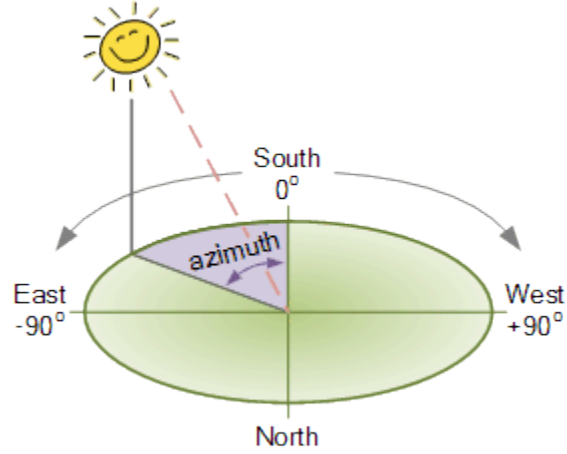
$$ta = 2 / 15 \cos^{-1} [\{- \tan(\delta) \tan(\Phi)\} / \omega_{gb}]$$

$$\Phi = -90^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ$$

$$\omega_{gb} = \text{güneşin batışı için saat açısı}$$

a) Yüzey azimut açısı

Yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusundaki açıdır. Yüzey azimut açısı güneyde sıfır, doğuya doğru negatif (-), batıya doğru pozitif (+)'dir. $-180^\circ \leq Y \leq 180^\circ$



Kaynak: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/solar-panel-orientation.html>

Şekil 4.5. Yüzey Azimut Açısı.

b) Geliş açısı

Güneş geliş açısı, yüzeye gelen direkt güneş ışınımı ile yüzeyin normali arasındaki açıdır. Güneş geliş açısı, “ Θ ” simgesi ile gösterilir. Yüzey güneş ışınlarına dik ise, geliş açısı sıfır ($\Theta = 0$), paralel ise 90° ($\Theta=90^\circ$) dir. Geliş açısı, güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında kullanılır. Geliş açısı aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir; (Öztürk,2012)

$$\cos(\Theta)=[\sin(\delta)\sin(\Phi)\cos(\lambda)\sin(\delta)\cos(\Phi)\sin(\lambda)\cos(\gamma)+\cos(\delta)\cos(\Phi)\cos(\lambda)\cos(\omega)+\cos(\delta)\sin(\Phi)\sin(\lambda)\cos(\gamma)\cos(\omega)+\cos(\delta)\sin(\lambda)\sin(\gamma)\sin(\omega)]$$

4.3.3. Gölgeleme

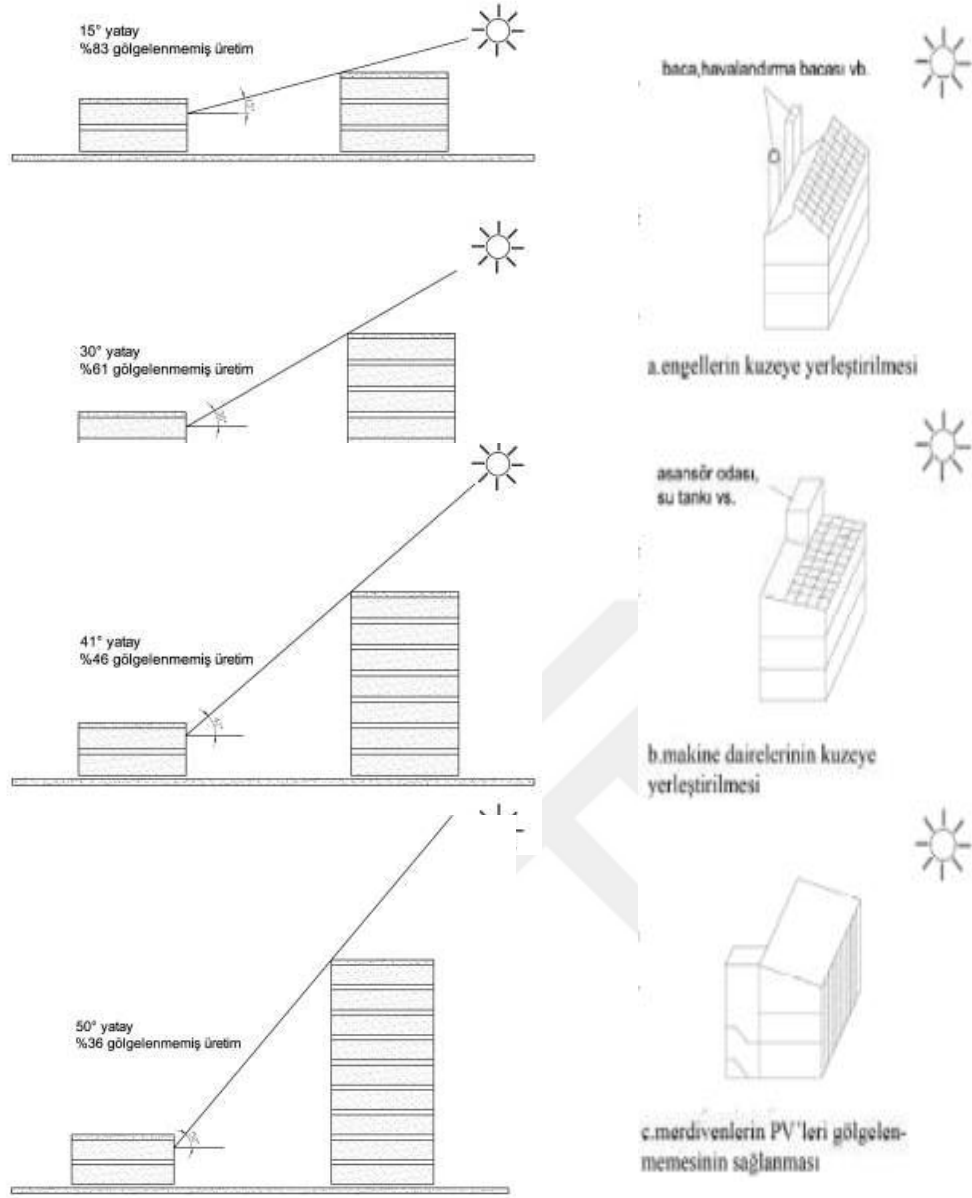
Fotovoltaik panellerin performansını en çok etkileyen etmenlerden biri gölgelemedir. Gölgelemeye sebep olabilecek unsurlar; komşu binalar, ağaçlar, çalılar, telefon direkleri sayılabilir.

Özellikle şehir ve kent merkezlerinde yakın konumlanmadan dolayı yapılar birbirlerinin üstüne gölge düşürmektedirler. (Thomas, R. Fordham, M., 2001)

Tasarımdan dolayı binanın kendi kendini gölgelemesi de mümkündür. Bu gibi durumlar panelin performansını düşüreceği için tasarım esnasında doğru kararlar verilmeli ve fotovoltaik panel sistemi doğru projelendirilmelidir. Gölgelemeye sebep olabilecek bir diğer etmen ise ağaçlardır.

Tasarım esnasında çevredeki ağaçlar iyi analiz edilmeli ve hatta mümkünse kışın yaprak döken ağaçlar tercih edilmelidir. Böylelikle kışın daha düşük açıyla gelen güneş ışınlarının panel üzerine düşürülmesi kolaylaşmaktadır. Mimari tasarım esnasında gölgelemeye sebep verecek her türlü engellemeden kaçınmak gerekir. Bunlar telefon direkleri, bacalar ağaçlar, diğer binalar ve fotovoltaik serilerinin birbirine yapacağı glgelemelerdir. Tasarım esnasında aşağıdaki maddeler göz önünde bulundurulmalıdır. (Roberts, S ve Guariento, N., 2009)

- Duman bacası ve havalandırma bacası gibi elemanlar çatı üzerinde kuzey yönüne yerleştirmeli.
- Asansör odası, su tankı ve makine odalarını binanın kuzey cephesine yerleştirmeli.
- Gölgeleme yapacak ağaç varsa fotovoltaik paneller cephe yerine çatı üzerine yerleştirilmeli.
- Komşu binaların gölgeleme mesafeleri göz önünde bulundurulmalı, yeterli mesafe yoksa fotovoltaiklerin konumu analiz edilmeli.



Kaynak: Thomas, R., Fordham, M., 2001. Photovoltaics and Architecture, Spon Press, London and Newyork.

Şekil 4.6. Solda Yan Binalar Tarafından Gölgeleme Etkisi, Sağda Bina Elemanlarının Fotovoltaikleri Gölgeleme Durumu.

4.3.4. Panel Tipi

Fotovoltaik panelin modüler geometri açısından estetiği, özellikleri, ebatları, rengi ve montaj sistemi, (çerçevesiz ya da çerçevesiz) hem yapının görünüşünü hem de sistemden elde edilebilecek enerji değerlerini etkilemektedir.

Güneş hücreleri genellikle mavi, lacivert ve siyah renklerde üretilirler. Gri, yeşil, kırmızı, sarı ve turuncu renkleri de üretilmektedir. Ancak bu renklerin standart üretimi olmadığından genellikle diğerlerine oranla biraz daha pahalıdırlar. Ayrıca hücre yapımında kullanılan malzeme de performansı etkileyen önemli etmenlerden birisidir. Tablo 4,5’de farklı malzemelerle üretilen güneş hücrelerinin performans değerleri ve alan gereksinimleri verilmiştir. (Turan ve Çetiner, 2012)

Tablo 4.5. Güneş Hücre Malzemelerinin Performans Değerleri ve Alan Gereksinimleri.

Panel Tipi	Performans (%)	Alan (m ² /kWp)
Yüksek Performanslı	17-18	6-7
Mono Kristal Silisyum	12-15	7-9
Polikristal Silisyum	11-14	7-10
İnce Film Bakır İndiyum Selenoid	9-11	9-11
İnce Film Kadmiyum Tellür	6-8	12-17
İnce Film Amorf Silisyum	5-7	14-20

Kaynak: (Turan ve Çetiner, 2012)

4.3.5. Bakım Ve Temizlik

Fotovoltaik paneller özellikle de yere paralel olarak konumlandırılmış olanlar, kentsel ortamda veya tozlu kırsal alanlarda zamanla kir toplarlar. Bu da yaklaşık %4 ya da daha fazla verim kaybına neden olur. 20 derecenin üzerinde bir açıyla yerleştirilen paneller, yağmur etkisiyle kendi kendilerine temizlenebilmektedir. Diğer durumlarda ise paneller belirli zaman aralıklarında temizlenmelidir. (Turan ve Çetiner, 2012)



Kaynak: <http://www.ipceagle.com/products/solar-panel-pure-water-cleaning-system#.VpuqKiqLSVN>

Şekil 4.7. Fotovoltaik Panel Temizliği.

4.3.6. Modüllerin Arkasında Oluşan Sıcaklık

Fotovoltaik panellerin verimi, panel sıcaklığı arttıkça düşer. Fotovoltaik paneller güneş enerjisinin %5-25'ini elektrik enerjisine dönüştürürler. Bu nedenle güneş enerjisinin fazlası modüllerde ısınmaya sebep olur. Verim düşüş oranı amorf silisyum panellere göre kristal silisyum panellerde daha fazla olmaktadır.

Fotovoltaik paneller ile ortam sıcaklığı arasındaki fark, güneş ışınlarına bağlıdır ve 40°C ye kadar çıkabilir. Yaz aylarında fotovoltaik panel sıcaklığı 75°C ye kadar ulaşabilir. 25°C modül sıcaklığında modüllerde oluşan her 10°C artış % 0.4 – 0.5 enerji düşüşüne neden olur.

(Thomas, R., Fordham, M., 2001.)

Fotovoltaik panellerde oluşan sıcaklığın düşürülmesi ve ısınan panel sıcaklığının yapı iç ortamına geçmemesi için panellerin arkasında bir hava boşluğu oluşturulmalıdır. Oluşturulan bu hava boşlukları sayesinde panellerde oluşan sıcaklık artışı önlenmiş olur ve sıcaklığın yapı iç alanına geçişi engellenmiş olur.

Aşağıdaki şekilde“ Edinburgh daki bir konut binası çatısında havalandırma boşluğu bırakılmış fotovoltaik panel uygulaması görülmektedir.



Kaynak: <http://www.rbgrant.co.uk/2kw-solar-pv-panel-system/>

Şekil 4.8. Eğimli Çatıda Doğal Konveksiyon Yoluyla Havalandırılan Panel Uygulaması.

Fotovoltaik panelin çatı ve cephe sistemi ile bağlantılarında, arkasında havalandırma yapılıp yapılmamasına bağlı olarak oluşan güç azalmalarına ilişkin bazı gösterge değerler verilmiştir. Bu değerler, çevreden 220°C daha sıcak olan ve tamamen serbest duran bir fotovoltaik sıranın güç çıktısı ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Fotovoltaik panel arkasında oluşan ortalama sıcaklık değeri tabloda da görüldüğü gibi, havalandırma yapılması halinde 290°C iken, havalandırma yapılmaması durumunda 430°C'a kadar yükselebilmektedir.

(Roberts, S., Guariento, N., 2009.)

Tablo 4.6. Fotovoltaik Panel Arkasında Oluşan Ortalama Sıcaklık Değerleri.

Havalandırma Durumu	Çatı	Cephe
İyi Havalandırma	%2.1 (290°C)	%3.9 (350°C)
Zayıf Havalandırma	%2.6 (320°C)	%4.8 (390°C)
Havalandırmasız	%5.4 (430°C)	%8.9 (550°C)

Kaynak: (Turan Ve Çetiner, 2012)

4.3.7. Dış İklimsel Koşullar

Fotovoltaik panellerin arkasında oluşan sıcaklık panel verimini düşürmektedir. Bu nedenle sıcak olan iklim bölgelerinde, panel arkasında oluşan ısının dağıtılması ve kısmi bir soğumanın gerçekleşmesi için panel altında hava boşluğu bırakılması gerekmektedir.

Soğuk iklim bölgelerinde ise karın panel üzerinde birikmesi, güneş ışınlarının güneş hücresine gelmesini engellediği için verim düşmektedir.

Bu iki durumda da panel veriminin düşmemesi için sıcak iklim bölgelerinde panel arkasında hava boşlukları bırakılmalı ve doğal havalandırma sağlanmalı. Kar olan soğuk iklim bölgelerinde ise karın panel üzerinde durmaması için panel yüzeyi aralıklarla temizlenmeli ve eğimli bir şekilde montaj yapılmalıdır. Buz oluşmaması için de yüzey antifiriz ve saf su ile yıkanmalıdır.

4.3.8. Peyzaj Ve Bitki Örtüsü

Fotovoltaik panellerin binalara uygulanması sırasında bina çevresindeki yeşil alanlar ve ağaçların gölgeleme etkisi düşünülmelidir. Özellikle geniş yapraklı ağaçlar yaz aylarında gölge yaparlar, kış aylarında ise panel üzerine dökülen yapraklar gölge yaparlar. Bu tür olumsuzlukların engellenmesi için aşağıda yer alan tasarım parametrelerine dikkat edilmelidir. (Keleş, 2008)

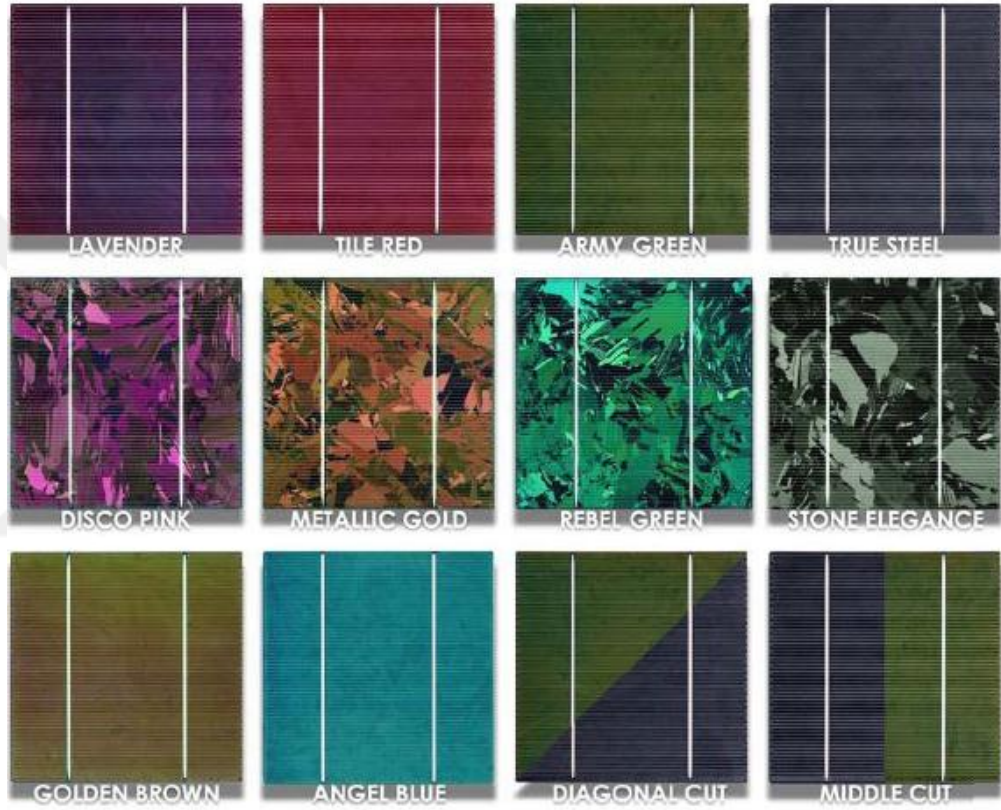
- Kuzey yarımkürede sadece kuzey yönüne, güney yarımkürede sadece güney yönüne ağaçlama çalışması yapılmalıdır.
- Çatı yüksekliğini geçmeyecek ağaçlar seçilmelidir.
- Gölgelemeye sebep olan dallar budanmalı ve dökülen yapraklar temizlenmelidir.

4.3.9. Form ve Renk

Fotovoltaik güneş hücreleri çeşitli renklerde üretilmektedir. Bu renkler; mavi, siyah, gri, lacivert, yeşil, kırmızı, sarı ve turuncudur. Bu tür renkli paneller, yaygın olan panellere göre daha maliyetlidir. Modül tipinin renk üzerine etkisi vardır. Çerçevesiz modüller bina ile çok uyumlu bir etki bırakır. Özellikle çatıda farklı renk ve malzeme olmayışı, hücrelerin renginin tüm alanı kaplamasıyla tek bir yüzey etkisi yaratır. Binaya entegrasyonu sağlanmış çerçeveli modüller, tüm yüzey üzerinde ağır ve son derece etkileyici görsel etkiye sahiptirler. Hücrelerle aynı renkteki küçük çerçeveler yüzeyde neredeyse gözükmez. Bazen çerçeveler özel bir etki yaratmak için kullanılır.

Çerçevesiz modüller her modülün boyutunu vurgulayarak çatıdaki montaj profillerini etkiler.

Yarı saydam modüllerde hücreler, cam levha üzerine ışığın içeriye geçmesini sağlayacak mesafede yerleştirilir. Uygulamada renkli camlar da kullanılır. Örnek olarak çeşitli renklerde üretilen güneş hücreleri verilmektedir.(Altın, 2005)



Kaynak: <http://www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=313>

Şekil 4.9. Çeşitli Renklerde Üretilmiş Güneş Hücreleri.

4.3.10. Kamaşma

Kamaşma diğer performansa etki eden unsurlar kadar olmasa da istenmeyen bir durumdur. Bu problem genellikle az katlı binalarda görülmektedir. Kalabalık yerleşkelerde ise çok katlı binaların birbirlerinin cephelerine gölge düşürmeleriyle güneş ışığının yansımaları kesmektedir.

Bu parıltı boyutu fotovoltaiklerin dokusal özelliklerinden, montaj sistemlerinden, güneşin geliş açısı ve ışın yoğunluğundan kaynaklanır ve senenin bazı aylarında meydana gelir. Binalar arasında gerekli mesafe bırakılarak kamaşma problemi çözülmüş olur. (Keleş, 2008)

4.4. Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı

Fotovoltaik sistemlerden su pompajında, katodik koruma sistemlerinde, iletişimde, aydınlatmada, otoyol kenarlarında ses kesici olarak ve küçük aletlerin çalıştırılmasında yararlanıldığı gibi, alması sistemler diye de adlandırılan hibrit sistemlerde de yararlanılmaktadır. Mimarlık disiplini ise yapıların geleneksel kabuk işlevini gören, yeni bir kabuk sistemi olarak tasarlanabilen fotovoltaik modüller, konvansiyonel çatı ve cephe elemanlarının yerini almaktadırlar.

Fotovoltaik sistemler binalarda 3 şekilde kullanılmaktadır;

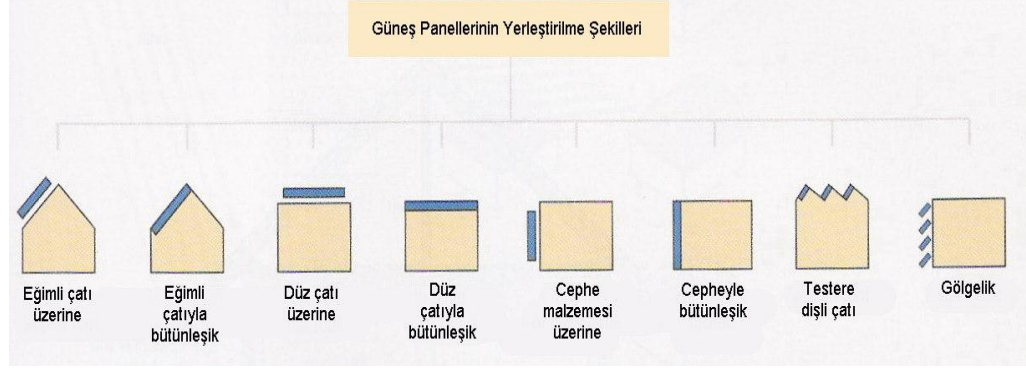
- 1- Binalarda kullanım
- 2- Bina dışı çevrelerde kullanım
- 3- Şebeke dışında kullanım

4.5. Fotovoltaik Sistemlerin Binalara Entegrasyonu

Fotovoltaik modüller binalarda çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Çatılarda, dış duvarda, bina cephelerinde, gölgeleme elemanı olarak saçaklarda ve pencerelerde kullanılabilirler. Fotovoltaik panellerin yerleşimi, güneşlenme açısına ve binanın konumuna göre değişebilir. Genellikle fotovoltaik panelleri bina elemanı olarak kullanmak, binaya sonradan uygulamaktan daha ekonomiktir. En iyi verim, binanın tüm enerji yükleri göz önüne alınarak yapılan ve enerji ihtiyacını minimuma indiren tasarımlarda alınır. (Thorpe, D. 2011).

Fotovoltaik paneller, eğer tasarım aşamasında düşünülmemiş ise, sonradan tespit edilebilirler. Bu sistemler, binanın tüm enerji ihtiyacını karşılamada yapıya katkı sağlar. Fotovoltaik sistemlerin binalara uygulanması üç başlık altında incelenmektedir.

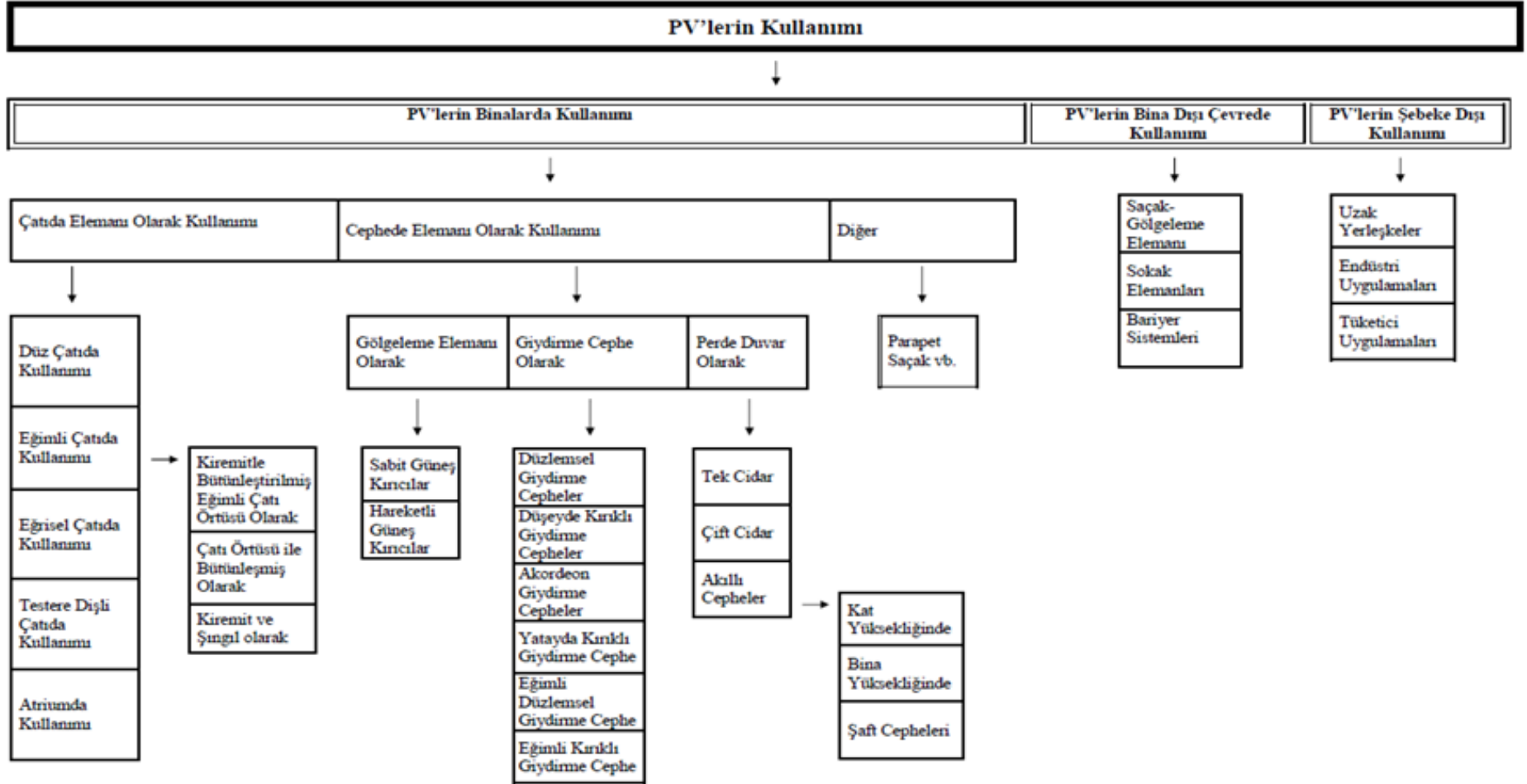
- 1- Çatı elemanı olarak binalarda kullanımı
- 2- Cephe elemanı olarak binalarda kullanımı
- 3- Diğer bina elemanlarında kullanımı



Kaynak: German Ses, 2005

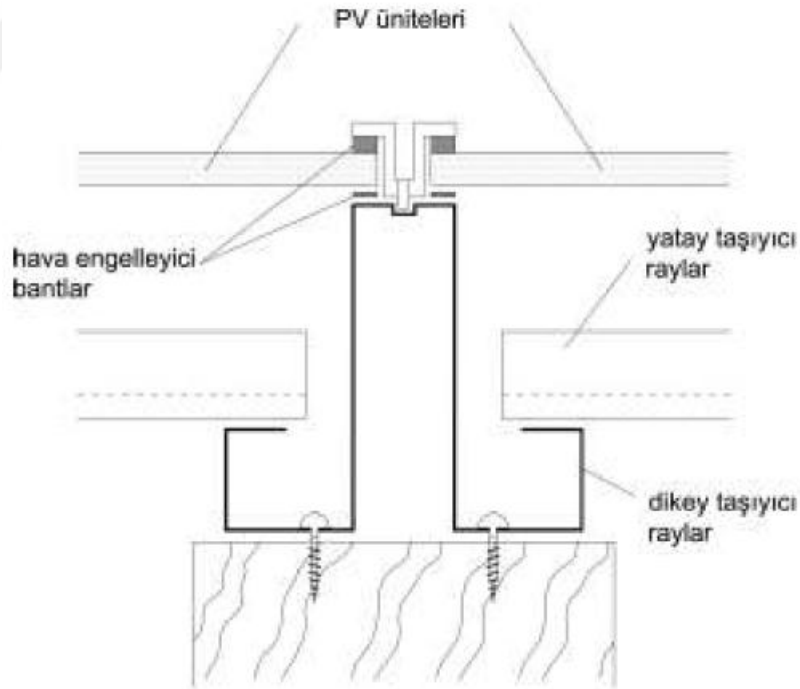
Şekil 4.10. Fotovoltaik Sistemlerin Bina Üzerine Yerleştirilme Şekilleri.

Tablo 4.7. Fotovoltaiklerin Kullanım Alanları.



4.5.1. Fotovoltaik Sistemlerin Çatılarda Kullanımı

Fotovoltaik modüllerin binalarda kullanımı için en uygun yerler çatılardır. Çatılarda kullanılan fotovoltaik paneller çatı üzerine bir konstrüksiyon ile monte edilebildiği gibi, çatı kaplama malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Günümüz teknolojisinde kiremit üzerine entegre edilmiş fotovoltaik güneş hücreleride kullanılmaktadır. Çatılarda kullanılan fotovltaik paneller hem binayı dış hava koşullarına karşı koruma sağlarken aynı zamanda da enerji üreterek binada tüketilen enerjiyi karşılamaktadır. Çatılarda kullanılan fotovoltaik paneller, cephede uygulanan sistemlere göre daha kolay ve daha ekonomiktir. Çatılarda istenilen eğim ve yönelme kolaylıkla sağlanabilir. Çatı sistemlerinde panel arkasında oluşan sıcaklığın havalandırılması daha kolaydır. Çatıya uygulanan sistemler bina tasarımı sırasında tasarlanabildiği gibi, çatıya sonradan da monte edilebilmektedir. (Keleş, 2008)



Kaynak: Keleş, 2008

Şekil 4.11. Havalandırılmış Fotovoltaik Çatı Detayı.

Fotovoltaik sistemlerin çatılarda kullanım biçimleri genel olarak 5 ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar;

- 1- Düz çatılarda kullanımı
- 2- Eğimli çatılarda kullanımı
- 3- Eğrisel çatılarda kullanımı
- 4- Testere dişli çatılarda kullanımı
- 5- Atriyumlarda kullanımı

Tablo 4.8. Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Gereksinimleri.

Kullanıldığı Yer	PV sistemi	Özellikleri
Düz Çatıda	PV Panel	Alt Strüktür Gerekir
Eğimli Çatılarda	PV Çatı Paneli PV Kiremit	Çatı Strüktür Sistemi İle Birleştirilir Kiremit Veya Şingil Olarak Kullanılır
Eğrisel Çatılarda	Opak PV	Tasarım Esnekliği Sağlar
Testere Dişli Çatılarda	PV Panel	Gün Işığına İzin Verir
Atriyumlarda	PV Çatı Paneli	Opak Veya Yarı Transparan Modüller Kullanılır

Kaynak: Keleş, 2008



Kaynak: http://www.braas.com.tr/tuem-haberler/single-news_display/article/indax-ankastre-fotovoltaik-sistem-ile-guenes-enerjili-akilli-catilar.html

Şekil 4.12. Fotovoltaik Panel Uygulaması Yapılmış Eğimli Çatının Yakından Görünüşü.



Kaynak: <http://www.aksarayenerji.com.tr/yapilarda-gunes-enerjisinin-onemi/#prettyPhoto>

Şekil 4.13. Eğimli Çatıda Fotovoltaik Panel Uygulaması Örneği

4.5.1.1. Düz Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı

Düz çatılarda fotovoltaik sistemlerin kullanımı diğer sistemlere göre çok daha kolaydır. Çatı üzerinde panele istenilen eğim ve açı verilebilir. Güneşin konumuna göre paneller yönlendirilir ve maksimum verim elde edilmesi için paneller istenilen pozisyonda çatıya monte edilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken unsur, diğer yapı öğelerinin panellere gölge etmemesidir. Düz çatılarda kurulan sistemler istenildiği zaman sökülüp takılabilirler. Düz çatılara uygulanan panellerin montajı, demontajı ve bakımı kolaydır. (Kiss Cathcart, 1993)



Kaynak: <http://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik-grossanlage/montagesysteme/hb-solar>

Şekil 4.14. Düz Çatılarda Fotovoltaik Sistem Uygulaması.

Düz çatılarda kurulan fotovoltaik panellerin farklı uygulama biçimleri vardır. Birinci sistem; Çatı strüktürüne mekanik olarak sabitlenmiş olan sistem vida ve cıvata ile tutturulur. 10° ile 60° kadar modül eğim açısı ayarlanabilir ve 200 km/h rüzgar yüküne dayanıklıdır. Aşağıdaki şekillerde örnekleri görülmektedir.



a)



b)

Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 4.15. a) Çatı Strüktürüne Bağlı Olarak Aplikasyon, Ege Üniversitesi Tarafından Gerçekleştirilen Düz Çatı Üzerine Güneş Pili Paneli Uygulaması. Şekil 4.15. b) Düz Çatı Üzerine Uygulanan Güneş Pili Konstrüksiyon Detayı.

İkinci montaj sistemi; ağırlığı ile çatı üzerine oturtulmuş sistemlerde strüktürden ziyade kendi ağırlığı ile çatı üzerine oturan sabit sistemlerdir. Estetik değillerdir ve çatıya ekstra yük bindirirler. Bu sistemlerin uygulama maliyetleri daha düşüktür. Bu sistemlerde ağırlık olarak beton bloklar veya çatı üzerine serili çakıllar kullanılır.



Kaynak: Keleş, 2008

Şekil 4.16. Bağımsız Destek Strüktür Tasarımı Örnekleri.



Kaynak: Keleş, 2008

Şekil 4.17. Fiber Çimentolu Strüktür Detayı.

Üçüncü sistem ise; bütünleştirilmiş sistemdir. Hava geçirmez bariyer ve izolasyon gibi malzemeler ile kullanılan sistemlerdir. Bu ürünler çatıya çok az yük bindirir. Diğer çözümlere göre daha pahalıdır fakat estetikdir. Uygulaması pratiktir. Bu sistem ile çatıda izolasyon da sağlanmış olur.

Aşağıdaki şekilde sandviç konstrüksiyon sistem detayı verilmiştir. Burada sistem ile çatı izolasyonu sağlanırken aynı zamanda da elektrik üretimi sağlanmaktadır. Her parça kolay bağlanır ve çatı malzemesinin içine geçmez. Mevcut çatılara uygulanabilir. Elemanlar vida, cıvata ya da yapışkan membranlarla tutturulur.



Kaynak: Prasad,Deo ,Snow,Mark ; 2005 ; Designing With Solar Power ;Images Publishing

Şekil 4.18. Sandviç Konstrüksiyon Detayı.

Bu tip tasarım genelde yenileme amaçlı ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak için iyidir. Köpük katmanı, çatı yüzeyini gece ve gündüz sıcaklık farkından ve ultraviyole ışıklardan korumaktadır.

4.5.1.2. Eğimli Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı

Eğimli çatılara kurulan sistemler çatı yüzeyine paralel olarak monte edilirler. Bu sistemler çatı strüktürüne monte edilir ve fotovoltaik modüllerinin altına izolasyon yapılması zorunludur. Bu tür sistemlerde verimlilik oldukça yüksektir. Soğuk iklimlerde kar yükü iyi hesaplanmalıdır. Eğimli çatılara uygulanan sistemlerde farklı şekillerde uygulanabilmektedir.

a) Kiremitle bütünleştirilmiş fotovoltaikler (kiremitlerin üzerine montajı yapılan sistemler), en ucuz sistemlerden biridir. Uygulaması kolaydır. Takozlar yardımıyla kiremitler üzerine yerleştirilen profillere monte edilirler. Bir diğer yaklaşım ise takozların geldiği yerdeki kiremitler kaldırılarak panel takozları çatı konstrüksiyonuna monte edilir.



Kaynak: <http://www.braas.com.tr/referanslar/guenes-enerjili-catilar.html>

Şekil4.19. Eğimli Çatıda Kiremit Üzerine Uygulanan Fotovoltaik Panel Sistemi

Bu sistemin en büyük avantajı panel ile çatı arasında doğal bir boşluk oluşmasıdır. Bu sayede panel altında oluşan sıcaklık doğal havalandırma ile soğutularak panel verimi artırılmaktadır. Sistem örnekleri Aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



a)



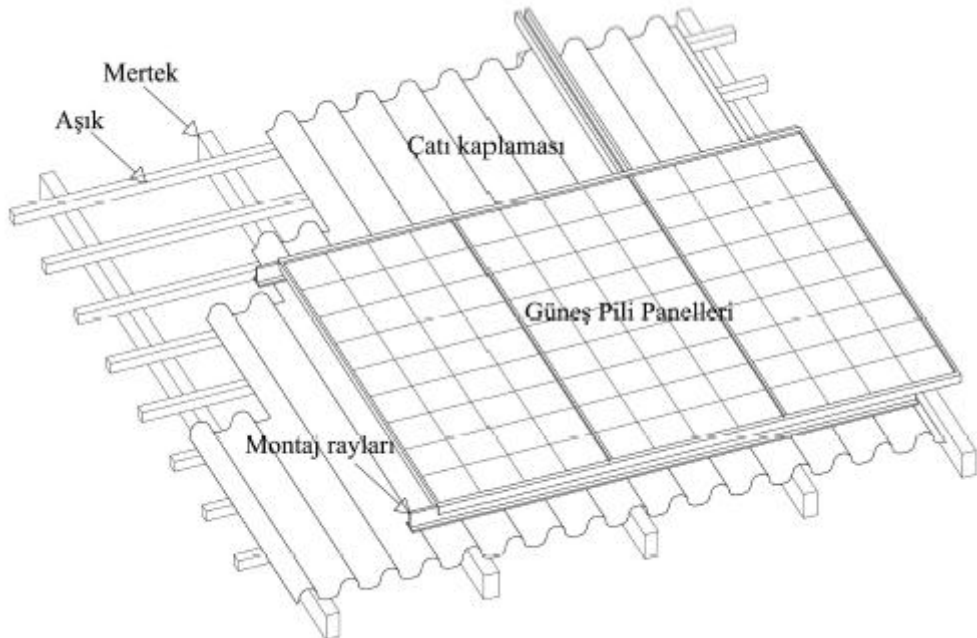
b)

Kaynak: <http://www.imato.com.tr/FotoAlbum>

Şekil 4.20. a) Doğal Havalandırma Sağlayan Eğimli Çatı Kiremit Üstü Konstrüksiyon Uygulamaları.

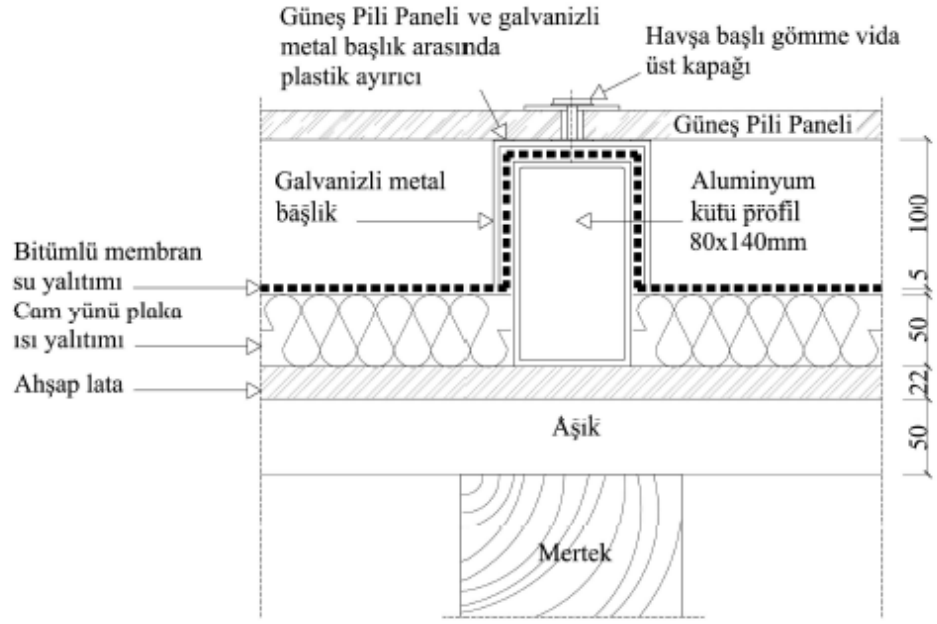
Şekil 4.20. b) Eğimli Çatı Üstü Konstrüksiyon Detayı.

Aşağıda Şekil 4.21 de mevcut oluklu panel kaplı çatı üzerine güneş pili paneli montaj prensibi görülmektedir. Güneş pili panellerinin altında 10 cm'lik bir havalandırma boşluğu bırakılarak altta latalar üzerinde su ve ısı izolasyonu döşenmesi gereklidir. Havalandırma boşluğu, panellerin arka yüzeylerinde oluşan sıcaklığın doğal olarak soğutulmasını sağlamaktadır. Böylelikle panellerin enerji performansı korunmuş olur.



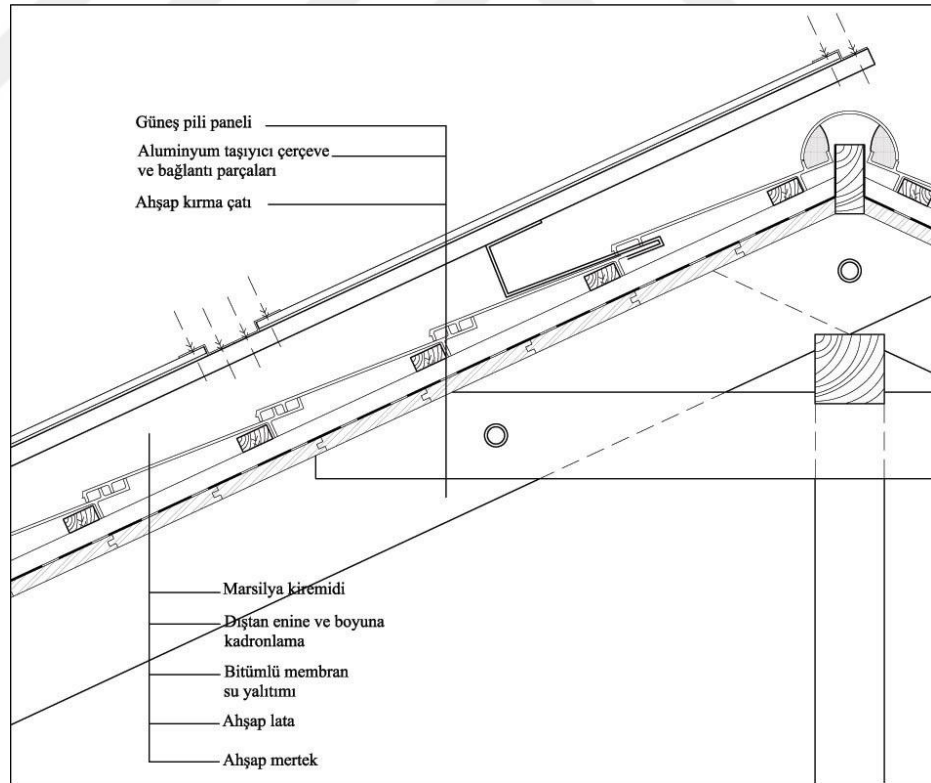
Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 4.21. Mevcut Oluklu Panel Kaplı Çatı Üzerine Güneş Pili Paneli Montajı.



Kaynak: (Uğur, 2006)

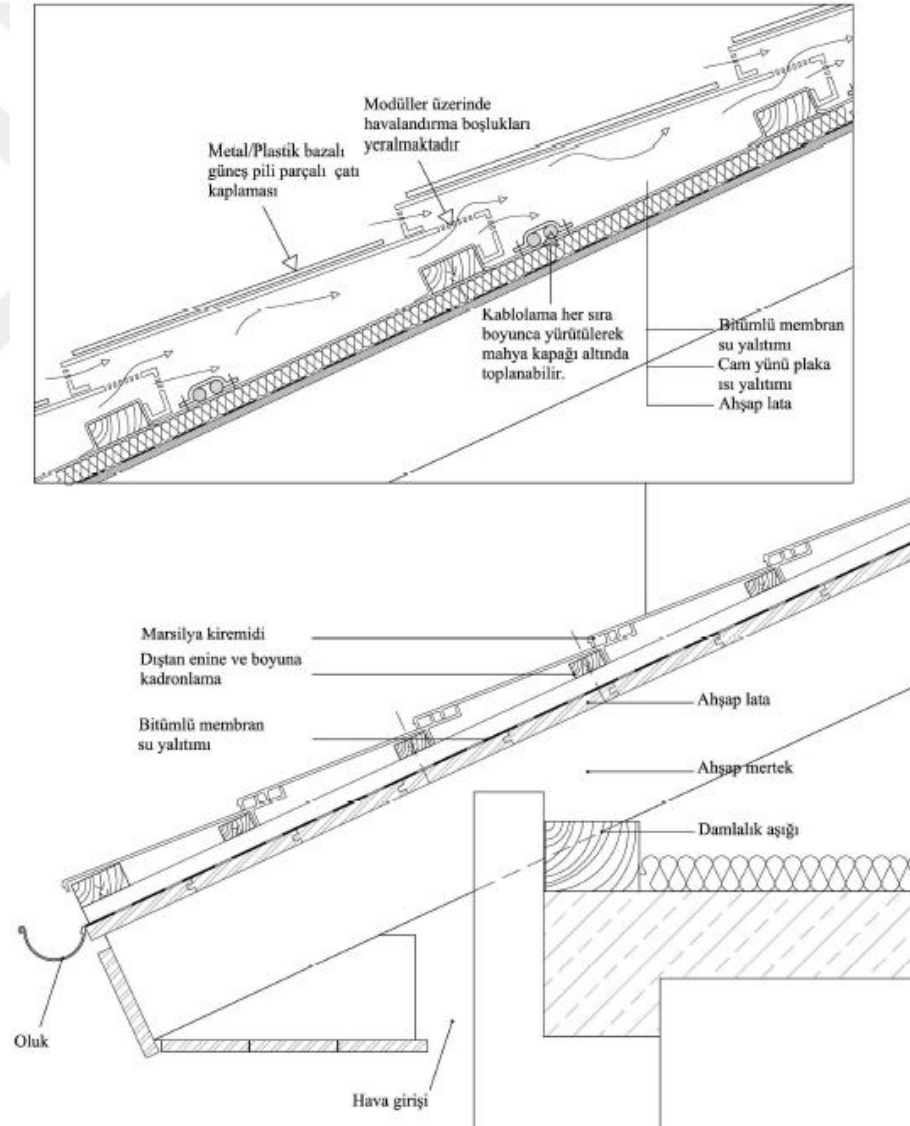
Şekil 4.22. Mevcut Çatı Taşıyıcı Sistemi Üzerine Güneş Pili Paneli Montajı Prensipteki Detayı.



Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 4.23. Kiremit Kaplı Kırma Çatılarda Güneş Pili Paneli Uygulama Detayı.

b) Parçalı güneş pili çatı kaplamaları metal, plastik ya da sentetik plakalar üzerine uygulanan kristal silisyumdan ya da amorf silisyumdan oluşurlar. Montaj ve birbirleriyle kenetlenme detayları yönünden, hem kiremitlerle hem de diğer parçalı kaplama sistemleriyle uyumlu farklı tipleri mevcuttur. Bu sayede, tercihe göre hem bölgesel hem de bütün çatı üzerinde uygulama yapma olanağı sağlarlar. Piyasadan sağlanması ve yerinde uygulanması en kolay olan güneş pili paneli tipidir. Herhangi bir çatı ustası güneş pili çatı kaplamalarının uygulamasını rahatlıkla gerçekleştirebilir. Şekil 4.23'de güneş pili parçalı çatı kaplamalarının montaj prensip detayı görülmektedir. (Uğur,2006)



Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 4.24. Güneş Pili Çatı Levha Kaplamaları Montaj Prensip Detayı.

Güneş pili parçalı çatı kaplamalarının bir diğer özelliği de, yapının el değiştirmesi gibi mülkiyet sorunlarında rahatlıkla yerinden sökülüp başka bir çatıya yeniden monte edilmesine olanak sağlamasıdır. Bu özellikleri, kullanıcının yatırımını gittiği her yere taşıyabilmesini ve ikinci el güneş pili pazarının oluşmasını sağlayarak güneş pili sistemlerini daha ucuz ve cazip kılacak bir unsurdur. (Bahaj A.S. ve James P.A.B., 1998)

Şekil 4.25 a) ve Şekil 4.25 b) de hem kristal silisyum hem de amorf silisyumla üretilmiş güneş pili parçalı çatı kaplama örnekleri görülmektedir.



a)



b)

Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 4.25. a)Güneş Pili Parçalı Çatı Kaplama Örnekleri.

Şekil 4.25. b)Eğik Çatılarda Güneş Pili Parçalı Çatı Kaplama Uygulama Örnekleri.

Çatı örtüsü ile bütünleştirilmiş fotovoltaik sistemler diğer montaj sistemlerine göre daha estetikdir. Fakat modül arkasını havalandırmak pek mümkün değildir. Sıcak iklimlerde panel arkasında oluşan sıcaklığın 60 °C dereceye ulaştığında soğutulamayan panellerde %15'lik bir enerji kaybı olur ki buda yıllık ortalama %2 ila %5 civarında bir enerji kaybı demektir. Aşağıda çatı örtüsü ile bütünleştirilmiş sitem örnekleri yer almaktadır. (Keleş, 2008)



Kaynak: <http://solargunespaneli.blogspot.com.tr/>

Şekil 4.26. Çatı Örtüsü İle Bütünleştirilmiş Fotovoltaik Panel Çatı Uygulamaları.



Kaynak: http://v1.raf.com.tr/urun_969_braas-cati-sistemleri-gunes-enerjili-cati-sistemi.html

Şekil 4.27. Çatı Örtüsü İle Bütünleştirilmiş Fotovoltaik Panel Çatı Uygulamaları.

Aşağıda şebeke bağlantılı 5W'lık monokristal fotovoltaiklerin çelik profillerle uygulaması şekil 4.28'de, görülmektedir. Çatı bindirme profil sistemi, mevcut çatıya fotovoltaik modüllerinin montajını içeren bir sistemdir. Basit bir alüminyum veya çelik çerçeve çatıya yerleştirilir ve çerçeve de fotovoltaik modülü tutar. Modüllerin montajı hiçbir teçhizat gerektirmeden çok çabuk bir şekilde yapılır.



a)



b)

Kaynak: (Keleş, 2008)

Şekil 4.28. a ve b Çatı Bindirme Profil Sistemi Detayları.

c) Eğimli çatılarda uygulanan fotovoltaik sistemlerin bir diğer şekli ise kiremit veya şıngıl olarak çatıya uygulanmasıdır. Bu tip uygulamalarda modüller sadece birkaç Wp'lik karolardan oluşmaktadır. Uygulaması kolaydır ve kısa zamanda uygulanabilirler. Mevcut çatı kiremitleri ile bütünleştirilmesi kolaydır ve estetikdir. Dezavantajı ise karoların altında oluşan sıcaklığın soğutulamaması ve çok sayıdaki karoların tek jeneratöre bağlanmasında yüksek maliyetli oluşudur. (Goetzberger, A ,Hoffmann, V.U. 2005)



a)



b)

Kaynak: <http://www.projem.com.tr/haber/177/fotovoltaik-panellerde-yeni-bir-form-tegolasolare>

Şekil 4.29. a ve b Kiremit Üzerine Uygulanmış PV Modül Örnekleri.

Kiremit fotovoltaik uygulamalarında en büyük avantaj, deforme olan ya da arızalanan her bir kiremit yenisi ile kolayca değiştirilebilmektedir. Aşağıda kiremit fotovoltaiklere ait bazı değerler yer almaktadır.

Boyutları: 42 cm x 46 cm, M² başına ağırlıkları: 43 kg

1 kW/PV üretmek için gerekli karo sayısı: 100-110 adet

Enerji üretimi (kWh) / yıl: 1300 kW

Birçok ürün lamine olarak üretilir ve fotovoltaik kapasitesine göre 7 ile 100 Wp arasında enerji üretimi sağlar. Yapı alt tabakasına yerleştirilerek veya çerçeveli şekilde direkt olarak entegre edilir. Ürünler genelde var olan ya da yeni karolara uygulanarak bağlanır. Şingil sistemlerde veya üzeri çerçeve ile kaplanacak dokulara yerleştirilir.



Kaynak: http://wedometalroofs.com/standing_seam_we_do_metal_roof_portfolio.html

Şekil 4.30. Kenetli Sistem İnce Film Fotovoltaik Levhalar.



Kaynak: <http://blog.is-arquitectura.es/2014/08/18/tejas-fotovoltaicas-con-el-sistema-de-stafier-solar>

Şekil 4.31. Şebeke Bağlantılı Plastik Çatı Karosu WWF Panda Evleri Hollanda Sıralı Evler- Polikristal Uygulama.

Londra'da şekil 4.29'da verilen ev İngiltere'de çatısında güneş şingillerinin kullanıldığı ilk evdir. Kiremitlerden daha estetik görüntüsü vardır. Çatı, evin kullanacağından daha fazla elektrik üretmektedir. (Keleş, 2008)



a)



b)

Kaynak: (Keleş, 2008)

Şekil 4.32. a ve b PV Şingil Kaplı Amorf Kristal Uygulama Çatı Örneği.

4.5.1.3. Eğrisel Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı

Eğrisel çatılarda, metal sac veya sentetik esnek malzemeye uygulanmış amorf silisyum, ince film ya da eğrisel düzenlenmiş opak, yarı saydam veya saydam rijid güneş pili modülleri kullanılmaktadır. (Ekin, 2006)



Kaynak: (Ekin, 2006)

Şekil 4.33. Eğrisel Çatıda Güneş Pili Paneli Uygulama Örneği. (Hollanda)

Şekil 4.30. ve 4.31. de Hollanda 'da monokristal esaslı fotovoltaiklerin Office Building and Research Laboratuvarları 'nda eğimli çatı entegrasyonu uygulaması görülmektedir.



Kaynak: (Keleş, 2008)

Şekil 4.34. Eğimli Çatıya Entegre Fotovoltaik Sistemler.



Kaynak: <http://www.alternatifenerji.com/isvecin-en-gunesli-ogrenci-evi/>

Şekil 4.35. İsveç'te Chalmers Teknoloji Üniversitesi Öğrencileri Tarafından Tasarlanan Solar Ev.

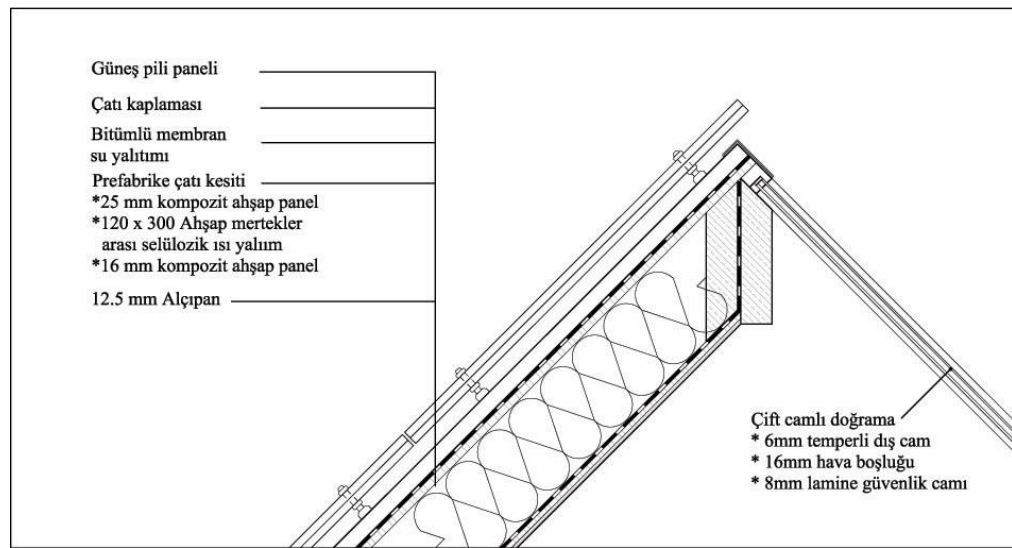


Kaynak: <http://www.suryaenerji.com.tr/urun/ince-film-gunes-paneli/>

Şekil 4.36. İnce Film Güneş Hücresinin Büyük Boyutlarda Uygulanmış Eğimli Çatı Örneği.

4.5.1.4. Testere Dişli Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı

Testere dişli çatılar, yapı içine daha fazla güneş ışığı almak amacıyla yapılan çatılardır. Kuzeye bakan ışıklıklarında yarı saydam ya da saydam, güneye bakan eğimli yüzeylerinde de opak güneş pili panelleri kullanılması en üst seviyede verim elde etmek için uygulanan en iyi yöntemdir. (Ekin, 2006)



Kaynak: (Ekin, 2006)

Şekil 4.37. Testere Dişli Çatıda Güneş Pili Paneli Uygulama Detayı.

4.5.1.5. Atriyumlarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı

Büyük alış-veriş merkezlerinde ve otellerde sıkça uygulanan atrium alanlarının üstü genellikle camla kaplanmaktadır. Fotovoltaik modüller cam yerine kullanılabilir en uygun malzemelerdir. Yarı-geçirgen fotovoltaik modül kullanılarak hem elektrik üretilmekte hem de içeride güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Genellikle çelik strüktürlerin kullanıldığı atriumlarda kar yükünün hesaplanması ve su yalıtım detaylarının da doğru çözülmesi gerekmektedir. (Sayın, 2006)

Atriyumlarda çatıda cam veya polikarbon levha üzerine lamine kristal silisyum ya da amorf silisyum güneş hücreleri kullanılır. Rüzgarlık, pergola, kış bahçesi, çatı penceresi gibi yapı elemanlarında yarı saydam fotovoltaik modüller kullanılmaktadır.



Kaynak: <http://inhabitat.com/nyc/metropolitan-green-solar-panel-clad-building-brings-bright-pops-of-color-to-williamsburg/metropolitan-green-building/?extend=1>

Şekil 4.38. Yarı Saydam Güneş Pilleri İle Çatı Uygulaması.

Yarı saydam güneş pilleri ile yapılan çatı uygulamalarıyla hem doğal aydınlatma sağlanmakta hem de elektrik enerjisi üretilmektedir.



Kaynak: (Özdoğan Ve Hıdıroğlu, 2011)

Şekil 4.39. Assan Alüminyum Fabrikası Pergola Üzeri Fotovoltaik Uygulaması



Assan Alüminyum 'un Tuzla'daki fabrikasına 5 kWp kurulu gücünde şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi kurulmuştur. Bu sistem, 54 adet 90W'lık ince film güneş panelinden oluşmaktadır. Assan şirketinin tesislerinde kurulan bu sistem, ince film güneş panellerinin şebekeye entegrasyonu ile ilgili ilk ticari uygulama olma özelliğini taşımaktadır. (Özdoğan ve Hıroğlu;2011)





4.6. Fotovoltaik Sistemlerin Çatılarda Kullanım Avantaj ve Dezavantajları




Fotovoltaik sistemlerin mimari eleman olarak yapılarda kullanılabileceği en uygun yerlerden biri de çatılardır. Çatılarda kullanılan bazı fotovoltaik uygulamalarda daha fazla verim elde edilmektedir. Çatılarda kullanılan sistemlerin, enerji verimi avantajının yanında en büyük dezavantajı ise çatıya ekstra yük bindirmesi, eğimli çatılarda uygulanmasının zor oluşu ve estetik olmayışıdır.

Aşağıdaki tabloda sistemin farklı tipteki çatı uygulamalarına göre avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır.

Tablo 4.9. Çatılarda Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları.

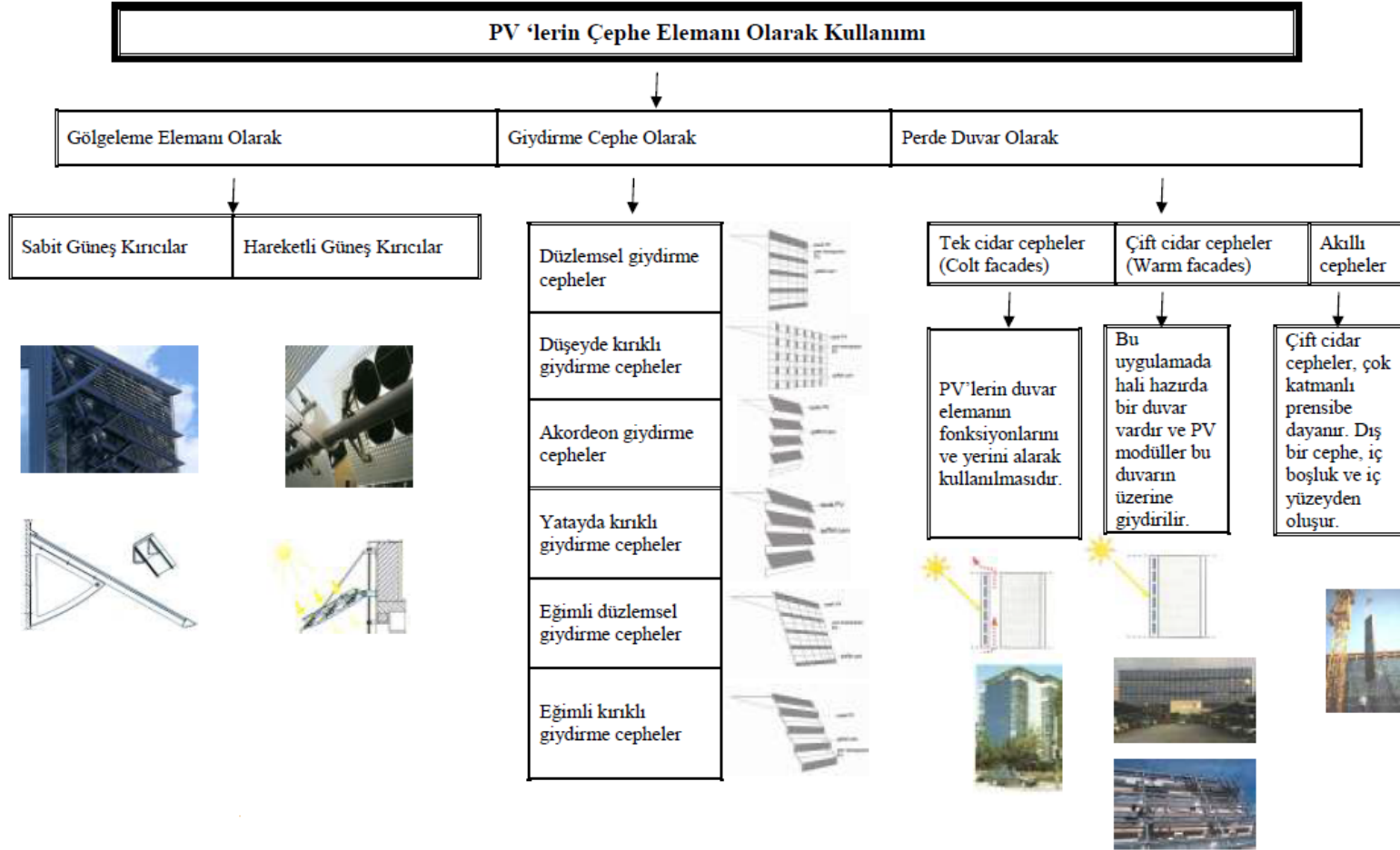
KULLANIM YERİ	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
1.Fotovoltaik Sistemlerin Çatılarda Kullanımı		
Çatılarda kullanım	<ul style="list-style-type: none"> • Yapılarda sistem kurulumu için binalarda en uygun yer çatılardır. • Bina cephe estetiğini bozmamaktadır. • Fotovoltaik panellerin eğim ve yönelme açıları çatılarda daha kolay sağlanmaktadır. • Uygulamada kullanılan strüktürler cephede kullanılanlara göre daha kolaydır. • Çatı sistemlerinde kullanılan fotovoltaiklerde istenmeyen ısının soğutulması daha kolaydır. • Çatılara kurulan sistemlerde elde edilen verim daha fazladır. • Çatılarda bulunan ve kullanılmayan geniş alanların değerlendirmesine katkı sağlar 	<ul style="list-style-type: none"> • Her zaman estetik görüntü sağlamayabilir
1. Düz Çatılarda Kullanım		
<p>Çatı strüktürüne mekanik olarak sabitlenmiş sistemler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Çatı strüktürüne vida, cıvata ile mekanik olarak kolayca montajı yapılır. • Diğer sistemlere göre uygulama maliyeti düşüktür. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estetik değildir.
<p>Ağırlığı ile çatı üzerine kurulu sistemler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Daha az montaj strüktürü kullanılır. • Kendi ağırlığı ile çatıya oturur. • İstenilen her çatıya uygulanabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıya ekstra yük bindirir.

<p>Bütünleştirilmiş sistemler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Çatı elemanın özelliğiyle işbirliği içinde (hava geçirmez bariyer ve izolasyon gibi kullanılır.) • Bu ürünler çatıya az bir yük bindirir. Estetiktir. • Hem PV üretimini kullanır hem de çatının izolasyonu sağlamış olur. • Çatıyı korurken ve izolasyon sağlarken, elektrik üretimiyle pratik bir çözüm sunar. • Her parça birbirine kolayca bağlanır ve çatı malzemesinin içine geçmez. • Mevcut çatıya uygulanabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Standart düz çatı çözümlerine göre daha pahalıdır.
<h2>2.Eğimli Çatıda Kullanımı</h2>		
<p>Kiremitle bütünleştirilmiş eğimli çatı örtüsü olarak</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • En ucuz sistemlerden biri kiremitlerin üzerine profillerin montajı ile sağlanır. • Çatı ile panel arasında oluşan boşluğun ek bir ödeme yapmadan ve caba göstermeden gerekli soğutmanın sağlanması için hava boşluğu sağlar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bu tip uygulamalarda Asıl önemli olan su yalıtımıdır. Bu yüzden Genelde standart modüller Tercih edilir.
<p>Çatı örtüsü ile bütünleştirilmiş olarak</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Normal çatı örtüsünün yerini alırlar. Hem çatı gibi performans gösterip hem de elektrik üretimini sağlamış olurlar. • Entegre sistemler çatı üzerine uygulanan diğer montaj sistemlerinden daha estetikdir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modüllerin arkasını havalandırmak konusunda dezavantajlara sahiptir • PV'lerin arkasında oluşan yüksek ısı verim düşüklüğüne neden olur. Soğutulma sorunu vardır.
<p>Kiremit ve şingil Olarak</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Klasik çatı ile bütünleştirilmesi daha problemsizdir. • Uygulamada kolaydır ve montajı kısa zamanda yapılır. • Klasik sistemlerdeki çatı tarafından yağmur ve fırtına gibi durumlara gösterilen koruma karolarla da sağlanır. • PV'li kiremit, normal kiremitlerle aynı ağırlıktadır. Ekstra yük binmez. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çok sayıdaki karoların Tek jeneratöre olan Bağlantısında yüksek Maliyet ortaya çıkar. • Enerji verimini düşüren modüllerin yaz aylarında soğutma sorunu vardır.

3.Eğrisel Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı		
<p>3-Eğrisel Çatı Sistemleri</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Opak ve yarı saydam güneş hücreleri kullanma avantajı sağlar. • Estetiktir. • Yarı saydam güneş ışığı kullanımında içeriye ışık girmesi sağlanır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaj zorluğu vardır.
4.Testere Dişli Çatıda Kullanımı		
<p>4.Testere Dişli Çatıda Kullanımı</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Yapı içine daha fazla gün ışığı alır. • Kuzeye bakan ışıklıklarında yarı saydam güneşe bakan eğimli yüzeylerinde de opak PV kullanılması mümkündür 	<ul style="list-style-type: none"> • Güneş ile ilgili ısı sorunları PV modüllerin camlarında çözümlenmelidir.
5.Atriumda Kullanımı		
<p>5-Atriumda Kullanımı</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pv'lerin Atriumda Ve Çatı Aydınlatması Olarak Kullanılması Mimariyi Canlandırıcı Ve En Detaylı Kullanım Seklidir. • Entegrasyon Olasılıkları, Çoklu Kullanım Özelliği (Gün Işığını Geçirme, Gölgeleme, Pasif Soğutma) Ve Mekanik Soğutma Sistem Giderlerini Azaltma Gibi Özellikleri Toplam Bina Maliyetini Düşürür. • Estetiktir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cam ile kaplı bu alanlarda ısınmanın istenmediği dönemlerde güneşten korunma gereklidir.

Kaynak: (Keleş,2008)

Tablo 4.10. Fotovoltaiklerin Cephe Elemanı Olarak Kullanılması.



4.7. Fotovoltaiklerin Cephe Elemanı Olarak Kullanılması

Bina cepheleri, binanın görselliğini ön plana çıkaran ve binayı dış etmenlere karşı koruyan dış katmandır. Kullanılan yapım tekniğine, malzemeye ve alt bileşenlerinin yapısal özelliklerine göre cepheler farklı kategorilere ayrılırlar. Bina cephelerinde kullanılan fotovoltaik sistemler çatılarda kullanılan sistemlere göre daha zor ve önemlidir. Çünkü yapının görselliği ve estetiği söz konusudur.

Cephelerde kullanılan fotovoltaik paneller genelde düşey olarak kullanılırlar. Bina cepheleri gölgelenmeye maruz kaldıkları için yerleşim planı sırasında gölgelenme modelleri yapılarak fotovoltaiklerin en verimli şekilde cephelere uygulaması sağlanmalıdır. Cephe yüzeylerine entegre edilen fotovoltaik modüllerin arkasında oluşan havanın sıcaklığı cephe için önemlidir. Havalandırılan cephede sistemlerinde, verim açısından ısıya duyarlı kristal silisyum fotovoltaik modüllerinin kullanılması uygundur. Havalandırılmayan cephe sistemlerinde ise daha ılıman çevre koşullarını ihtiva edebilecek amorf silisyum fotovoltaik modüller tercih edilmelidir.

Gün ışığından fazlaca yararlanan ve gölgelenmeden uzak güneye doğru inşa edilmiş bir bina, fotovoltaik uygulaması için oldukça uygundur. Bina cephesinin büyük ve uzun olması, fotovoltaik kullanımı ve enerji üretimi için avantaj sağlar. Cephe yüzeyine entegre edilecek olan fotovoltaik modüllerin uygulanması karmaşık detaylar gerektirebilir. Modüllerin boyutlandırması, elektrik sisteminin kurulması ve cepheye entegrasyonunda maksimum çözümler bulmak ve maliyeti azaltmak için aşağıdaki kriterlere dikkat edilmelidir;

- Fotovoltaik modüllerin yapıya getireceği yük önceden hesaplanmalı ve buna uygun tasarımlar yapılmalıdır.
- Fotovoltaik modüllerin verimliliğinin düşmemesi için temizlenmesi gerekir tasarlanacak olan cephenin buna uygun olması gerekmektedir.
- Dış ortamla birebir bağlantı içinde olan fotovoltaik modüllere su yalıtım uygulanması gerekmektedir, bu yalıtım katmanı modülün verimini etkilememelidir.

- Cephe yüzeylerinde gölgelenme, çatılara oranla daha fazla olmaktadır. Fotovoltaik modül veriminin düşmemesi için yapının tasarımında bu durum önem arz etmektedir.

- Farklı modül malzemelerinin farklı avantajları vardır. Örneğin ince film hücrelerle daha büyük açıklıklar kaplanabilmekte ve modülün yapısı esnek olmaktadır. Modülün havalandırılmasının zor olduğu durumlarda ise amorf silisyum hücreler önerilmektedir. Bu gibi kriterler göz önünde bulundurularak yapıya uygun malzeme seçilmelidir.

- Yapının görünümünü oluşturan cephelerde kullanılacak olan modül malzemeleri estetik açıdan bir bütünlük içinde olmalıdır. Yapının imajını belirleyecek olan modüller, aynı zamanda bir yapının prestijini de yansıtmaktadır. (Yıldız 2003'ün Watt ve diğ.1999)

Aşağıdaki şekilde yer alan binada kullanılan fotovoltaik modüller, binanın ihtiyacı olan enerjinin %40'ını karşılamaktadır.



Kaynak: <http://inhabitat.com/nyc/metropolitan-green-solar-panel-clad-building-brings-bright-pops-of-color-to-williamsburg/metropolitan-green-building/?extend=1>

Şekil 4.40. Bina Cephesine Entegre Fotovoltaik Sistem Williamsburg – Brooklyn.



Kaynak: http://v1.raf.com.tr/urun_1387_reynaers-surdurulebilir-yapi-cozumleri-solar-sistemler.html

Şekil 4.41. Giydirme Cephe Fotovoltaik Uygulaması.

Bina cephesinde uygulanan fotovoltaik sistemler tasarım sırasında bina kabuğu olarak uygulanabildikleri gibi, mevcut bina cephesine de uygulanabilmektedirler. Cephelere entegre edilen fotovoltaik sistemlerin uygulaması 3 ana başlık altında incelenmektedir.

Bunlar;

- 1-Giydirme cephe elemanı olarak kullanımı.
- 2-Gölgeleme elemanı olarak kullanımı.
- 3-Perde duvar elemanı olarak kullanımı.

4.7.1. PV'lerin Giydirme Cephe Elemanı Olarak Kullanımı

Fotovoltaik panellerin direk olarak bina kabuğuna entegre olduğu sistemlerdir. Amerikan mimari yapımcılar kurumu birliği (AAMA, American Architectural Manufacturers Association) giydirme cephe tanımını şu şekilde yapmaktadır: *herhangi bina duvarının, herhangi bir malzemesi, üst üste binen dikey yükleri taşımaz. Metal çerçeveler, cam panelleri, metali, taşı ve diğer giydirme malzemeleri destekler.*

Metal çerçeveler yerinde tekil parçalarla (yapıştırma sistem) veya ünitelerin prefabrike olarak fabrikada üretilmesiyle oluşur. Cam giydirme cepheler ise iki kat arasında yahut tabandan çatıya kadar uygulanır.

Giydirme cephe sistemleri, yapı taşıyıcı sistemine ve taşıyıcı bir ızgaraya bağlanan ön üretimli panellerden oluşur. Cephenin ön üretimli panellerden oluşması, iç-dış çevre fiziksel koşullarının kontrolünü ve bina kabuğuna çeşitli güvenlik veya konfor amaçlı fonksiyonların yüklenmesini mümkün kılar. Giydirme cephe sistemleri bina üzerindeki boşluklar kadar dolu yüzeyler üzerine de uygulanarak bina cephesinde süreklilik sağlanır. Giydirme katmanla bina arasında bir havalandırma boşluğu bırakılarak ısı ve buhar yalıtımı sağlanır. Güvenlik, havalandırma, güneş kontrolü gibi unsurlar bu sistemlerin içine rahatlıkla entegre edilebilirler.

Giydirme cepheler bina tasarımına göre farklı şekillerde uygulanabilirler bunlar;

- 1- Düzlemsel giydirme cepheler
- 2- Düşeyde kırıklı giydirme cepheler
- 3- Yatayda kırıklı giydirme cepheler
- 4- Akordeon giydirme cepheler
- 5- Eğimli düzlemsel giydirme cepheler
- 6- Eğimli kırıklı giydirme cepheler



a)



b)

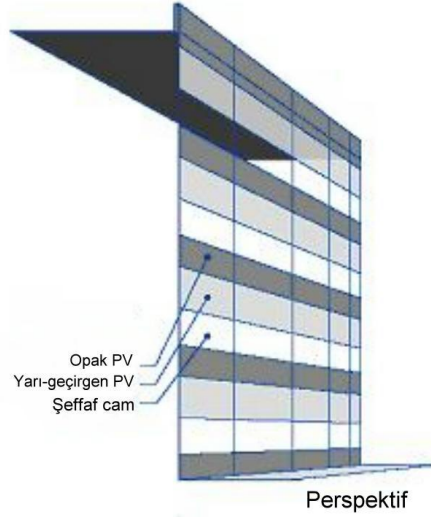
Kaynak: http://www.solarserver.com/solarmagazin/solar-report_1108_2_e.html

Şekil 4.42. a) Pöttingen de Fotovoltaik cephe kaplaması.

Şekil 4.42. b) Freiburg'da Fotovoltaik Cephe Kaplaması.

4.7.1.1. Düzlemsel Kırıklı Cepheler

Standart giydirme cam cephe taşıyıcı ızgarası kullanılabilir. Fotovoltaik modüller metal ızgaraya takılarak yükleri yapının strüktürel sistemine aktarılmaktadır. (Çelebi 2002)



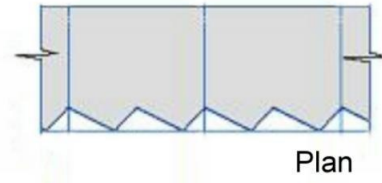
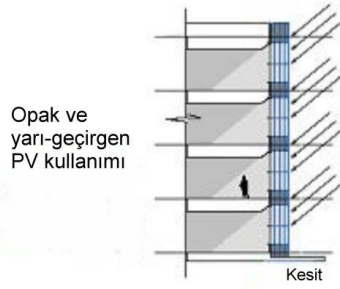
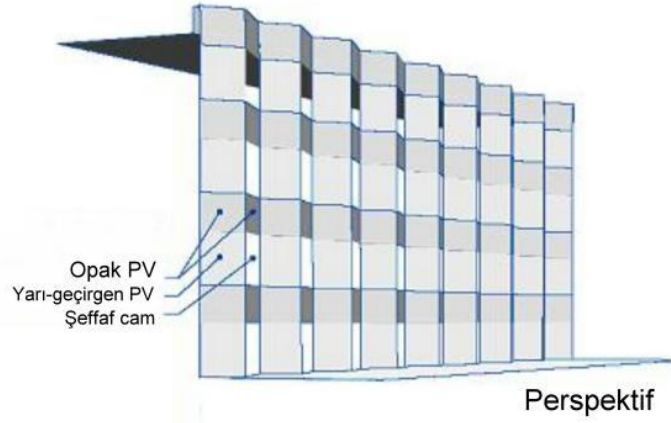
Kaynak: (Sayın,2006)

Şekil 4.43. Düzlemsel Giydirmeye Cephede PV Modül Kullanımı.

4.7.1.2. Düşeyde Kırıklı Giydirmeye Cepheler

Cepheler kırıklı olarak tasarlandığı için düzlemsel cephelere göre daha fazla konstrüksiyona ihtiyaç vardır. Bu durum maliyeti artırmaktadır. Düşey kırıklı cephelerde güneşe göre uygun yönelme sağlandığından dolayı elektrik üretim potansiyeli yüksektir.

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi opak fotovoltaik modüller ve yarı geçirgen modüller, şeffaf camlarla birlikte kullanılmaktadır.(Sayın,2006)



Kaynak: (Sayın,2006)

Şekil 4.44. Düşeyde Kırıklı Giydirme Cephe PV Modül Kullanımı.



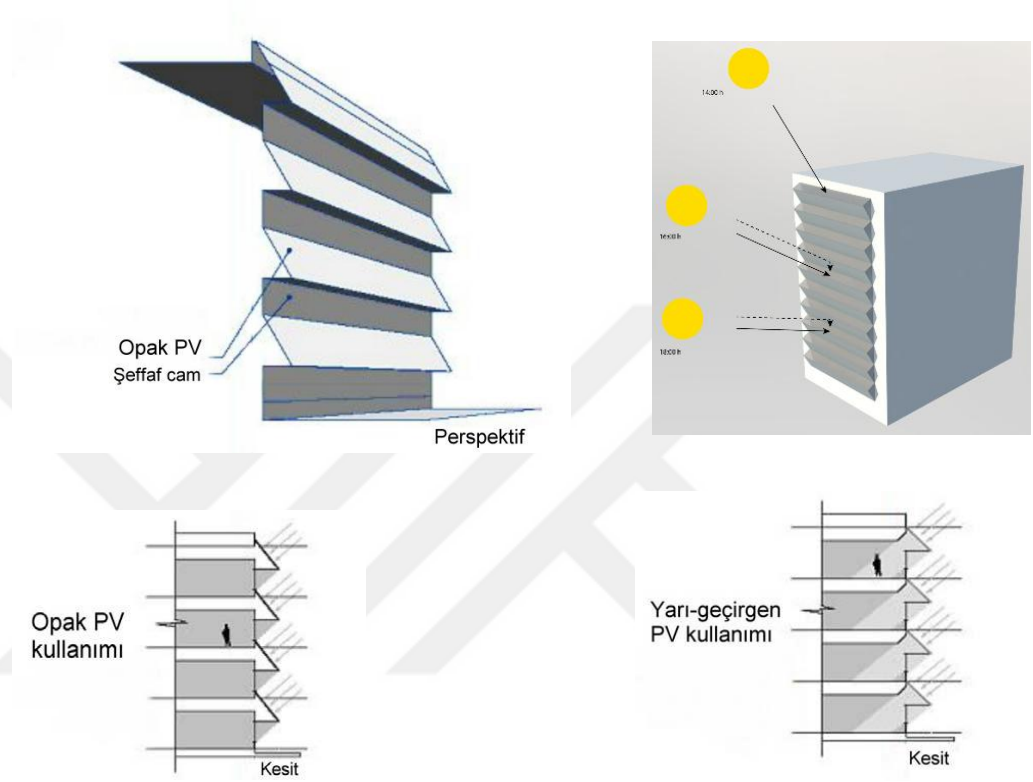
Kaynak: <http://www.catikatidekorasyonu.com/cam-cephe-kaplama.html>

Şekil 4.45. Düşeyde Kırıklı Giydirme Cephe Örneği.

4.7.1.3. Yatayda Kırıklı Giydirme Cephe

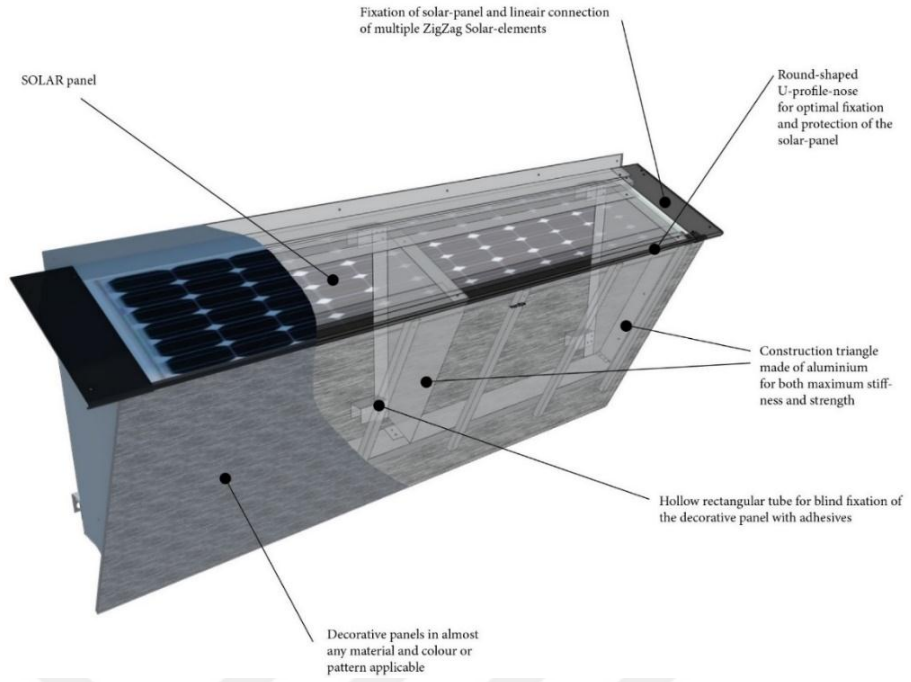
Fotovoltaik panellerin yatay bir biçimde kullanılarak oluşturulan yatay kırıklı cephenin uygulanması için ek bir konstrüksiyon maliyeti vardır.

Fakat modüller güneş ışınını hem dik hem de açılı olarak aldıklarından düşey kırıklı cephelere göre verim daha fazladır. Yatay modüller uygulama biçimi itibariyle pasif gölgeleme etkisi oluşturmakta ve güneş kontrolü sağlamaktadır. Yatay kırıklı cephelerde cephe temizliği zor olduğu için fotovoltaik sistemin verimi düşmektedir. (Sayın, 2006)



Kaynak: (Sayın, 2006)

Şekil 4.46. Yatayda Kırıklı Giydirme Cephelerde PV Modül Kullanımı.

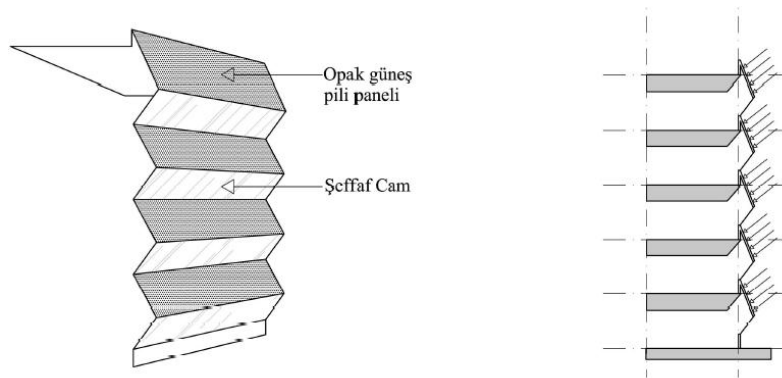


Kaynak: <http://zigzagsolar.com/>

Şekil 4.47. Yatay Kırıklı Cephelerde PV Modül Ve Konstrüksiyon Detayı.

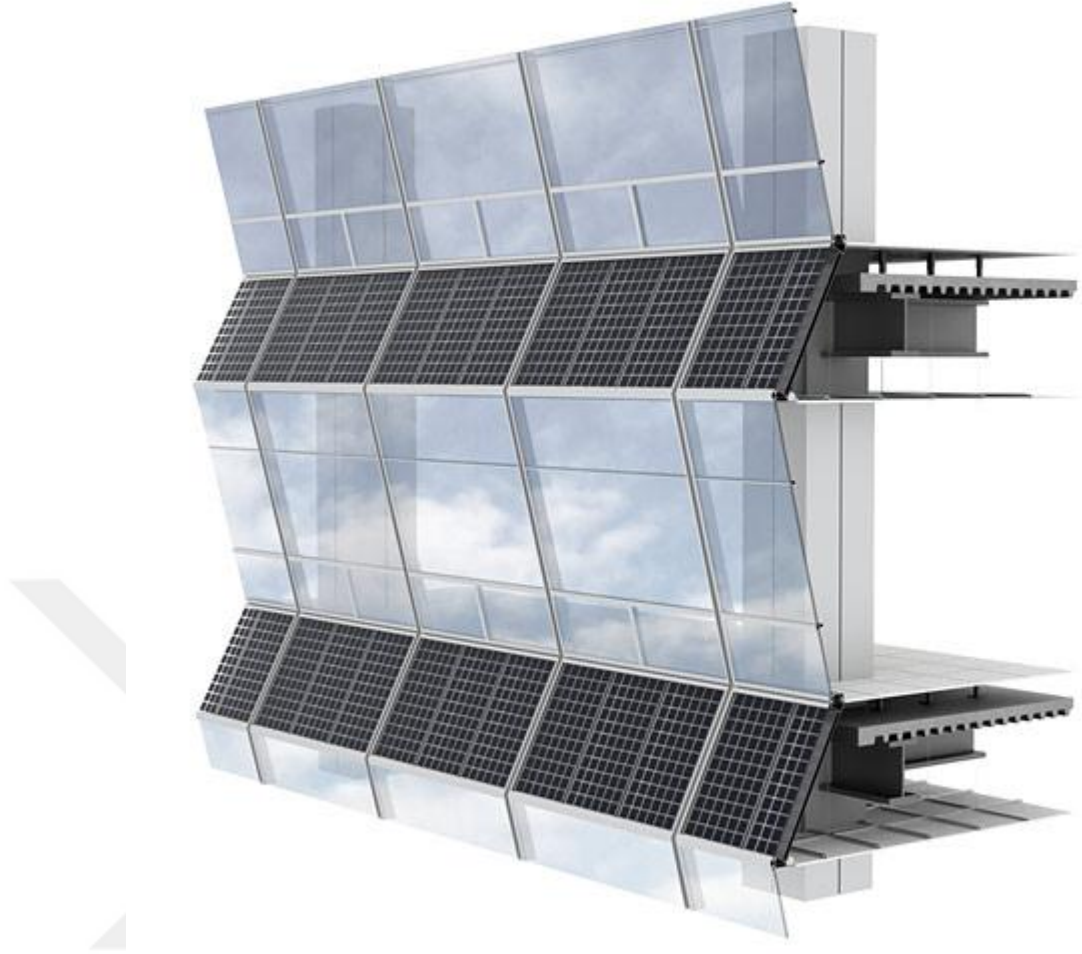
4.7.1.4. Akordeon Giydirme Cepheler

Formu nedeniyle karmaşık bir taşıyıcı konstrüksiyonu vardır (Şekil 4.49). Ek taşıyıcı gerektirdiğinden dolayı cephe sistemi maliyeti yüksektir. Cephe panellerinin güneşe göre konumlanması daha esnek olduğu için performansı oldukça yüksektir. Cephenin temizliği düşey ve yatay kırıklı cephelere göre kolaydır.



Kaynak: (Sayın, 2006)

Şekil 4.48. Akordeon Giydirme Cephe.



Kaynak: <http://smithgill.com/work/fki/>

Şekil 4.49. Akordeon Giydirme Cephe Detayı.

4.7.1.5. Eğimli Düzlemsel Giydirme Cepheler

Güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanılan cephe sistemidir. Optimum açı olarak 60° önerilmektedir. Opak fotovoltaik, yarı geçirgen fotovoltaik ve cam bir arada kullanılarak düzlemsel cephelerde olduğu gibi güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Konstrüksiyon maliyeti çok yüksek değildir, cephe temizliği zordur. (Kiss Cathcart1993, Çelebi 2002)

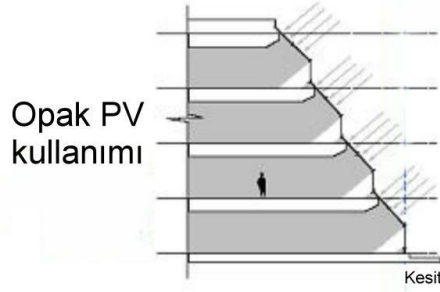
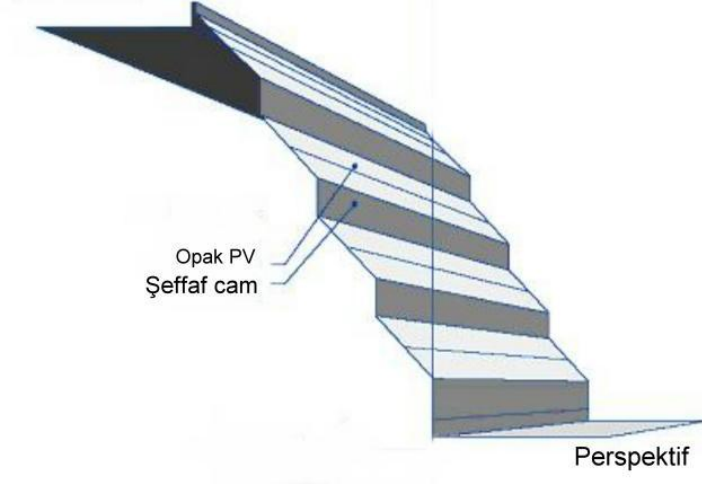


Kaynak: <http://www.raf.com.tr/urun/palmiye-golge-sistemleri-%E2%80%9393-trump-towers-istanbul/301>

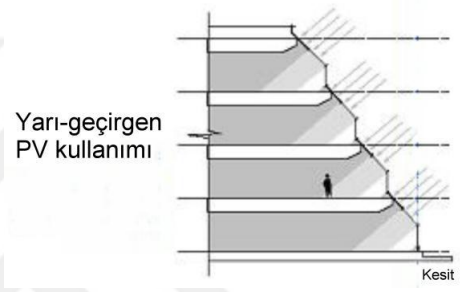
Şekil 4.50. Eğimli Giydirme Cephe Örneği Trump Towers Binası, İstanbul.

4.7.1.6. Eğimli Kırıklı Giydirme Cepheler

Cephe sistemi kırıklı bir yapıya sahip olduğundan dolayı ek bir konstrüksiyon gereklidir. Bu durum maliyeti artırmaktadır. Eğimli yüzeyde opak fotovoltaik panel, dik yüzeyde de ışık geçirgen cam kullanılarak, yüzeyin önemli bir bölümünde ışınım denetimi sağlanabilir. Fotovoltaik panel eğimli kullanıldığı için özellikle yaz aylarında daha etkilidir. Eğimli düzlemsel giydirme cephe ile aynı performansa sahip olarak görülmektedir.(Çelebi, 2002)



Opak PV
kullanımı



Yarı-geçirgen
PV kullanımı

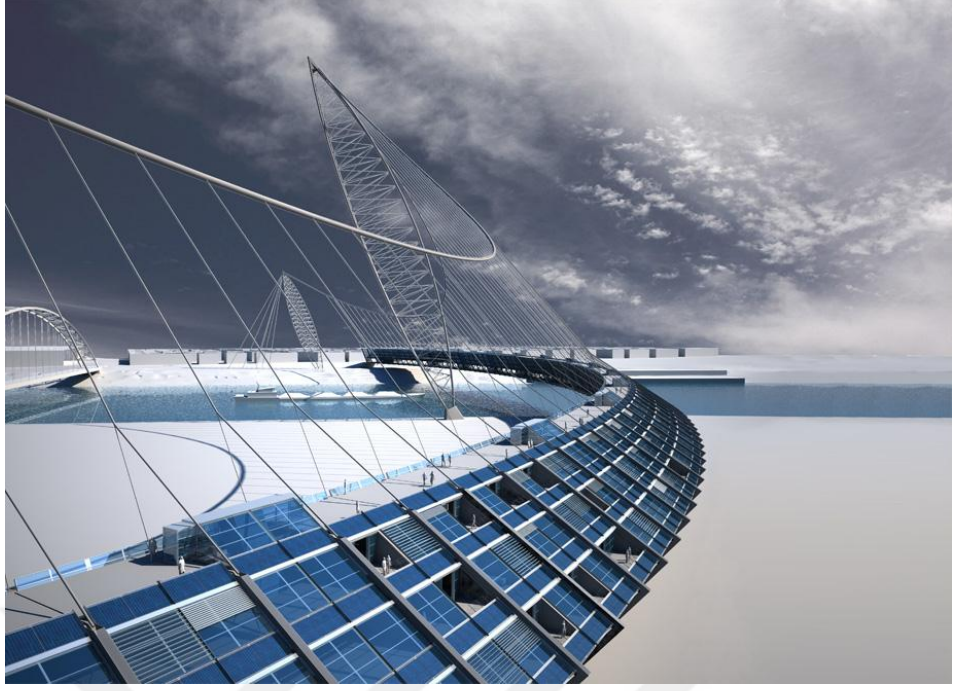
Kaynak: (Sayın, 2006)

Şekil 4.51. Eğimli Kırıklı Giydirme Cephelede PV Modül Kullanımı.



Kaynak: <http://www.arkitera.com/etiket/5012/sarphan-finans-park>

Şekil 4.52. Eğimli Kırıklı Cephe Örneği.



Kaynak: <http://www.eduard-kliewer.de/projekte/living-bridge/living-bridge.html>

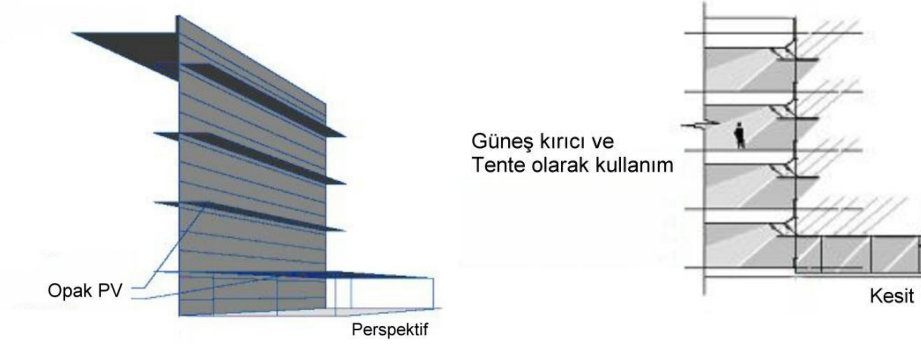
Şekil 4.53. Eğimli Cephe Tasarım Örneği.

4.8. Fotovoltaiklerin Gölge Elemanı Olarak Kullanılması

Güneş ışınımı, pasif solar ısınma sağlaması için kış aylarında yapı içinde istenen, yaz aylarında ise kontrol edilmesi gereken bir unsurdur. Kontrolün cephe içinde veya dışında sağlanması tasarımcının tercihine bağlı bir durumdur. Diğer taraftan, güneş ışınlarının cephe dışında kontrol edilmesi, iç mekânın soğutma yüklerinin hafifletilmesi ve çalışma mekanlarında fazla ışık düzeyinin önlenmesini sağlayacağı için, cepheye uygulanan güneş kırıcılar, tasarım aşamasında planlanmalıdır. (Keleş, 2008)

Binaya sonradan entegre edilebilen gölge elemanları için ek bir konstrüksiyon gereklidir. Yatay uygulanabildiği gibi düşey, eğimli veya hareketli olarak da uygulanabilirler. Yapıya entegre edilen fotovoltaik panel gölgeleme sistemleri, hem doğal ışık kontrolü hem de doğal ışıktan yeterince yararlanmayı sağlarlar. (Şekil 4.54) Güneş kırıcıların bina kabuğuyla bütünleşmesinde su yalıtımı problemleri ortaya çıkabilmektedir.

Yalıtımın sağlanması için konstrüksiyon detaylarının iyi çözülmesi gerekir.
(Oluklulu 2001)



Kaynak: (Kiss Cathcart1993)

Şekil 4.54. Güneş Kırıcı Olarak Fotovoltaik Modül Kullanımı.



Kaynak: <http://www.guneshaber.net/haber/736-uzman-gozuyle-alternatif-enerji-kaynaklarinin-mimaride-kullanimi.html>

Şekil 4.55. Fotovoltaik Güneş Kırıcı Entegre Edilmiş Giydirme Cephe Örneği.

Güneş kırıcılar dört ayrı şekilde sınıflandırabiliriz;

1. Yatay Güneş Kırıcılar
2. Düşey Güneş Kırıcılar
- 3.Sabit Güneş Kırıcılar
- 4.Hareketli Güneş Kırıcılar

4.8.1. Yatay Güneş Kırıcılar

Yatay güneş kırıcılar, güneye bakan bina cephelerinde güneş kontrolü sağlamak amacıyla tasarlanan cephe elemanlarıdır. Güneş ışınlarının dik açıyla geldiği, iç konfor koşullarını olumsuz etkilediği yaz aylarında, gölgelemeyi sağlamak, kış aylarında ise yatık gelen güneş ışınlarını maksimum derecede içeri girmesini sağlamak için mekân, ısı ve aydınlık düzeyini arttırmak amacıyla kullanılan cephe elemanlarıdır. (Uğur, 2006)



Kaynak: <http://www.nekapotomasyon.com/gunes-kirici-sistemleri?p=6>

Şekil 4.56. Yatay Güneş Kırıcılar.

4.8.2. Düşey Güneş Kırıcılar

Düşey güneş kırıcılar, yapı kabuğunun doğu ve batı cephelerinde, dar açıyla cepheye vuran güneş ışınlarını kontrol etmek için kullanılırlar. Düşey güneş kırıcılar, cephe açıklığının görüş açısını, kısıtlayan cephe elemanlarıdır. (Uğur, 2006)



Kaynak: <http://www.colinfo.at/fassadentechnik-modehaus-galizia.html>

Şekil 4.57. Dikey Güneş Kırıcılı Giydirmeye Cephe Örneği.

4.8.3. Sabit Güneş Kırıcılar

Sabit güneş kırıcılar direkt olarak yapıya sabitlenir. Hareket etmesi ya da yönünün değiştirilmesi söz konusu değildir. Sabit güneş kırıcılar cephedeki güneş kırıcıların en basit halidir. Cephede doğru kullanıldıklarında verim elde edilebilir ve estetik görünüm sağlanabilir. Uygulaması kolaydır ve düşük maliyetlidirler.



Kaynak: <http://www.nekapotomasyon.com/gunes-kirici-sistemleri?p=2>

Şekil 4.58. Sabit Güneş Kırıcılı Cepheler.



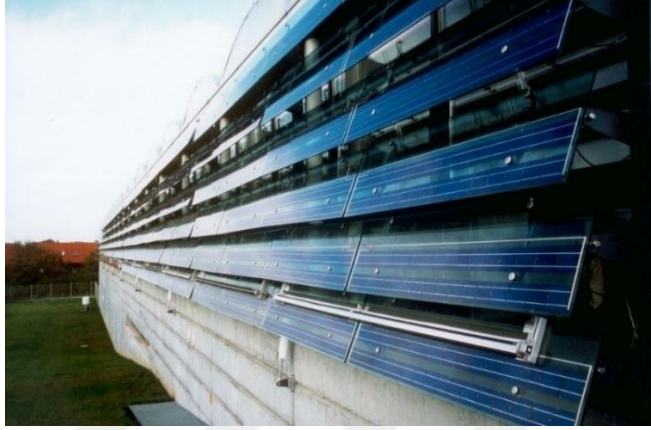
Kaynak: <http://www.colinfo.at/glaslamellen-sonnenschutz.html>

Şekil 4.59. Fotovoltaik Güneş Kırıcıların Kullanım Örnekleri.

4.8.4. Hareketli Güneş Kırıcılar

Hem güneş pili panellerinin performansı hem de daha verimli gölgeleme elde edilmesi açısından güneş kırıcıların hareketli olması daha çok tercih edilmektedir. Hareketli güneş kırıcılar, panjur, güneşlik, genişleyebilir gölgelik ve sundurmalarda kullanılırlar. Yatay ve dikey olarak gelen güneş ışığının etkisine ve geliş açısına göre hareket ederler.

Güneş hücrelerinin, hareketli güneş kırıcılarla entegrasyonu uygundur. Cephede alt alta sıralanan panjur sistemlerinde her bir panjur bir üstteki panjur tarafından gölgelenmez. Yarı saydam kullanılan güneş hücreleriyle dış hava koşulları ve gökyüzü de görülebilir. Bu sistemlerde verim yüksektir.



Kaynak: <http://www.ais-online.de/firma/solarnova-deutschland/neuheit/multifunktionale-photovoltaik-von-solarnova/12167619/#>

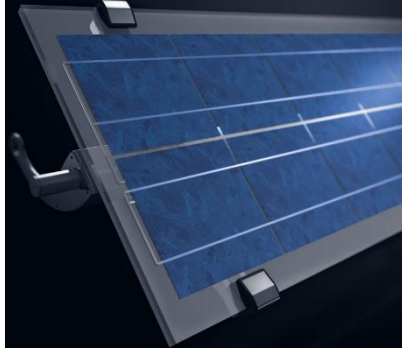
Şekil 4.60. Hareketli Güneş Kırıcılar.



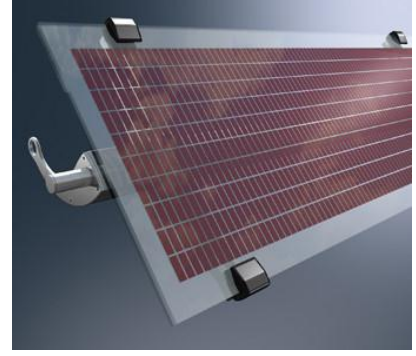
Kaynak: <http://www.colinfo.at/glaslamellensystem-pv-hwk-koblenz.html>

Şekil 4.61. Hareketli Güneş Kırıcılı Cephe Elemanları.

Hareketli güneş kırıcılarda Termohidrolik güç sistemi (thermohydraulic drive system) direkt olarak güneş tarafından ayarlanır ve güç verilir. Sistem direkt olarak güneşle hareket edebilmektedir. İki siyah termal ısı toplayıcı cam tüpler hidrolik likit ile dolu olarak montajlanır. Bu tüp hidrolik likidi ısıtır ve oluşan fazla basınçla her iki tarafta aynı değerde güneş ışığı alıp aynı basınca gelene kadar hidrolik makineler sistemi hareket ettirmeye devam eder.



a)



b)

Kaynak a: <http://www.bauforum.at/metall/energieeffizienz-durch-sonnenschutz-56323>

Kaynak b: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Sonnenschutz-Duenschichtmodul-als-Sonnenschutz_2553517.html

Şekil 4.62. Işığa Duyarlı Hareket Edebilen Güneş Kırıcılar.

Aşağıda yer alan Şekil 4.63 de Almanya’da Lawyer Ofisinde şebeke bağlantılı, mono kristal esaslı fotovoltaik hareket edebilen güneş kırıcılar ve çatı elemanları kullanılmıştır.



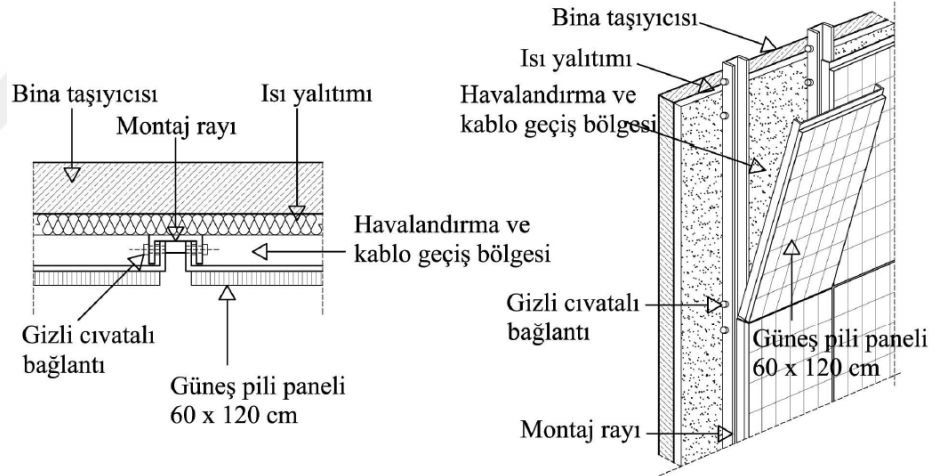
Kaynak: (Keleş, 2008)

Şekil 4.63. Hareket Edebilen Fotovoltaik Modüllü Güneş Kırıcı Elemanların Kullanıldığı Lawyer Office.

4.9. Fotovoltaik Sistemlerin Yağmur Perdesi Olarak Kullanılması

Yağmur perdeleri, yapı üzerine monte edilen taşıyıcı ızgaralara ya da montaj raylarına klipslerle ya da tırnaklı geçme bağlantı elemanlarla bağlanan panellerle oluşturulur. Yapıyı iklim şartlarının olumsuz etkilerinden koruyan dış katmanlardır. Fotovoltaik modüller bir ızgara sistemi yardımıyla kabuğa entegre edilirler. Yağmur perdelerinin oluşturulmasında panellerle yapı arasında minimum 10 cm hava boşluğu bırakılması gerekir. (Max Fordham & Partners in Assosiation with Fielden Clegg Architects, 1999)

Hava boşluğu, panellerin arkasında havalandırma ve su tahliyesi sağladığı gibi, güneş pili panellerinin arasında kurulması gereken kablo geçişleri için de ideal bir alan oluşturur. Şekil 4.64’de güneş pili panelleriyle yağmur perdelerinin oluşturulma detayı görülmektedir.



Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 4.64. Güneş Pili Panelleriyle Yağmur Perdelerinin Oluşturulma Detayı.

Fotovoltaik perde duvarları, çerçeveleme yöntemlerine göre basınç plakaları sistemi ve silikon camlama sistemi olarak ikiye ayırabiliriz. Basınç plaka sisteminde, panel çerçeveleri yatay ve dikey bölmelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Çerçeve profillerinin gölge oluşturacak şekilde panellerde derinlik oluşturulmaması gerekir. Silikon camlama sisteminde ise; gölge oluşması mümkün değildir. Bu sistemlerde ise hava izolasyonu gibi sorunlarla karşılaşmaktadır.

Perde duvarları cephe sistemine göre 3 gruba incelemek mümkündür.

- 1- Tek Cidarlı Cepheler
- 2- Çift Cidarlı Cepheler
- 3- Akıllı Cepheler

4.9.1. Tek Cidarlı (Cold Facades) Cepheler

Tek cidar cepheler bina yüzeyi ile cephe arasında sadece hava boşluğu bulunan tek katmanlı cephe sistemidir. Burada fotovoltaik paneller dış cephe fonksiyonu özelliğini kullanır. Yalıtım problemleri, fotovoltaik paneller ile yapı duvarı arasında herhangi bir katman olmadığından panel arkasında çözülür.



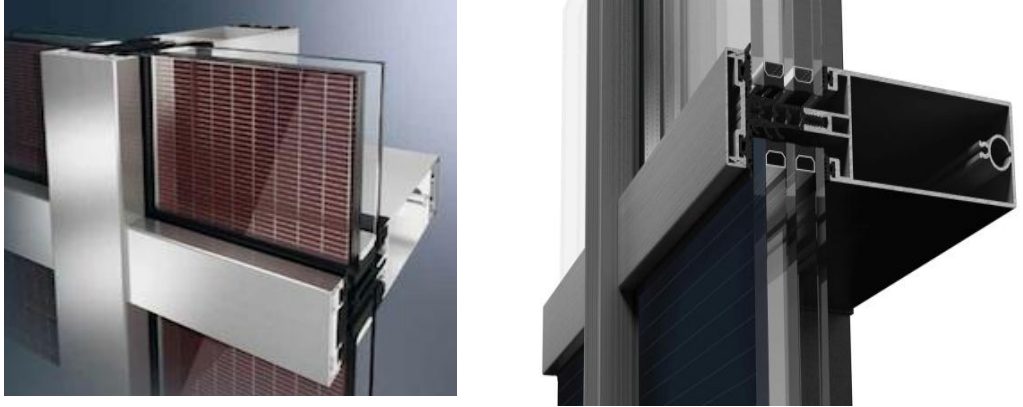
Kaynak: <http://www.irenewables.no/#!paamontert/c1xse>

Şekil 4.65. Tek Cidarlı Cephe Örneği.



Kaynak: <http://www.izolace-info.cz/technicke-informace/fotovoltaika-acerpadla/?nid=8414-tenkovrstve-moduly-schuco-prosol-tf-v-praxi.html#.VsyumJyLSVM>

Şekil 4.66. Tek Cidarlı Solar Camlı Ofis Binası.



Kaynak: <http://pogledaj.to/proizvodi/osvrt-na-sajam-gradevine-bau-2011-u-munchenu/>

Şekil 4.67. Tek Cidarlı Cephe Detayları.

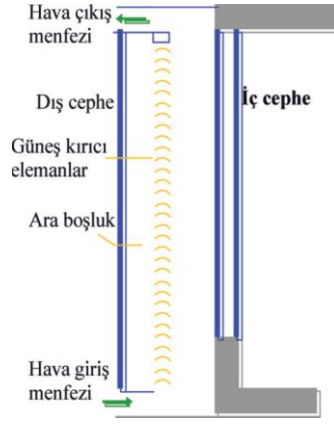


Kaynak: <http://www.coltinfo.at/lueftung-und-sonnenschutz-grunewal-bocholt.html>

Şekil 4.68. Tek Cidarlı Fotovoltaik Cephe Örneği Almanya Ofis Binası.

4.9.2. Çift Cidarlı Cepheler

Çift cidarlı cepheler binanın ana cephesinin önüne ikinci bir cam cephenin uygulanması ile oluşur. Genellikle cam dış cephe ve cam veya kısmen cam malzemeden oluşan bir iç cam cepheden oluşur. Dış cephe genelde tek saydam bir camdan oluşur. İç cam ise genellikle çift cam ya da low-e güneş kontrollü camlardan oluşur. Bu yapı kabukları birbirinden boyutları 20 cm ile 2 m'den daha fazla olabilen, hava kanalı olarak adlandırabileceğimiz bir boşluk ile ayrılır. Bu hava boşluğu bina yüksekliği boyunca devam edebileceği gibi kat yüksekliği boyunca da devam edebilir. Güneş ışınları çok fazla geldiğinde özellikle yaz döneminde hava kanalında aşırı ısınmayı önlemek için bu iki cephe arasında kalan boşluğun havalandırılması çok iyi yapılmalıdır.



Kaynak: (Tesisat Mühendisliği - Sayı 146 - Mart/Nisan 2015) Tuğba inan- Tahsin Başaran

Şekil 4.69. Çift Cidarlı Cephenin Şematik Olarak gösterilmesi.

Çift cidarlı cepheler elektrik üretmenin yanında doğal havalandırmaya imkan sağlaması, şeffaf cephe kaplaması sayesinde bina ile çevre etkileşiminin artmasına olanak sağlaması, yapının ısı yalıtımını ve gürültülü bölgelerde ses izolasyonu sağlaması, ısı iletim katsayısı ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürmesi, yapı iç kısmında ısı konforunun sağlanması, enerji tasarrufu sağlaması, güneş kırıcı elemanların hava kanalında tasarlanmasına olanak sağlayarak, güneş kırıcı elemanları rüzgar ve olumsuz hava koşullarından koruması, yapıyı yüksek rüzgar hızlarından ve hava koşullarına karşı koruma sağlaması ve gece havalandırması yaparak yazın gün içerisinde yapı kütlelerinin depoladığı ısıl enerjinin azaltılması gibi avantajlar sağlamaktadır.

Çift cidarlı cephe arasındaki hava kanalında aşırı ısınma problemlerinin oluşabilmesi, en temel sorun olarak bilinmektedir. Yapıya giren gün ışığının az olması, yüksek yatırım maliyetlerinin olması, yapıya ekstra bakım temizlik ve işletme maliyeti getirmesi, çift cidarlı cephelerin dezavantajlarıdır.



Kaynak: (Ünal 2006, s.131)

Şekil 4.70. Duesseldorf City Gate Binası'nın Görünüşü ve Cephe Detayı.

Almanya'daki Düsseldorf City Gate Binası'nın (Stadttor Binası) cephe boşluğu her katta kapatılmıştır. Boşluk her kat hizasında bölündüğü için katlar arasında hava geçişi olmamaktadır. Mekânlar orta boşluktaki doğal havalandırma ile havalandırılmaktadır. Bina yılın %70-75'inde doğal havalandırılabilir. Hava şartlarının olağanüstü olduğu zamanlarda mekanik havalandırma devreye girmektedir. 70 m yüksekliğindeki bina, 20 katlı birbirine paralel büro kulesinden yapılmıştır ve ortada 50 m yüksekliğinde atriyum bulunmaktadır. Binanın tamamı 12 mm kalınlığında flotat camla kaplıdır. Cephe 95 cm veya 140 cm derinliğinde kat yüksekliğinde boşluklar vardır. Bu boşluklara güneş kırıcı jaluziler yerleştirilebilmektedir. Yazın cephe boşluklarının doğal havalandırılması bürolardaki havalandırma gereksinimini ortadan kaldırmıştır. Kışın büyük cephe boşlukları tampon bölge gibi davranır, pencerelerin önündeki alan ışınım ve ısı kayıplarını azaltır. Yapılan bu sistemle %50 enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Atriyumdaki havanın boşluklardan içeri girmesiyle yapı havalandırılır. Aynı zamanda sıcak hava, cephe boşluklarında yükselir ve binanın üstündeki kapakçıklardan dışarı atılır. Bina içindeki hava hareketleri binanın üstünde alçak basınçla daha da ilerler. Kışın dışarıdan alınan hava, dışarıya atılan havadan alınan ısı enerjisini kullanarak ısıtılır. Gün ışığı atriyumdan binanın içine alınır. Isı deposu olarak kullanılan döşemeler gündüz fazla ısıyı alır ve gece doğal havalandırma ile soğutulur. (Eşsiz ve Özgen, 2004)



Kaynak: (napier, 2015)

Şekil 4.71. Çift Cidarlı Cephe Yakın Çekim, Kings Place, Londra, Dixon Jones



Kaynak: http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86

Şekil 4.72. Norveç Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi Tarafından Projelendirilen Norveç BP Solar Cilt Binası.

Projede çift cidarlı fotovoltaik cephe uygulaması yapılmıştır. İki cephe arasında 80 cm hava boşluğu bırakılmış, böylelikle modüller arkasında oluşan sıcaklık havalandırılmış ve ısı koridoru oluşturulmuştur. En dışta saydam fotovoltaik modüller kullanılarak bina dış kabuğu oluşturulmuştur.

Fotovoltaik cepheler kullanım durumuna göre çift cidar olarak 3'e ayrılır. Bunlar;

- Kat yüksekliğinde kullanılması
- Bina yüksekliğinde kullanılması
- Şaft yüksekliğinde kullanılması

4.9.2.1. Fotovoltaiklerin Çift Cidar Olarak Kat Yüksekliğinde Kullanılması

Kat yüksekliğinde çift cidarlı giydirme cephe tipinde, iki cephe arasındaki boşluk, yatay olarak kat yüksekliği boyunca devam eder. Kat döşemesinin alt noktalarındaki menfezlerden iki cephe arasındaki boşluğa alınan hava, burada ısınarak yükselir ve kat döşemesinin üst noktalarındaki menfezlerden dışarıya atılır. Her kat kendi havalandırılmasını kat yüksekliği boyunca tamamlar. (Alakavuk, 2009)

Kat yüksekliğinde çift tabakalı akıllı cephenin avantajları;

- Her kat kendi içinde havalandırılabilir.
- Dış görünüş kısıtlanmaz.
- Güneş kontrol elemanları cepheler arasındaki boşluğa gizlenir.
- Dışa doğru ve katlar arasında iyi ses yalıtımı sağlanır.
- Hava giriş ve çıkış yolları kısa olduğu için yazın ve kışın daha iyi havalandırma sağlanır.
- Hava giriş-çıkışlarının üst üste veya şaşırtmalı olarak düzenlenmesi, atık havanın devreye girmesini engeller.
- Yatay ve düşey izolasyon yoluyla cephede yangın bölümleri birbirinden ayrılır.
- Ekstra yangın önlemine gerek yoktur.

4.9.2.2. Fotovoltaiklerin Çift Cidar Olarak Bina Yüksekliğinde Kullanılması

Akıllı giydirme cephelerde, cephe tabakaları arasındaki boşluk bina cephesi yüksekliğince kesintisiz olarak devam eder. Bina yüksekliğinde çift tabakalı akıllı giydirme cephenin avantajları; (Alakavuk, 2009)

- Dış mekan ile iç mekan arasında görüntü bakımından kesinti yoktur.
- Dışa doğru daha iyi ses yalıtımı sağlanır.
- Güneş kontrol elemanları dışarıdan görülmez.

Bina yüksekliğinde çift tabakalı akıllı giydirme cephenin dezavantajları;

- Alt kattaki kullanılmış hava üst katlara çıkar.
- Bina yüksekliğince devam eden boşluk, gürültünün katlar arasında dolaşımına neden olur.
- Yaz aylarında, üst katlarda, iki cephe arasında ısındıkça yükselen hava nedeniyle pencere ile havalandırma yapılamaz.
- Yangın durumunda ara boşluk duman dolabilir.
- Ekstra yangın önlemleri alınmalıdır.

4.9.2.3. Fotovoltaiklerin Çift Cidar Olarak Şaft Yüksekliğinde Kullanılmaları

Şaft cephesi bina yüksekliğinde oluşan boşluk ile yatay bölümlenmiş çift cidar cephenin birlikte uygulanmasıdır. Boşluk, kirli hava için bir baca gibi çalışır, dikey şaftın her iki tarafı pencere açıklıklarının olduğu bölüme bağlanır. Isınan kirli hava kat yüksekliğinde akarak dikey boşluktaki şafta ulaşır. Burada oluşan baca etkisiyle tepeye kadar çıkar ve yapının üst noktasından dışarıya atılır. (Alakavuk, 2009)

Şaft cephenin avantajları;

- Dış görünüş kısıtlanmaz.
- Güneş koruyucuları cephe boşluğuna gizlenir.
- Dışa doğru daha iyi ses yalıtımı sağlanır.

Şaft cephenin dezavantajları;

- Hava tahliye kanalları ve hava deliklerinin tespiti zordur.
- Hava tahliye kanallarındaki basıncın kötü olduğu durumlarda, bu kanallardaki hava iki cephe tabakası arasındaki boşluğa geri kaçabilir.
- Yangın durumunda, birçok kata hava tahliye kanalından duman yayılabilir.
- Ekstra yangın önlemi gereklidir.

4.9.3. Fotovoltaik Sistemlerin Akıllı Cephe Olarak Kullanılması

Akıllı cepheler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı, kendi enerjisini üreten, doğal havalandırma ve aydınlatma sağlayan, binayı ısı, ses yağmur ve toza karşı dış etkilerden koruyan cephelerdir. Fotovoltaik sistemlerin uygulandığı cepheler ise çift cidarlı cephelerdir.



Kaynak: [Http://Www.Archexpo.Com/Prod/Agc-Glass-Europe/Product-49576-832546.Html](http://www.Archexpo.Com/Prod/Agc-Glass-Europe/Product-49576-832546.Html)

Şekil 4.73. Fotovoltaik Çift Cidar Cephe.


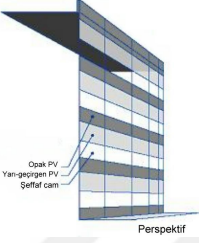
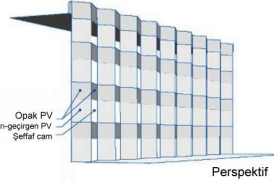
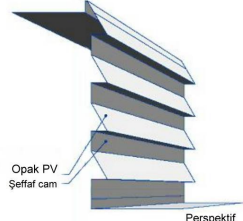
Akıllı cepheler dış koşullara uyum sağlayan ve bu yolla bina içi çevrede ışık, ses, iklim ve hava kalitesi gibi yaşam kalitesinin yükseltilmesi, dolayısıyla enerji harcamalarının azaltılıp kullanıcı konforunun yükseltilmesini sağlayan dış cephe yapı elemanlarıdır. (Yılmaz 2005, s. 392).



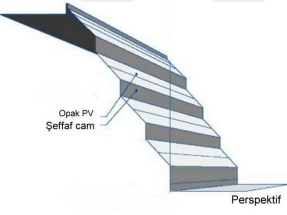
4.10. Fotovoltaik Sistemlerin Cephede Kullanım Yeri Avantajları Ve Dezavantajları

Fotovoltaik sistemlerin cephede kullanım yeri avantajları ve dezavantajları aşağıdaki tabloda karşılaştırılmalı olarak ele alınmaktadır.

Tablo 4.11. Cephede Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları.

KULLANIM YERİ	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
<p>Cephede Kullanım</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Gün ışığı, pasif solar kazanım ve gölgelemeden uzak, güneye yönelmiş bir bina, PV entegrasyonu için uygundur. Doğu-batı aksında uzunlamasına bir bina, güney cephesinin uzunluğu ve çatının uzunluğu PV kullanımı açısından avantaj sağlar. Pencere ve çatı aydınlıklarından kazanılan solar kazanımda faydalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> Doğu-batı arasında cephenin dikey kullanılması sabah ve öğleden sonra güneşten korunma gerektirir. Cepheler gölgelenmeye eğilimli olduklarından yerleşim planında dikkatli olunmalıdır. Havalandırma yapılamayan cephelerde verim düşüklüğü görülür. Güney cephesinin %100 cam kaplanması fazla ısı kazanımı ve yaz ayları için soğutma yükünün artması demektir.
<p>Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanımı</p>	<ul style="list-style-type: none"> Güneş ısılarının cephe dışında kontrol edilmesi, iç mekanın soğutma yüklerinin hafifletilmesi ve çalışma mekanlarında fazla ışık düzeyinden oluşacak rahatsızlığın önlenmesini sağlayacağı için, cepheye bağlanan güneş kırıcıların yapı cephesinin bir parçası olarak tasarım aşamasının en başından ele alınması avantaj sağlar. Bu sistemleri ahşap, tas, alüminyum veya çelik ile kombine şekilde kullanmak mümkündür. 	<ul style="list-style-type: none"> Ek taşıyıcı profiller maliyeti artırır.
<p>Sabit Güneş Kırıcılar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Hem güneş ısılarının dik açıyla geldiği, direkt ısıların iç konfor koşullarını olumsuz etkilediği yaz aylarında güneş ısılarını keser hem de elektrik üretir. 	<ul style="list-style-type: none"> Hareket etmesi ya da yönünün değiştirilmesi söz konusu değildir. Koruma sebepli, lamine koruma camların veya telli camların kullanılması gereklidir.

<p>Hareketli Güneş Kırıcılar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Hem güneş pili panellerinin performansı hem de daha verimli gölgeleme elde edilmesi açısından güneş kırıcıların hareketli olması daha çok tercih dilmektedir. • Holografik film uygulaması ile PV modülleri yüzeyinin tek başına toplayacağı güneş ışığını üçe katlayarak toplar ve güneşi takip eder. Aynı zamanda holografik filmler transparan ve güneş ışığının içeriye geçmesine izin verir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Koruma sebepli, lamine koruma camların veya telli camların kullanılması gereklidir.
<p>GIYDIRME CEPHE OLARAK KULLANIMI</p>		
<p>Düzlemsel Giydirme Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Standart cam giydirme cephe taşıyıcı ızgarası kullanılabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrik üretimi güneş ısınlarına olan acının elverişsizliği nedeniyle eğimli cephelere oranla azdır.
<p>Düşeyde Kırıklı Giydirme Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Güneşe uygun yönelme sağlandığında iyi elektrik üretim potansiyeline sahiptir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cephe yüzeyini arttıran bir form olsa da, ek taşıyıcı konstrüksiyon masrafının sistem maliyetine olumsuz etkileri vardır.
<p>Yatayda Kırıklı Giydirme Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Güneş karşılama açısı düşey kırıklı giydirme cephelere göre daha iyidir. • Cephe şekillenışı pasif gölgeleme ve günışığı denetimi yönünden başarılıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Taşıyıcı masrafı yüksektir.

<p>Akordeon Giydirme Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Güneşe göre acı ayarı yönünden daha esnek olduğu için performansı oldukça yüksektir. 	<ul style="list-style-type: none"> Ek taşıyıcı masrafı fazladır.
<p>Eğimli Düzlemsel Giydirme Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 40° ile 60° arası acılarda en yüksek güneş pili performansı sağlayan giydirme cephe biçimidir. Opak ve yarı transparan güneş pili panelleri ile geçirgen veya seçici cam yüzeyler kullanarak etkin sistemler elde edilmesi mümkündür. Enerji sağlama da performansı yüksektir. 	
<p>Eğimli Kırıklı Giydirme Cepheler</p>  <p>Opak PV Şeffaf cam</p> <p>Perspektif</p>	<ul style="list-style-type: none"> Eğimli düzlemsel giydirme cephe ile hemen hemen aynı performansa sahip olduğu kabul edilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Kırıklar nedeniyle ek konstrüksiyon maliyeti vardır.
<p>Perde Duvar Olarak Kullanımı</p>	<ul style="list-style-type: none"> Perde duvar çok iyi bilinen ve büyük ölçekte kullanılan bir sistemdir. Estetiktir. 	<ul style="list-style-type: none"> Bu konstrüksiyon tüm binayı kapladığında sıklıkla altında izolasyon ve iç yüzey bulunur. Yoğurmayı engellemek için bu katmanın neredeyse hava geçirmez olması gerektiğinden PV serileri havalandırılmaz. Basınç plakaları sisteminde, çerçeve sistemi dikey ve yatay bölmelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Bölmelerin derinliklerinin Gölge yaratmayacak boyutlarda olması gerekir. Strüktürel silikon camlaşma sisteminde, gölge oluşması gibi bir problem yok iken hava sızdırmazlık sorunları ortaya çıkmaktadır.

<p>Tek Cidar Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • PV'lerin duvar elemanın fonksiyonlarını ve yerini alarak kullanılır. 	<ul style="list-style-type: none"> • PV modüller sadece iç ve dış ortamı birbirinden ayıran elemanlar olduğundan, yalıtım sorunları PV modüllerin üzerinde çözülmelidir.
<p>Çift Cidar Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • İç ve dış yüzey arasında duvar vardır ve PV modülünün üzerinde yalıtım sorunu çözülmez gerekli olan yalıtım önlemi duvarda alınır. 	
<p>Akıllı Cepheler</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Çift cidar konstrüksiyonda (Perde duvar) güneş hücreleri termal olarak güçlendirilmiş iki tabakanın arasına yerleştirilir. • Cidarlar arasında oluşan baca etkisiyle (stack effect) ısınan hava yükselir. Kışın kullanılan bu hava yazın çatıdan dışarıya bırakılarak PV'ler için soğutma sağlanmış olur. • Her katta giriş ve çıkış ağızları yerleştirilir, en düşük derecede ısınan hava ve en etkili düzeyde doğal havalandırma beklenir. 	

Kaynak: (Keleş, 2008)

4.11. PV Sistemlerin Diğer Yapı Elemanları Olarak Kullanılması

Fotovoltaik sistemler binalarda çatı ve cephelerde kullanımının dışında, saçak, balkon korkuluğu, merdiven korkuluğu, bahçe duvarı, pencere panjurları ve diğer gölgeleme elemanlarında da kullanılmaktadır. Balkon korkuluklarında kullanım; Balkonlarda şeffaf cam ya da yarı saydam paneller kullanılmaktadır. Balkonlarda genellikle renkli fotovoltaik modüller kullanılmaktadır.



Kaynak: <http://crane-g.com/tr/korkuluklar>

Şekil 4.74. Balkon Korkuluğunda Kullanılan Renkli Polikristal Fotovoltaik Modüller.



Kaynak: <http://crane-g.com/tr/korkuluklar>

Şekil 4.75. Balkon Korkuluklarında Fotovoltaik Modül Kullanımı.



Kaynak: (Keleş,2008)

Şekil 4.76. Balkon Korkuluğu Media Tower Japonya.

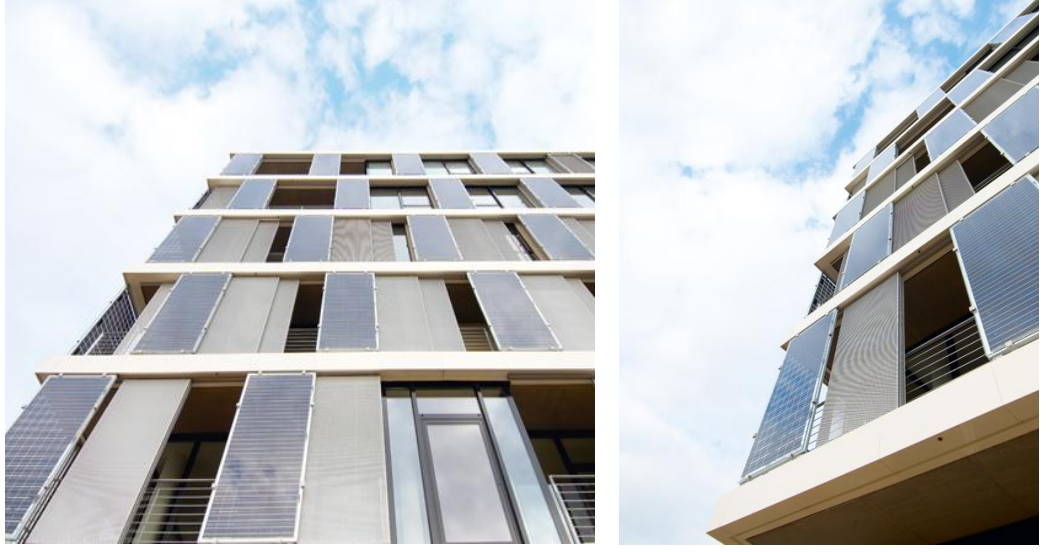


Kaynak: <http://tcktcktk.org/2013/04/solar-panel-house-construction-photo/>

Şekil 4.77. Bahçe Duvarı Üzerine Monte Edilmiş Fotovoltaik Modüller Madrid –İspanya.

Bahçe duvarında kullanımı; bahçe duvarlarında kullanılan fotovoltaik paneller sayesinde yapının enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Binanın cephe ve çatısında ekstra bir yük getirmediği gibi yapının estetiğini de bozmamaktadır. Yapının bu sayede ölü alanları kullanılmaktadır.

Pencere panjurlarında kullanımı; pencere panjurlarında kullanılan fotovoltaik modüller cephede pencere boyunca sabit olarak kullanılabilirdiği gibi, hareketli olarak da uygulanmaktadır. Pencere çerçevesi üzerine de katlanabilir fotovoltaik modüller uygulanmaktadır.



Kaynak: <http://www.stylepark.com/en/architecture/intelligent-living-facades/327674>

Şekil 4.78. Sabit Fotovoltaik Modül Monte Edilmiş Kayar Panjurlar BHSS
Architekten, Leipzig.



Kaynak: <https://i.ytimg.com/vi/BLJmDj4iWWQ/maxresdefault.jpg>

Şekil 4.79. Hareketli Kayar Fotovoltaik Pencere Panjuru.

4.12. Fotovoltaik Sistemlerin Bina Dışı Uygulamaları

Sonsuz enerji kaynağı olan güneş enerjisi insanların enerji ihtiyacını karşılaması için günümüzde birçok alanda kullanılabilir. En yaygın kullanılan fotovoltaik sistemler, güneş tarlalarında kurulan güneş santralleridir.

Güneş tarlalarının dışında gölgeleme sistemleri, sokak elemanlarında kullanılan sistemler, bariyer sistemler, otomobil gemi ve uçaklar da fotovoltaik sistemler kullanılmaktadır.

4.12.1. Güneş Tarlaları

Güneş enerjisi santralleri, güneş ışığından gelen enerjiyi elektrik enerjisine çeviren santrallerdir. Santrallerde, hesap makinelerindekine benzer fakat büyük ebatlarda güneş pilleri kullanılır. Güneş pilleri fotovoltaiktir, üzerine gelen güneş ışınlarını elektriğe çevirirler. Bu pillerin ana maddesi kristal silisyum ve galyum arsenittir.

Güneş enerjisi santralleri yapım-işletme maliyetleri ve verim açısından kârlı bir enerji yoludur. Bu gerekçelerle yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğaya zararının minimum olması açısından geleceğin en önemli enerji üretim sistemlerinden birisidir.

Günümüzde dünyanın birçok ülkesinde güneş enerjisi santrali uygulamaları mevcuttur. Ülkemizde de birçok uygulama örnekleri vardır. Örneğin Fransa'da güneş enerjisinin farklı biçimde kullanıldığı güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Bu santralde odakları kesişecek şekilde çukur aynalar ve bu çukur aynaların ışığını destekleyen düz aynalar mevcuttur. Aynaların odaklarının kesişim noktasında bir su havuzu bulunmaktadır. Güneşten aldığı ışığı odak noktasında birleştiren ayna, odak noktasında 1700 °C'ye varacak ısı toplamaktadır. Bu ısı, buhar enerjisine, oradan buhar tribünleri ile elektrik enerjisine çevrilmektedir. Yakıt maliyeti sıfırdır. (Anonim b.t.)



Kaynak: <http://www.windwaerts.de/de/blog/detail/grenergiewende-ein-weg-aus-der-krise.html>

Şekil 4.80. Yunanistan Kolindros da, 1.1 MW gücünde Güneş Enerjisi Santrali.



Kaynak: <http://www.teknoblog.com/fas-gunes-enerjisi-santrali-noor-i-117785/>

Şekil 4.81. Fas'ta 160 Megavatlık Güneş Enerji Santrali.



Kaynak: Say Otomasyon- Ayhan Çelik

Şekil 4.82. Konya’da Bulunan Türkiye’nin En Büyük Güneş Enerjisi Santrali.

Tunçmatik-Powergie şirketi tarafından Türkiye’nin en büyük güneş enerjisi santrali, Konya Kızören’de 144 dönümlük alana kurulmuştur. Her biri 1 megawat’lık (mw) toplam 8 mw’lık proje ile yılda 13 milyon 600 bin kWh enerji üretimi sağlanmaktadır. Kurulan bu güneş santrali ile yılda 6936 ton karbondioksit (CO₂) salınımını önlenecektir. Santralde 30800 adet fotovoltaik güneş paneli, 160 adet 50 kW gücünde invertör, 1250 kVA gücünde trafo kullanılmıştır. Güneş santrali Ocak 2016 itibari ile devreye alınmıştır.

Almanya’da üretilen invertörler ve yüksek performanslı endüstriyel güneş panelleri, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve hava şartlarından etkilenmeyen ürünler kullanılan sistem, yaklaşık 50 bin kişinin elektrik ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. (Tunçmatik, 2016)

4.12.2. Fotovoltaiklerin Gölge Elemanı Olarak Kullanımı

Yapı çevresinde bahçe yapılarında (kamelya) kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemler benzin istasyonları, otobüs durakları, otoparklar, büfeler, stantlar ve parklarda gölgeleme amacıyla da kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekillerde açıklamalara örnekler verilmektedir.



Kaynak: <http://formsolar.com/tr/referanslar?id=184>

Şekil 4.83. Assan Alüminyum Fabrikasında Fotovoltaik Sistemlerin Bina Dışında Kamelyada Kullanımı.



Kaynak: <http://www.yaoweitech.com/epc-installation.html>

Şekil 4.84. PV lerin Otoparklarda Güneş Enerjili Gölgeleme Sistemi Ve Şarj İstasyonu Olarak Kullanılması.



Kaynak: <http://www.abbey-solar.com/commercial-solar.html#!prettyPhoto>

Şekil 4.85. Fotovoltaik Sistemler Otoparklarda Kullanılarak Boş Alanlar Değerlendirilmektedir.



a)



b)

Kaynak a: http://www.dahuasmart.com/html_products/PV-Lighting-System-Kits-for-Bus-Station-Billboards-82.html

Kaynak b: http://www.solaripedia.com/13/199/1991/solar_bus_shelter_i_shelter.html

Şekil 4.86. a)ve b) Otobüs Duraklarında Fotovoltaik Uygulaması Örneği.

Şekil 4.86 da otobüs durağının çatısına yerleştirilen fotovoltaik paneller, durakta bulunan reklam billboardları ve durak aydınlatmasının enerjisini sağlamaktadır. Fotovoltaik panellerden sağlanan enerji invertörler aracılığı ile akülere aktarılır ve burada depolanırlar. Bu şekilde sağlanan enerji ile durağın aydınlatılması ve diğer enerji ihtiyaçları karşılanmaktadır. Sistemin kurulumu ekonomiktir bakım ve temizliği kolaydır.



a)



b)

Kaynak a: <http://www.altiusfotovoltaic.ro/art>

Kaynak b: <http://www.panoramic.ws/index.php/international-gallery>

Şekil 4.87. a) ve b) Fotovoltaik Sistemlerinin Benzin İstasyonları Çatısında Kullanım Örnekleri.

4.12.3. Fotovoltaiklerin Sokak Elemanı Olarak Kullanımı

Fotovoltaik sistemler sokak elemanları olarak en yaygın aydınlatma direkleri ve trafik ikaz lambalarında kullanılmaktadır. Günümüzde kullanım çeşitliliği artmıştır. Banklarda, sokak ve meydanlarda şarj istasyonu olarak, dinlenme ve bekleme alanlarında gölgeleme elemanı olarak da kullanılmaktadır.



Kaynak: <http://www.dreamstime.com/stock-photo-solar-energy-street-lamp-photovoltaic-cells-last-generation-image55557480>

Şekil 4.88. Sokak Aydınlatması Olarak Fotovoltaik Sistem Kullanımı.



Kaynak: <http://www.theconnectable.com/>

Şekil 4.89. Şehir Elemanlarında Fotovoltaik Sistem Şarj İstasyonları.



Kaynak: <http://www.jebiga.com/mit-soft-rocker-charging-station/>

Şekil 4.90. Fotovoltaik Şehir Elemanları Şarj Modülleri ve Dinlenme Alanları.



Kaynak: <http://www.thenational.ae/uae/tecnology/smart-palms-installed-in-dubai-offer-free-wi-fi-phone-charging-and-information>

Şekil 4.91. Dubai De Bulunan Güneşten Korunma Gölgeleik Elemanları Aynı Zamanda Şarj İstasyonu Ve Reklam Panosu Olarak Kullanılmaktadır.

Şekil 4.91 de Dubai’de uygulanmış gölgeleme elemanında altı metre boyunda yapay ağaçlar, güneş enerjili cep telefonları ve diğer araçların yanı sıra hava durumu tahminleri, Dubai ile ilgili haber ve bilgilerin yer aldığı bilgilendirme panolarına da enerji sağlanmaktadır.



a)



b)

Kaynak a ve b: <http://www.bizjournals.com/boston/blog/techflash/2014/05/life-is-good-installs-solar-powered-phone-charging.html>

Şekil 4.92. a) ve b) Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Kullanılan Cep Telefonu Şarj İstasyonları.



Kaynak:http://solarledlighting0925.en.ec21.com/Solar_LED_Traffic_Signal_Light--6404707.html

Şekil 4.93. Trafik Sinyalizasyonlarında Fotovoltaik Modül Uygulamaları.



Kaynak: <http://www.parthsolartech.com/led-lights-for-home.php>

Şekil 4.94. Yol Aydınlatmalarında Kullanılan Fotovoltaik Modüller Depolamış Olduğu Enerjiyi Gece Kullanarak Yolların Belirgin Olmasını Sağlamaktadır.



Kaynak:<http://www.autoblog.com/2007/11/21/solar-powered-led-road-markers-could-light-future-roadways/>

Şekil 4.95. Yol Aydınlatama Feneri. (Kedi Gözü)

4.12.4. Fotovoltaiklerin Bariyer Sistemi Olarak Kullanımı

Fotovoltaik m ller otoyollarda demiryollarında ses bariyeri olarak da kullanılmaktadır. Dünyada ilk ses bariyeri 1989 yılında uygulanmıştır ve 100 kWp g ç üretmektedir. (Keleş, 2008)



Kaynak: (Keleş,2008)

şekil 4.96. Dünyadaki İlk Fotovoltaik Uygulanan Ses Bariyeri, İsviçre.



Kaynak: <http://www.autobrennero.it/en/the-motorway-network/safety-and-comfort/sound-absorbing-noise-barriers/>

şekil 4.97. İtalya Brenner Otoyolu.



Kaynak: http://atlantisenergy.com/?page_id=256

Şekil 4.98. Ses Bariyeri Olarak Fotovoltaik Panel Uygulaması.

4.13. Fotovoltaik Sistemlerin Şebeke Dışı Kullanımı

Fotovoltaik sistemlerin şebeke dışı kullanımı, genel olarak şehir şebeke bağlantısının olmadığı, ya da şebekeye uzak yerleşkelerde kullanılmaktadır. Örnek olarak, trafik lambaları, sokak aydınlatmaları, su arıtma tesisleri, sulama ve deniz fenerleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.



Kaynak: <http://www.solarcenterse.eu/Photovoltaic.html>

Şekil 4.99. Fotovoltaik Modüllerin Deniz Fenerinde Kullanılması.

Tuzlu su ve rüzgara karşı dayanıklı olan güneş panelleri, hiçbir verim kaybına uğramadan kesintisiz güç kaynağı olarak deniz yapılarında ve deniz araçlarında kullanılmaktadır. Deniz araçlarında fotovoltaiik modüllerden enerji üretilerek teknelerin aydınlatma, buzdolabı gibi elektrikli cihazların enerjisi üretilmektedir.



Kaynak:http://www.solarwind.co.uk/marine_solar_panels_wind_generators_yachts_boats_battery-charging.html

Şekil 4.100. Deniz Araçlarında Fotovoltaiiklerin Kullanılması.

Deniz Araçlarında Fotovoltaiik Modüller Kullanılarak Gemide Aydınlatma Ve Elektrikli Cihazların Enerji İhtiyacını Karşılamaaktadır.



Kaynak:<http://www.dw.com/tr/g%C3%BCne%C5%9F-enerjili-u%C3%A7ak-rekor-i%C3%A7in-havaland%C4%B1/a-18546704>

Şekil 4.101. Güneş Enerjili Fotovoltaiik Uçak Uygulaması. (Solar Impulse 2)

Şekil 4.101. de Solar Impulse 2, lityum iyon piller aracılığıyla gün boyu enerji depolayarak geceleri uçmaya devam ediyor. Solar Impulse 2'nin bir Boeing 747'den daha uzun olan 72 metrelik kanatlarında 17 bin güneş enerjisi hücresi bulunuyor.

Fotovoltaik sistemler endüstri uygulamalarında da kullanılmaktadır. Örneğin haberleşmede, trafik işaretlerinde ve seyir fenerleri gibi endüstri uygulamalarında kullanılmaktadır.



Kaynak: <http://www.magicalrobot.org/BeingHuman/2010/10/robots-nasa-and-the-future-of-space-exploration>

Şekil 4.102. a) ve b) İletişim İstasyonlarında Fotovoltaik Panel Kullanımı.

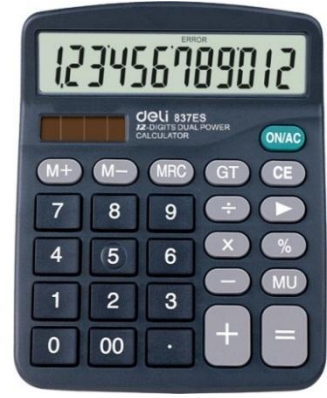
NASA Arizona'da Yapmış Olduğu Çalışmalarda İletişim İçin Fotovoltaik Modüllerden Yararlanmaktadır.

4.14. Fotovoltaiklerin Tüketici Uygulamalarında Kullanımı

Fotovoltaik sistemler hesap makineleri, saatler, şarj aletleri, cep feneri, elektrikli aletler, bahçe aydınlatmaları gibi tüketici uygulamalarında da kullanılmaktadır.



a)



b)



c)



d)

Kaynak: (Anonim Resimler)

Şekil 4.103. a,b,c,d Tüketici Uygulamalarında Kullanılan Küçük Ölçekli Fotovoltaik Hücreler.

5. BÖLÜM

BİNALARDA KULLANILAN FOTOVOLTAİK SİSTEM UYGULAMALARINA İLİŞKİN DÜNYADA VE TÜRKİYEDEKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Fotovoltaik sistemlerin günümüz dünyasında kullanım alanları oldukça geniş yer bulmaktadır. Konutlardan sanayi yapılarına, ulaşım araçlarından, şehir uygulamalarına, güneş santrallerinden kullandığımız elektronik cihazlara kadar birçok alanda kullanılabilir. Bu tez çalışmamda binalarda kullanılan fotovoltaik sistemlere ve teknolojilerine değinildi. Bu başlık altında ise dünyada ve Türkiye'deki binalarda uygulanan fotovoltaik sistemlere ait gelişmelere yer verilecektir.

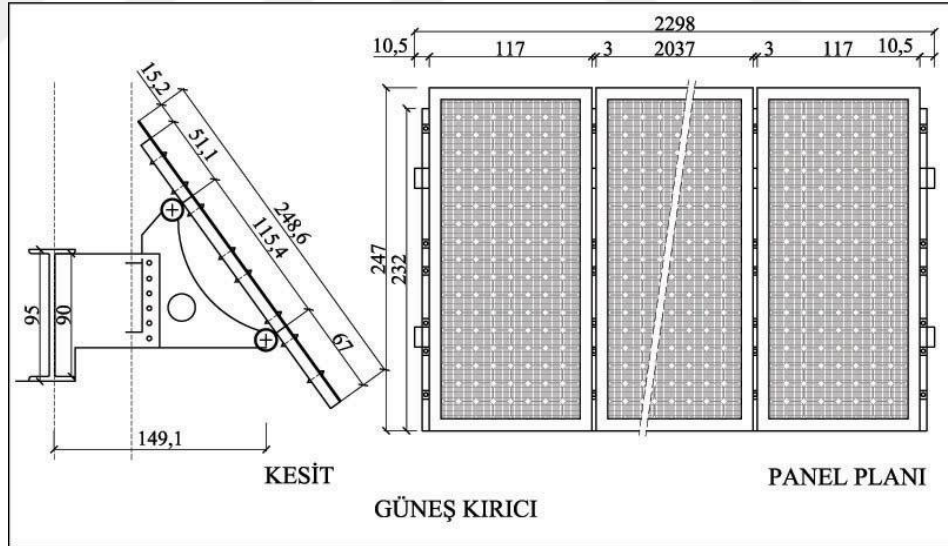
5.1. Dünyadan Örnekler

Bu başlık altında dünyadaki Fotovoltaik uygulamalarına ait çeşitli projelerden örnekler verilmiş ve bu örnekler teknik detaylarıyla incelenmiştir.

- Samsung Mühendislik Ve İnşaat Teknolojileri Enstitüsü (S.I.E.C.T.), Giheung, Kore
- Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi
- BMW Binası Almanya
- Doxford Güneş Ofisi, Birleşik Krallık
- Berlin Merkez Tren İstasyonu, Almanya
- Novartis Binası, Basel, İsviçre
- Futbol Stadyumu Wankdorf / Stade de Suisse, Bern (İsviçre)
- Hôpital Universitaire De Mirebalais
- Morrisons Lojistik Merkezi
- Upton Zed Terrace
- Freiburg Güneş Yerleşimi

5.1.1. Samsung Mühendislik Ve İnşaat Teknolojileri Enstitüsü (S.I.E.C.T.) Giheung, Kore

1997 yılında tesise güneş pili sistemi uygulaması yapılmıştır. Güneş pili paneli entegrasyonu için yapıların güney cephelerinde tasarlanan sabit güneş kırıcılar ve teras çatı katları seçilmiştir. Yapının kırsal bölgede yer alması nedeniyle, çevrede 27 adet gölgelenme oluşturan yapı bulunmamaktadır. Ancak estetik, maliyet ve güvenlik kaygılarıyla panellerin ideal açılarında yerleştirilmemesi verim kaybına neden olmuştur. Bölgesel ideal eğim 32° olarak tespit edilmiş ancak güneş kırıcı paneller 55° açıyla monte edilmiştir. Çatılarda ise özel bir form seçilmiştir. Bununla birlikte, yaz aylarında güneş kırıcıların gölgeleri alttaki modüllerin üzerine düşmekte ve verimde düşüşe neden olmaktadır. Güneş kırıcılarda %14 standart verime sahip yarı-saydam monokristal silisyum güneş pili panelleri kullanılmıştır. Panel boyutları 1170 mm x 2470 mm, panel kalınlığı 14 mm'dir. Güneş kırıcıların toplam yüzey alanı 342 m²'dir. (Şekil 5.1)

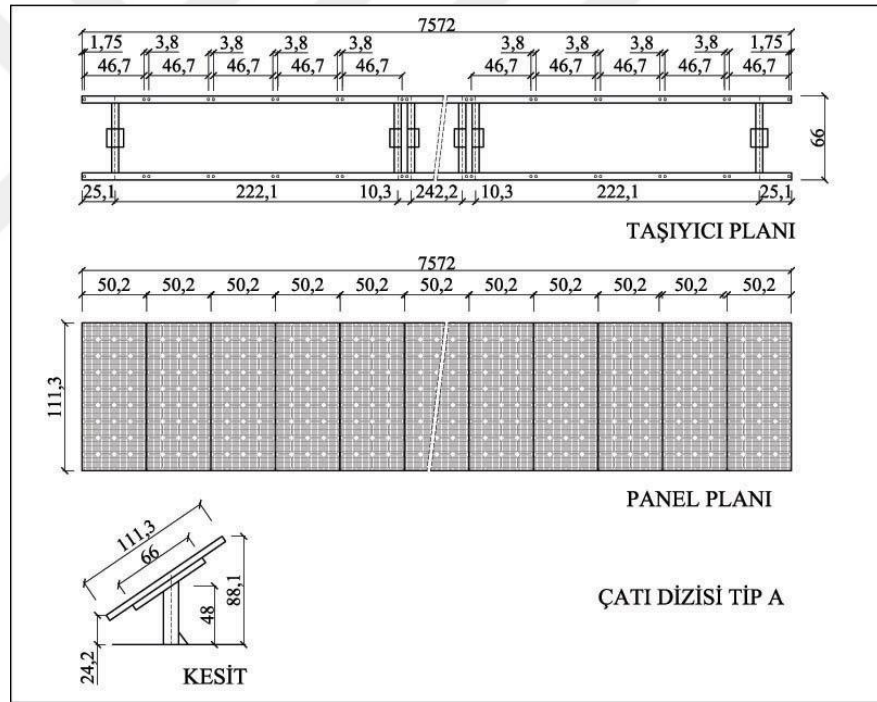


Kaynak: (Uğur, 2006)

Şekil 5.1. S.I.E.C.T. Güneş Kırıcı Detayı.

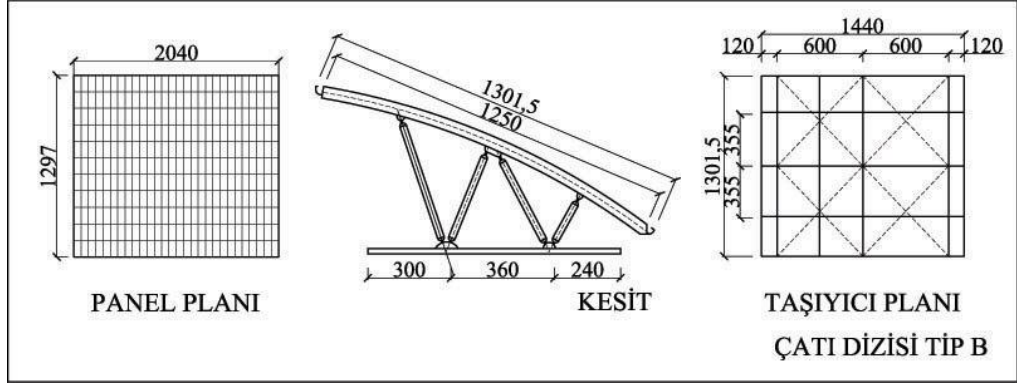
Bu örnekte kurulan sistem, tekil sistemdir. 100 kW dalgalandırıcı maksimum güç çıkışının 40 kW'lık bölümü güneş kırıcılardan, 60 kW'lık bölümü ise çatı dizilerinden sağlanmaktadır. (Şekil 5.2, Şekil 5.3)

Kurulan sistem, bir sene süresince ölçüm ve analiz programı (PV-WR 1800/1500 PV-DATA) ile bilgisayar üzerinden izlenmiş, günlük değerler her akşam bilgisayara girilerek, güneş pili panellerinin 1 yıl boyunca her meteorolojik koşul altında performansları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonucunda, sistemden ortalama %9,2'lik verim sağlandığı ortaya çıkmıştır. Minimum verim dönemi bölgede sıcaklığın ve panel yüzey sıcaklıklarının en çok arttığı (27.9 °C) dönem olan Haziran ayı (%3.6), maksimum verim dönemi ise panel yüzey sıcaklığının optimum değerlere düştüğü (19.5 °C) Aralık ayı (%20.2) olmuştur. Ayrıca direkt ışınımın dağınık ışınımın panellerin güç üretimlerini farklı şekilde etkiledikleri tespit edilmiştir. Bulutlu günlerde sistemden elde edilen verim, güneşli günlerde elde edilen verimden %30-35 oranında düşüktür. (Uğur, 2006)



Kaynak: Yoo S., Lee J. ve Lee T., 1998. Building Integrated Photovoltaics: A Korean case study, *Solar Energy*, 4-6, s. 151-161.

Şekil 5.2. S.I.E.C.T. Çatı Dizisi Tip A.



Kaynak: Yoo S., Lee J. ve Lee T., 1998. Building Integrated Photovoltaics: A Korean Case Study, *Solar Energy*, 4-6, s. 151-161.

Şekil 5.3. S.I.E.C.T. Çatı Dizisi Tip B.

5.1.2. Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi

Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi, sıra evler (bitişik nizam) tarzda inşa edilen 72 adet konutuyla 4 hektarlık bir alan üzerinde planlanmıştır. (Şekil 5.6) Yerleşimin enerjisi gereksinimi, yönetmelikte belirlenen miktarın (%40), altında bulunmaktadır. Binalarda yüzey/hacim ilişkisi minimumda tutularak enerji kaybı azaltılmış olup, planlamada güneşe yönelerek, saydam yüzeyler aracılığı ile güneşten edilgen anlamda yararlanılmaktadır. Güneş enerjisinden güneş topacları ve güneş pilleri (PV) ile kazanç sağlanmakta, şebekeye bağlı olan tesiste üretim fazlası şebekeye aktarılmaktadır. Yine güney cephede düzenlenen PV güneş kırıcılar, hem gölgeleme yaparak aşırı ısınmayı önlemekte hem de enerji üretmektedirler. Mekanların kontrollü havalandırılması ile enerji kayıpları azaltılmakta ve hava niteliği açısından hijyenik koşullar sağlanmaktadır. 2001 yılı sonunda kullanıma açılan konutlara ilişkin veriler Tablo 5.1’de görülmektedir. (Özbalta, Bt.)

Tablo 5.1. Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi 'ne İlişkin Veriler.

Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi/Kuzey Ren Westfalya-D, 1999-2001	
Yapım Tekniği	72 Konut, Sıra ev-bitişik nizam, masif ve ahşap iskelet yapı, 2 ½ katlı + bodrum kat, 110-140 m ²
Yönlenme	Güney-Kuzey
Enerji Gereksinimi	30-45 kWh/m ² .yıl
Yüzey/Hacim Oranı	0,5 (1/m)
Enerji eldesi	80 kWp Fotovoltaik Güç, elektrik gereksiniminin % 40'ı karşılanıyor
Sıcak su eldesi	Güneş Toplaçları 470 m ² , sıcak su tüketiminin % 60-65 karşılanıyor
Isı geçiş katsayısı (U-değeri W/m ² K)	U-duvar: 0,20-0,23 W/m ² K U-pencere: 1,1-1,4 W/m ² K U-çatı: 0,13-0,18 W/m ² K U-zemin: 0,19-0,26 W/m ² K

Kaynak: (Özbalta, b.t.)



Kaynak:(Özbalta b.t)

Şekil 5.4. Gelsenkirchen-Bismarck Konutları.



Kaynak: <http://www.agefotostock.com/age/en/Stock-Images/Rights-Managed/IBR-1342104>

Şekil 5.5. Gelsenkirchen-Bismarck Konutları Bina Yerleşimi.



Kaynak: <https://www.robertharding.com/index.php?lang=en&page=search&s=bismarck%2Bhouse&smode=0&zoom=1&display=5&sortby=0&bgcolor=White>

Şekil 5.6. Gelsenkirchen-Bismarck Konutları Genel Görünüş.

5.1.3. BMW Binası Almanya

Almanya’da bulunan mimar Colp Himmelb imzalı BMW Welt binası 25.000 m² alana sahiptir. Fotovoltaik çatı alanı ise 16.000 m² dir. “BMW Welt için 21. Yüzyıldaki akıllı binaların yeni neslini temsil eden ilk yapılardan biri diyebiliriz.

Şekil ve işlevi bir araya getiren mimari konsepti, binanın havalandırmasına olanak sağlayan çelik cephede görebilirsiniz. 3600 adet 800 kW güneş paneli ile kaplanan çatıdan yan yüzeylere yönelen güneş enerjisi, binanın ısıtılmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda havalandırma büyük duvar alanları ile gerçekleştirilmektedir. Camdan yapılan kaplama yüzeyleri konforlu bir yüzey sıcaklığı oluşturmaktadır. Dışarıdaki bitkiler ise özellikle doğal havalandırma elemanlarına yakın olanlar toz zerrecelerini tutmakta ve ayrıca soğutma etkisi oluşturmaktadır. Bina, işleyişini tamamen doğal kaynakları kullanarak sürdürmektedir. Sonuç olarak, bina mümkün olan en düşük enerji tüketimi ile çalışmakta ve doğal kaynakları tüm gereksinimlerini karşılamak için doğrudan ve dolaylı olarak kullanmaktadır. (Anonim.b.t.)



Kaynak: <http://www.coop-himmelblau.at/>

Şekil 5.7. BMW Binası Almanya.



Kaynak:https://en.wikiarquitectura.com/index.php/File:BMW_Welt_Plano_1.jpg

Şekil 5.8. BMW Binası Çatı Planı.

5.1.4. Doxford Güneş Ofisi, Birleşik Krallık

Binanın güney cephesi, mavi renkli fotovoltaik paneller ile eğimli düzlemsel olarak inşa edilmiştir. Cehenin yaklaşık% 70'i yarı saydam fotovoltaik ile kaplıdır. Cephde Polikristal silikon fotovoltaik paneller kullanılmıştır. Cephede ve atriumda kullanılan mavi fotovoltaik paneller, mavi ışık hareketleri oluşturarak farklı bir yapı sunmaktadır. Aşağıdaki tabloda binaya ilişkin bilgiler yer almaktadır.(Studio E Architects)

Tablo 5.2. Doxford Güneş Ofisine Ait Teknik Veriler.

Bina adı	Doxford güneş ofisi
Yapı sahibi	Akeler Developments Ltd
Yer	Sunderland, Birleşik Krallık
Bina tipi	Ticari
Yapım yılı	1998
Proje mimarları	Stüdyo E Mimarlar Ltd
Yapı mühendisleri	Whitby ve Kuş Ortaklık Ltd.
PV tasarımı	Stüdyo E Mimarlar + Rybka Savaşı
Müteahhit Firma	BOWMER ve Kirkland
PV entegrasyon tipi	Cephe
PV üretici	Kyocera
PV hücre teknolojisinin Tipi	Polikristal silikon
PV alanı	640 m ²
PV sistemi gücü	73 kWp
Tahmini enerji çıkışı	113.000 kWh / yıl
Verim	1.548 kWh / kWp
Bilgi	Schüco International



Kaynak:<http://www.studioe.co.uk/?portfolio=solar-office-doxford>

Şekil 5.9. Bina Dış Görünümü.

Şekil 5.10. Bina Cephe İç Görünümü.

5.1.5. Berlin Merkez Tren İstasyonu, Almanya

2002’de açılan istasyon toplam 1.700 m² alanda kurulmuştur. Yapıda 780 adet fotovoltaik panel kullanılmış olup bina kavisli bir yapıya sahip olduğu için her panel, açı ve boyut bakımından farklı özelliktedir. Sistem, toplam 180 kWp güce sahiptir.(Anonim b.t.)



Kaynak: <http://blog.bisam.com.tr/2014/09/kendi-elektrigini-ureten-cevreci-binalar.html>

Şekil 5.11. Berlin Merkez Tren İstasyonu Fotovoltaik Çatı Uygulaması.

5.1.6. Novartis Binası, Basel, İsviçre

2009'da inşa edilen bina, farklı bir mimariye sahiptir. Proje, konfor ve enerji verimliliği birlikte değerlendirilerek oluşturulmuştur. Cam çatı kaplaması, yarı transparan fotovoltaik panellerle donatılmış ve paneller projeye göre özel renkte üretilmiştir. Üretilen enerji, binanın aydınlatılması için gereken tüm enerjiyi karşılamaktadır. Sistem 92,74 kWh Kurulu güce sahiptir. Tablo 5,3'te binaya ilişkin teknik veriler yer almaktadır. (Altın, 2005)



Kaynak: <http://blog.bisam.com.tr/2014/09/kendi-elektrigini-ureten-cevre-ci-binalar.html>

Şekil 5.12. Novartis İlaç Fabrikası Basel, İsviçre Fotovoltaik Uygulaması.

Tablo 5.3. Novartis İlaç Fabrikası Teknik Verileri.

Kurulu Güç	92,74 Kwp'lik (7 Alt Sistemleri)
Güneş Modülleri	Schüco & Sunways
İnvertörler	7 Adet Fronius
Montaj Sistemi	Josef Gartner Gmbh Şirketinin Bina Dış Entegrasyon
CO ₂ Tasarrufu / Yıl	32,5 Ton
Enerji Verimi	Yaklaşık. 65.000 Kwh / Yıl
Devreye Alım Tarihi	13 Kasım 2008
Distribütör	TRITEC Grubu
Planlamacı	Baumgartner Gmbh, Almanya
Yükleyici	TRITEC AG Schweiz, Zweigniederlassung Aarberg
İşveren	Novartis

Kaynak: <http://www.tritec-energy.com/en/reference-cases/solar-power-systems-from-50-kwp/>

5.1.7. Wankdorf Futbol Stadyumu / Stade de Suisse, Bern-İsviçre



Kaynak: <http://www.tritec-energy.com/en/reference-cases/1001-football-stadium-wankdorf-stade-de-suisse-bern/>

Şekil 5.13. Fotovoltaik Modüllerle Kaplanmış Futbol Stadyumu Çatısı Bern.

Wankdorf stadyumu BIPV uygulaması 2008 yılında devreye alınmıştır. Stadyum 12.000 m² lik alan üzerinde kurulmuş ve 7930 adet panel fotovoltaik panel kullanılmıştır. Sistemden yıllık ortalama 1.134.045 kWh enerji sağlanmaktadır. Bu verim ortalama 325 konutun enerji ihtiyacını karşılayacak kapasitededir. Sistem sayesinde 630 ton karbon salınımı önlenmektedir. Aşağıda tabloda (tablo 5.4) projeye ilişkin teknik detaylar yer almaktadır. (Anonim,b.t.)

Tablo 5.4. Wankdorf Futbol Stadyumu Teknik Verileri.

Kurulu Güç	1.35 Mwp
İnşaat 1 Faz (A)	855 Kw
İnşaat 2. Etap (B)	495 Kw
Güneş Modülleri (A)	5.122 Tane Kyocera Kc167gh-2
Güneş Modülleri (B)	2.808 Tane Kyocera Kc175ght-2
Inverter (A)	7 Adet Solarmax 125
Inverter (B)	4 Tane Solarmax 100C
Montaj Sistemi	Alufix
Co ₂ Tasarrufu / Yıl	567 Ton
Enerji Verimi	1.134.045 Kwh / Yıl
Devreye	18 Mart 2005 (855 Kwp) 9 Ağustos 2007 (491 Kwp)
Distribütör	TRITEC Grubu
Planner / Takıcı	Tritec Ag Schweiz, Zweigniederlassung Aarberg
Operatör	BKW FMB Energie AG

Kaynak: <http://www.Tritec-Energy.Com/En/Reference-Cases/Solar-Power-Systems-From-50-Kwp/>

5.1.8. Hôpital Universitaire De Mirebalais

Haiti'nin başkenti Port-au-Prince'nin Mirebalais kasabasında bulunan Hôpital Universitaire de Mirebalais hastanesi dünyanın en büyük BIPV güneş uygulaması sistemine sahip hastanesidir.

Hastane 200.000 m² alana inşa edilmiş ve enerji ihtiyacı, çatısına monte edilen 1800 adet güneş panelinden sağlanmaktadır. Hastanenin tüm enerji ihtiyacını karşılayan sistem, hastanenin tükettiği enerjiden daha fazla enerji üretmektedir. Proje sayesinde 210 ton carbon salınımı önlenmektedir.

Paneller, yüksek sıcaklıklarda az verimli olduğu için çatı yüzeyi beyaz boya ile boyanmış ve hava sirkülasyonu sağlanması amacıyla ayak üzerine oturtulmuştur. Proje 2.200.000 \$ yatırım maliyeti ile üretmiş olduğu enerji sayesinde sistem kendini 6 yılda amorti edeceği hesaplanmaktadır. Sistem Aralık 2012 de devreye alınmıştır. (Anonim, b.t.)



Kaynak:<http://inhabitat.com/hopital-universitaire-de-mirebalais-will-be-the-worlds-largest-solar-powered-hospital/haiti-solar-powered-hospital-01/>

Şekil 5.14. Hôpital Universitaire De Mirebalais Hastanesi Teras Çatı BIPV Uygulaması.

5.1.9. Morrisons Lojistik Merkezi

Morrisons Bridgwater bölgesel dağıtım merkezi güney batı ve güney Galler bölgesinde 65 mağazası ile hizmet veren bir şirkettir. 2012 yılında inşa edilen Morrisons lojistik tesisi kendi enerjisini kendisi üretmek için verimsiz çatı alanından yararlanılmıştır. Tesis çatısında kurulan fotovoltaik sistem sayesinde 220 kWp lik bir enerji elde edilmektedir. Yıllık yaklaşık olarak 197.279 kWh enerji üretimi gerçekleşmektedir. Tesiste üretilen enerji, tesis ihtiyacından %6 kadar fazladır. Sistem sayesinde 8600 ton CO₂ salınımı engellenmiş olmaktadır.(Anonim b.t.)



Kaynak: <http://www.kingspanpanels.co.uk/kingspan-energy/project-gallery/morrisons/#>

Şekil 5.15. Morrisons Lojistik Merkezi Binası.



Kaynak: <http://www.kingspanpanels.co.uk/kingspan-energy/project-gallery/morrisons/#>

Şekil 5.16. Morrisons Lojistik Merkezi Fotovoltaik Çatı Uygulaması.

5.1.10. Upton Zed Terrace

İngiltere'nin Northampton bölgesinde yer alan Upton yerleşkesi toplam 350 birimden oluşmaktadır. Tüm birimler yerel mimarlar tarafından Zed (Zero Energy Development) standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Ayrıca 350 birimden 6 adet sıra ev (terrace), 2007 yılında sürdürülebilir konutlar için çıkartılan bir başka standarda (Code for Sustainable Homes: CfSH) göre tasarlanarak uygulanmış ve CfSH'ye uygun ilk tasarım olarak sertifika almıştır. Üç yatak odalı ve 100 m² taban alanına sahip 6 bağımsız bölümden oluşan bu konutların elektrik ihtiyacı ortalama 3208 kWh/y olarak belirlenmiştir. Güney yönündeki çatı alanında yer alan fotovoltaik paneller, monokristal silikon (180 Wp) modüller ile oluşturulmuştur. (Turan ve Çetiner, 2012)



Kaynak: (Turan ve Çetiner, 2012)

Şekil 5.17. Upton Zed Terrace.



Kaynak: http://www.zedfactory.com/projects_housing_upton.html.

Şekil 5.18. Upton Zed Terrace Fotovoltaik Çatı Uygulaması.

5.1.11. Freiburg Güneş Yerleşimi

Güney Almanya'nın en ılık, en güneşli kabul edilen ve güneş enerjisinden olabildiğince maksimum faydalanan Schlierberg bölgesinde güneş mimarı Rolf Disch tarafından sürdürülebilirlik esaslarına göre 2004 yılında kurulmuştur. Proje Almanya'da ödüllü güneş kenti ekoloji harikası kabul edilmektedir.

Yerleşkede 59 konut ve alışveriş merkezi bulunmaktadır. Toplam 11.000 m² alanda kurulu yerleşkede 75 ila 162 m² arasında değişen niteliklerde konut bulunmaktadır. Projede kullanılan fotovoltaik sistemde monokristal güneş panelleri kullanılmış ve 445 kWp enerji elde edilmektedir. Yıllık enerji üretimi ise 420.000 kWh dir. Proje sayesinde yıllık 2 milyon kWhaat enerji tasarrufu sağlanırken buda yaklaşık 200.000 litre petrole eşdeğerdir. Proje ile 500 ton CO₂ emisyonu sağlanmaktadır.



Kaynak: <http://tr.greenact2020.org/portfolio/tukettiginin-4-kati-enerji-ureten-ekokent-gunes-gemisi/>

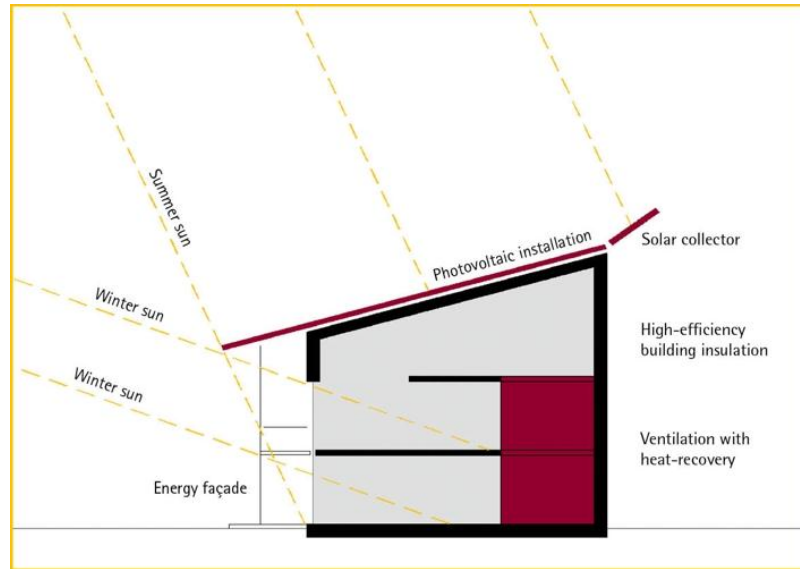
Şekil 5.19. Freiburg Güneş Yerleşkesi Genel Görünüşü.

Çatılarında fotovoltaik paneller olan bu yapılar, sürekli enerji üretimi yapmak amacıyla yola çıksa da sonucun bu kadar iyi olacağı düşünülüyordu. Proje sonucunda, Schlierberg bölgesinde tüketilen enerjinin dört katı enerji üretilmektedir. Sistem şebekeye bağlı olarak inşa edildiği için üretilen enerjinin fazlası şebekeye aktarılmaktadır. (Anonim b.t.)



Kaynak: <http://sustainableladybug.org/green-building/net-positive-solar-powered-development/>

Şekil 5.20. Germany Freiburg Güneş Yerleşkesi Vaziyet Planı Ve Güneş Işığı Geliş Yönleri.



Kaynak: <http://ecr-arquitectos.com/rehabilitaci%C3%B3n-y-certificaci%C3%B3n-energ%C3%A9tica-de-edificios/>

Şekil 5.21. Freiburg Projesinde Bulunan Konut Kesiti.



Kaynak: <http://www.e-architect.co.uk/germany/sun-ship-freiburg>

Şekil 5.22. Freiburg Projesi Çatı PV Uygulaması Aynı Zamanda Saçaklarda Kullanılan PV Uygulamalara da Örnek Olmaktadır.



Kaynak: <http://tr.greenact2020.org/portfolio/tukettiginin-4-kati-enerji-ureten-ekokent-gunes-gemisi/>

Şekil 5.23. Freiburg Projesi Fotovoltaik Çatı Uygulaması.



Kaynak:<http://www.gunesveruzgarenerjisi.com/2015/08/alman-mimar-tamamen-gunes-enerjisi-ile.html>

Şekil 5.24. Freiburg Güneş Yerleşkesi Çatılarının Tüm Alanları Fotovoltaik Paneller İle Kaplanmışır.

5.2. Türkiye’deki Binalarda Fotovoltaik Uygulamaları

Türkiye’de güneş enerjisi üzerine araştırma yapan pek çok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bu kuruluşlar arasında en önde gelenleri; Elektrik İşleri Etüt İdaresi, TÜBİTAK, ODTÜ, Ege Üniversitesi, Harran Üniversitesi, İTÜ gibi kurumlardır. Bu kurumlar dışında günümüzde özel sektörde ciddi araştırmalar yapılmaktadır. Zorlu enerji, Solar Türk gibi firmalarda yerli güneş paneli üretimi için çalışmalara başlamıştır.

Yüzüncü yıl üniversitesi makine mühendisliği bölümü öğretim elemanları tarafından hazırlanan yerli güneş pili projesi kapsamında yeni nesil güneş pili üretilmiştir. (Anonim b.t.)

Aşağıdaki konu başlıklarında binalarda kullanılan fotovoltaik uygulama örnekleri verilmiştir.

- Muğla Üniversitesi
- Özyeğin Üniversitesi
- Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlüğü
- ODTÜ Binası

- Denizli Hükümet Binası
- Hüseyin Avni İncekara Fen Lisesi Öğrenci Yurdu
- Diyarbakır Yenişehir Güneş Evi
- Li Fung Centre
- Tesco Kipa Marmaris
- Antalya 100. Yıl Stadyumu

5.2.1. Muğla Üniversitesi

“Binaya entegre fotovoltaik sistemler” BIPV (building integrated photovoltaic systems) için Türkiye’deki ilk uygulama DPT projesi kapsamında Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi öğrenci kafeterya binası çatısına uygulanmıştır. Çatının güney cephesinde 215 m² fotovoltaik panel uygulaması yapılmış ve sistem 2003 yılında devreye alınmıştır. 25,6 kWp kurulu güce sahip şebeke bağlantılı sistem yıllık ortalama 35.000 kW-saat elektrik enerjisi üretmektedir. (Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Sektör Raporu 2011 s:29)

Türkiye’de ilk cepheye entegre fotovoltaik sistem uygulaması yine Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi rektörlük binasında yapılmıştır. 541 m² cephe alanında uygulanan Amorf silisyum tek-eklemli ve üç-eklemli ince film modüllerden oluşan fotovoltaik sistem 40 kWp kurulu güce sahiptir.

Fotovoltaik sistem gücü 40.39 kWp (541m²) 30.15 kWp (405m²) dir. Bina yüzeyine uygulanan üç eklemli amorf silisyum güneş panelleri (10.24 kWp, 136m²) ve kulelere uygulanan tek eklemli amorf silisyum paneller binaya güneyden 30° doğuya yönlenecek şekilde uygulanmıştır.

1. Bina yüzeyi:

Her kat aralığında 42 adet TWIN140 ve 2 adet TWIN75 PV modül yerleştirilerek, toplam 210 adet TWIN140 ve 10 adet TWIN75 PV modül ile bina yüzeyinde toplam 30,15 kWp kurulu güç elde edilmiş. Dört adet 6 kW lık S3GRID invertör kullanılmıştır. Yatayla 60° eğimli olarak yerleştirilen modüller, 4 adet 6 kW invertöre elektriksel olarak bağlanmıştır.

Muğla Üniversitesinde ölçülen meteorolojik değerler kullanılarak yapılan hesaplamalarda 30,15 kWp gücündeki fotovoltaik sistemden üretilmesi beklenen elektrik enerjisi yıllık toplam 40.884 kWh tır.

2. Kuleler:

1. Kule için (Doğu Kule) 84 adet KA64 PV modülün, 4 kW gücündeki invertöre 4 adet seri, 21 adet paralel olacak şekilde bağlanmasıyla 5.376 kWp gücünde fotovoltaik sistem elde edilmiştir. Ölçülen meteorolojik değerler kullanılarak yapılan hesaplamalarda 5,376 kWp gücündeki fotovoltaik sistemden üretilmesi beklenen elektrik enerjisi yıllık toplam 4357,5 kWh olarak hesaplanmıştır.

2. Kule (Batı Kule) için 68 adet KA64 PV modülün, 5 kW gücündeki invertöre 4 adet seri, 19 adet paralel olacak şekilde bağlanmasıyla, 4.864 kWp gücünde fotovoltaik sistem elde edilmiştir. Ölçülen meteorolojik değerler kullanılarak yapılan hesaplamalarda 4864 kWp gücündeki fotovoltaik sistemden üretilmesi beklenen elektrik enerjisi yıllık toplam 3619.6 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.5. Muğla Üniversitesinde Fotovoltaik Sistemden Üretilmesi Beklenen Toplam Enerji.

PV Sistem	Yıllık Üretilen Enerji (kWh)
Bina yüzeyi 30,150 kWp	40884.0
1. Kule 5.376 kWp	4357,5
2. Kule 4864 kWp	3619,6

Kaynak: <http://www.mutek.mu.edu.tr/uygulamalar-737>

Sistem, 7 Mayıs 2008 yılında devreye alınmış ve 48.000 kW-saat elektrik enerjisi üretmektedir.



Kaynak:<http://www.guneshaber.net/haber/147-uygulamalar-mugla-universitesi-kurulu-sistem.html>

Şekil 5.25. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Yemekhane Binası Çatısı BIPV Çatı Uygulaması.



Kaynak:<http://www.guneshaber.net/haber/147-uygulamalar-mugla-universitesi-kurulu-sistem.html>

Şekil 5.26. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Rektörlük Binası BIPV Uygulaması.

5.2.2. Özyeğin Üniversitesi

Özyeğin Üniversitesi Çekmeköy kampüsünde uygulanan fotovoltaik sistemler, Türkiye’de çatıya monte edilen en büyük güneş enerjisi uygulaması olma özelliğine sahiptir. Monte edilen fotovoltaik sistemle 378 kW lık bir enerji üretimi gerçekleştirilmektedir.

Proje kapsamında 1512 adet güneş paneli kullanılmış ve her bir panel 250 W gücündedir. Yıllık enerji üretim kapasitesi 510 MW olup kurulu olan fotovoltaik sistem ile üniversitenin tüketmiş olduğu enerjinin %25'i karşılanmaktadır.

Özyeğin Üniversitesi Güneş Santrali ortalama 510.000 kWh elektrik üretimi ile 153 kişinin günlük ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisini karşılayabilmektedir. Özyeğin Üniversitesi Güneş Santrali sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 161 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek kadar elektrik üretimi yapmaktadır. Bu üretim kapasitesine sahip olan bir Güneş Enerji Santrali lisanssız elektrik üretim tesisi ile elektrik faturasının ulusal elektrik fiyatları üzerinden yılda yaklaşık 197.240 TL daha az geleceği söylenebilir. Ayrıca yıllık 510.000 kWh üretim kapasitesine sahip olan böyle bir enerji tesisin ürettiği elektrik TEİAŞ tarafından yurtdışından ithal edilmiş olsaydı toptan fiyatı ile yaklaşık olarak 84.919 TL ödeme yapılacaktı. Bu nedenle Özyeğin Üniversitesi Güneş Enerji Santrali (GES) enerjide dışa bağımlılığımızın azalmasına da katkıda bulunmaktadır. (Anonim, b.t.)



Kaynak: <http://www.enerjiatlasi.com/gunes/ozyegin-universitesi-gunes-enerji-santrali.html>

Şekil 5.27. Özyeğin Üniversitesi Çatı Üzeri Fotovoltaik Sistem Uygulaması.



Kaynak: http://www.yapi.com.tr/haberler/ozyegin-universitesinin-gunes-enerjisi-yingli-solardan_119251.html

Şekil 5.28. Özyeğin Üniversitesi BIPV Çatı Uygulaması Genel Görünümü.

5.2.3. Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlüğü

İstanbul'da bulunan birleşik fon bankası genel müdürlüğü, binaya entegre fotovoltaik sistem uygulanan Türkiye'nin en yüksek binasıdır. İstanbul Esenkent'te yer alan binada 72 kW enerji üretimi ile sistem 2014 Eylül ayında devreye alınmıştır. (Anonim, b.t.)



Kaynak: <http://www.cnnturk.com/birlesik-fon-bankasi>

Şekil 5.29. Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlüğü BIPV Çatı Uygulaması.

5.2.4. ODTÜ Binası

ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Fakültesi Ayaşlı Araştırma Merkezinde BIPV uygulaması, Türk Mimarisinin önde gelen mimarlarından Behruz Çinici, tarafından tasarlanmıştır. Teknik tasarım sırasında, fotovoltaik özellik taşıyan hangi yapı bileşenlerinin kullanılacağı kararlaştırılmıştır. Bu ürünlerden ne kadar elektrik üretileceği, kabloların nereden ve nasıl geçeceği, sistem invertörlerinin konulacağı odanın yeri tasarım safhasında planlanmıştır.

Binanın doğal aydınlatmayla aydınlatmasını sağlamak üzere çatıda 6 adet atrium cam tasarlanmıştır. Atriumda kullanılacak camların bir bölümü PV özelliği taşıyan yarı transparan fotovoltaiklerden seçilmiş, böylece atrium üzerine düşen gün ışığının %75'nin bina içerisine girmesi sağlanmıştır. Projede toplamda 1400 m² olan çatı alanından 51,4 kWp enerji elde edilmiştir. Yıllık 60.000 kWh enerji üreteceği öngörülen bu sistem, araştırma geliştirme amaçlı kullanılan cihazlar haricinde binanın tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilecek boyuttadır. (Anonim, b.t.)



Kaynak: <http://yistyapi.com/kendi-enerjisini-ureten-binalar/>

Şekil 5.30. ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Fakültesi Ayaşlı Araştırma Merkezi BIPV Uygulaması.

5.2.5. Denizli Hükümet Binası

Denizli Hükümet binasında BIPV uygulaması ile binanın tüm enerji ihtiyacı (75 kWp) bu sistemden karşılanmaktadır. Atıl duran çatıya yerleştirilen güneş enerjisi sistemi ile çatıya elektrik üreten bir santral niteliği kazandırmıştır. Sistemin en önemli özelliği şebeke bağlantılı olmasıdır. Bu sayede üretilen enerji depo edilmeden direk tüketilebilmektedir. Proje üç hafta gibi kısa sürede tamamlanmıştır. Sistem yıllık 106 bin kWh elektrik üretim kapasitesine sahiptir.(Anonim, b.t.)



Kaynak: <http://gsrenerji.com.tr/index.php/referanslarimiz>

Şekil 5.31. Denizli Hükümet Binası BIPV Çatı Uygulaması.

5.2.6. Hüseyin Avni İncekara Fen Lisesi Öğrenci Yurdu

Türkiye'nin ilk çevre dostu yeşil binası olan Nevşehir Hüseyin Avni İncekara fen lisesi yurt binasında, fotovoltaik paneller çatıya paralel bir şekilde yerleştirilmiş, havalandırmanın sağlanabilmesi ve montaj kolaylığı için, panellerin altına bitüm esaslı oluklu levhalar uygulanmıştır.

Türkiye'nin ilk yeşil çatı ve fotovoltaik panel entegrasyonu uygulaması gerçekleştirilmiş olan binada yeşil çatı uygulaması ile çatısında canlı bitkiler yetiştirerek, böylece yağmur sularını doğal olarak arıtmakta, drenaj elemanı olarak kullanılan EPS levhalarlada ısı yalıtımını doğal olarak gerçekleştirmekte, hem de canlılar için ekolojik bir ortam oluşturmaktadır.

Yeşil çatıların tüm bu avantajlarından faydalanan aynı zamanda 13,5 kW'lık kurulu fotovoltaik gücüyle kendi elektriğini kendisi üretmektedir. Sistem şebeke bağlantılı olduğundan dolayı üretmiş olduğu fazla enerjiyi sistemde hiçbir değişiklik yapmadan devlete satabilmektedir.

Projede eğimli ve teras çatı üzerine fotovoltaik uygulaması yapılmıştır. Projede % 38 eğime sahip güneye bakan çatıda, eğime paralel fotovoltaik panel uygulaması katmanları şekil 5.32 de görülmektedir. Bu sistem, bitüm esaslı oluklu levhalara göre tasarlanmış ve uygulanmıştır. Oluklu levha, sıcak havalarda panel altında havalandırma ve soğutma sağlayarak panelin verimliliğinin düşmesini engellemektedir.



Kaynak: <http://www.yesilbinadergisi.com/?pid=25174>

Şekil 5.32. Nevşehir H.Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası Çatı Uygulamasının Yakından Görünüşü.

Şekil 5.33. Nevşehir H. Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası, Yeşil Çatı Uygulaması.

Projenin Teras Çatısı Üzeri Fotovoltaik Panel Uygulaması;

Binada kullanılan fotovoltaik panellerin tamamı ince film amorf silisyum panellerdir. İnce film panellerin en önemli özelliği, yaygın ışınımında, yani bulutlu havalarda da enerji üretebilmesidir. Panellerin toplam kurulu gücü 13,5 kWp'dir. Paneller yurt binasının enerjisinin büyük bir kısmını karşılayabilmekte, uygun yasal düzenlemeler yapıldığı takdirde, sistem doğrudan şebekeye bağlanabilir özellikte olduğu için hiçbir ilave önlem alınmadan fazla enerjisini devlete satabilmektedir. (Gemi, 2010)

5.2.7. Diyarbakır Yenişehir Güneş Evi

Diyarbakır güneş evi Türkiye'nin ilk güneş evi olma özelliğine sahiptir. 2066 saat yıllık güneşlenme süresi olan güneydoğu Anadolu bölgesi güneş enerjisinin en verimli olduğu bölgedir. Yıl boyunca 2000 saatten fazla güneşli güne sahip olan bölgelerde güneş enerjisi yüksek verimlerle kullanılabilir. kullanılabilmektedir.



Kaynak: www.güneşevi.org

Şekil 5.34. Diyarbakır Güneş Evi.

Yörenin enlemine paralel olarak tasarlanan binanın 4° eğimli olan güney çatısında ve güneye bakan 17 ° mutfak çatısına yerleştirilen 24 adet 162 Wh kapasiteli güneş pilleriyle saatte 3,88 kW elektrik üretilebilmektedir. Bu elektrik 100 W bir ampulün 38 saat yanmasını sağlayacak kapasitededir. Sistem de invertör, regülatör, ve depolama amaçlı 16 adet 12 volt 100 amper özel aküler aracılığı ile elektrik ihtiyacı sürekli karşılanmaktadır. (www.güneşevi.org)

5.2.8. Li Fung Centre

İstanbul Yenibosna’da bulunan Li Fung Centre ofis binası 2011 yılında tamamlanmıştır. (Şekil 5.35) Sürdürülebilir bir mimari anlayış ile tasarlanan ve 8000 m² kapalı alana sahip olan bina, Amerikan Yeşil Bina Konseyi (US Green Building Council) tarafından LEED Gümüş sertifikası ile ödüllendirilmiştir. 1982 yılında inşa edilmiş ve matbaa olarak kullanılan bina, yeni işlevler kazandırılarak ofis binasına dönüştürülmüştür. Çatısında 144 adet ince film panelden oluşan fotovoltaik sisteme sahip olan binada her bir panel 120 Wp gücündedir. Sistem yıllık 22.000 kWh enerji üretmektedir. Paneller güneybatı yönünde 100° eğimle tasarlanmıştır.

Uygulamada dikkat edilen en önemli nokta, panellerin çatı ile bağlantısında mevcut ısı ve su yalıtımının zarar verilmemiş olmasıdır. Panellerin yerleştiği yöne ve bina geometrisine göre hesaplanan rüzgar yüklerine karşı koyacak ağırlıktaki beton bloklar, (şekil 5.36) taşıyıcı sistemde ağırlık yapacak şekilde yerleştirilmiş ve çatı katmanlarında hiçbir delme işlemi yapılmasına gerek kalmamıştır. (Turan, Çetiner 2012)



Kaynak: (Turan, Çetiner 2012)

Şekil 5.35. Li Fung Centre Yenibosna Binası BIPV Uygulaması.



Kaynak: (Turan, Çetiner 2012)

Şekil 5.36. Li Fung Centre Yenibosna Binası Fotovoltaik Çatı Detayı.

5.2.9. Tesco Kipa Marmaris

Tesco Kipa Marmaris, Türkiye'nin ticari olarak kullanılan ve şebeke bağlantılı en büyük güneş enerjili sistemi olma özelliğine sahiptir. 2007 yılında yapımı tamamlanan Marmaris Kipa mağazası ile birlikte ilk defa Kipa mağazalarında güneş enerjisi kullanılmaya başlanmıştır. Sistemde Sharp marka, 162 W güç üreten, 180 adet amorf silikon polikristal paneller kullanılmıştır. Fotovoltaik paneller çatıya üç sıra halinde ve her bir sırada 60 adet panel olacak şekilde alüminyum konstrüksiyon üzerine monte edilerek teras çatıya uygulama yapılmıştır. Mağazanın çatısına yerleştirilen 30 kWp kurulu güce sahip fotovoltaik sistem, günde ortalama 195 kWh elektrik üreterek 130 kg. CO₂ gazının atmosfere salınımını da engellemektedir. (Anonim, b.t.)



Kaynak: <http://www.yenienerji.info/ornek-proje/tesco-kipa-marmaris>

Şekil 5.37. Kipa Marmaris Fotovoltaik Çatı Uygulaması.

5.2.10. Antalya 100. Yıl Stadyumu

33 bin seyirci kapasiteli Antalya 100.yıl stadyumu 136 dönüm arazi üzerine kurulmuştur. 1.4 MWp güce sahip statta günlük ortalama 7200 kWh elektrik üretim kapasitesine sahiptir. Bu üretim rakamıyla 550 konutun günlük enerji tüketimine eşdeğerdir. sistemin yıllık ortalama üretim miktarı 2.200.000kWh değerindedir.

Silindirik olarak inşa edilen stadın 10200 m² lik çatı alanına 6000 adet 250 Wp gücünde monokristal güneş panelleri ve nominal gücü 10 kW olan 124 adet invertör kullanılmıştır. Fotovoltaik panel dizileri 15 ve 16 şarlı invertörler ile uyumlu çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Modüller arası bağlantılar ve DC gerilim düşümleri ve akım kapasiteleri göz önüne alınarak 6mm² kesitli PV1-F kablolar kullanılmıştır. (Anonim. b.t.)

Antalya stadyumu 1MW güce sahip Tayvan Kaohsiung National Stadium ve 1.3 MWp güce sahip İsviçre Stade de Suisse statlarının rekorunu kırarak dünyanın en büyük güneş enerjili stadı olma ünvanını elde etmiştir.



Kaynak: <http://enerjienstitusu.com/2015/09/16/turkiyenin-ilk-gunes-enerjili-stadi-antalya-arena-stadi-eylul-sonunda-aciliyor/>

Şekil: 5.38 Antalya 100.Yıl Stadi

6. BÖLÜM

DÜNYADA VE TÜRKİYEDE YENİLENEBİLİR ENERJİLERE İLİŞKİN TEŞVİK VE DESTEKLER

Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtların, insanlık tarihi göz önünde bulundurulduğunda çok da uzak olmayan bir gelecekte tükeneceği gerçeği kamuoyunu uzun yıllardır meşgul etmektedir. Ortadoğu ve Orta Asya'da yeni rezervlerin bulunması bu süreyi ancak bir müddet ötelemeye yarayacak, fakat dünyayı bekleyen enerji sorununa kalıcı bir çözüm getirmeyecektir.

Özellikle 1973 ve 1979 petrol krizleri sonrası insanlar, çevreye zarar vermeyen sürdürülebilir alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Birçok ülke, yaşanan enerji krizleri sonrasında dışa bağımlılığın sakıncalarının farkına varmıştır. Böylelikle enerji alanındaki çalışmalar güneş, rüzgar, hidroelektrik, biokütle, jeotermal ve son yıllarda rağbet gören hidrojen enerjisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Son yirmi yılda bu alanlarda ciddi teknolojik atılımlar gerçekleştirilmiştir. Potansiyel pazarın büyüklüğünü fark eden pek çok ülke, belli başlıklarda ulusal programlar başlatmış, yenilenebilir enerji (YE) araştırma ve uygulama merkezleri kurmuştur. ABD Enerji Bakanlığı öncülüğünde 1977'de kurulan "National Renewable Energy Laboratory", Almanya'da ise 1981'de kurulan "Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems" öne çıkanlardan sadece ikisidir. Bununla birlikte gelişmiş ülkelerde yer alan üniversitelerde YE laboratuvarları kurulmuş ve özel sektörde faaliyet gösteren birçok firma bu alanda milyarlarca dolarlık yatırımlar gerçekleştirmiştir.

Günümüz koşullarında teknolojik gelişmeler özellikle fotovoltaik güneş pilleri gibi teknoloji ağırlıklı ürünlerin araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) maliyetlerini ciddi anlamda düşürmüş ve maliyetler düştükçe bu ürünlerin piyasada pazarlanması kolaylaşmış ve artan taleple birlikte Ar-Ge çalışmaları daha da ivme kazanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebin en önemli nedenlerinden birisi küresel ısınmadır. Yaklaşık 200 yıldır yoğun bir biçimde kullanılan fosil yakıtlar sera gazı salınımına yol açmaktadır. Karbondioksit ve metan başta olmak üzere sera gazlarının atmosfere yayılmasıyla hava sıcaklıklarının artması anlamına gelen küresel ısınma, son 50 yıldır küresel ekosistem üzerine ağır baskı uygulayarak dünya için ciddi bir tehdit oluşturmaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özelliklerinden birisi “temiz” kaynaklar olmalarıdır. Temiz enerjiler sera gazı salınımı yapmadıkları için birçok ülkede kullanılmaktadır. Hiç şüphesiz bunda çevre örgütleri, sivil toplum kuruluşları ve hükûmetler tarafından yürütülen bilinçlendirme kampanyalarının etkisi önemlidir. Bununla birlikte Kyoto Protokolüne dahil olan birçok ülkede bu enerji türlerinin kullanımı teşvik edilmektedir. Bu kapsamda tesisler kuran yatırımcılar, sera gazlar salınımına engel oldukları için, projenin niteliğine göre elde ettikleri salınım haklarını ihtiyaç duyanlara satıp kazanç sağlayabilmekte ve proje finansmanına katkıda bulunabilmektedirler. (Ekonomik Forum, 2010)

6.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Teşvik Mekanizmaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek üzere birçok ülkede çeşitli mekanizmalar geliştirilmiştir. Bunlar üç ana başlık altında toplanabilir: Fiyat belirleyici ve miktar yükümlülüğü getiren teşvikler, maliyet düşürücü yatırım politikaları, kamu yatırımları ve yenilenebilir enerji pazarının gelişmesini sağlayacak teşvikler.

Fiyat belirleyici ve miktar yükümlülüğü getiren teşvikler; temel olarak alım garantili tarife (feed-in tariff) ve yenilenebilir enerji standartlarından (renewable energy portfolio standards- RPS) oluşmaktadır. Buna göre alım garantili tarife uygulamaları ülkeden ülkeye değişiklik göstermekle birlikte, temel olarak devlet tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin devlet tarafından önceden belirlenmiş bir fiyat üzerinden elektrik dağıtım şirketleri aracılığıyla alınmasını esas almaktadır.

RPS'lerle belli bir bölge veya ülkede üretilen elektriğin belirlenmiş bir miktarının yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi öngörülmektedir. Bu kota sistemi belirli bir tarihe kadar bir miktarın üretimi anlamına gelen kapasite-temelli bir standart olabilir ya da elektrik üretiminin belirli bir yüzdesine denk gelen elektrik, üretim-temelli bir standart olabilir. Bunlara ek olarak bazı ülkelerde üreticilerin devlete belirli bir miktar yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik satma ayrıcalığı elde etmesine olanak sağlayan ihaleler de gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca üreticilere tahsis edilen Yeşil Enerji Sertifikaları sahiplerine imtiyazlar sağlamaktadır. Sübvansiyon ve indirimler, maliyet düşürücü yatırım politikalarının bir ayağını oluşturmaktadır. Bir diğer yöntem ise vergi indirimleridir; Bunlar yatırım, vergi kredileri, hızlandırılmış amortisman, üretim vergi kredileri, mülkiyet vergi kredileri, gelir vergisi teşvikleri, KDV muafiyetleri, çevre vergisi istisnaları, ithalat vergisi indirimleri, hibeler, ekipman kredileri ve benzer uygulamaları kapsamaktadır. Söz konusu teşvikler büyük çaplı yatırımlar için olduğu kadar, küçük çaplı bireysel kuruluşlar için de uygulanmaktadır. Dolayısıyla bu tür politikalar sadece enerji piyasasında arzı temsil eden yatırımcılara yönelik değil, aynı zamanda talebi temsil eden tüketicilere de yöneliktir. Son olarak kamu yatırımları ve YE pazarının gelişmesini sağlayacak teşvikler; kamu yararına kurulan fonlar, inşaat ve tasarım, alan tespiti ve izinleri, ekipman standartları, müteahhit sertifikasyonu ve şebekeye bağlantı gibi konuları kapsayan altyapı politikalarından oluşmaktadır. Bununla beraber bürokratik engellerin asgariye indirildiği yenilenebilir enerji mevzuatları da bu teşvikler arasında sayılabilir. (Ekonomik Forum,2010)

Tablo 6.1. 2011 Yılı Ülkelerin Kişi Başına Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Enerji Yoğunluğu.

Ülke	Kişi Başına Elektrik Tüketimi (kWh/kişi)	Kişi Başına Enerji Tüketimi (tep/kişi)	Enerji Yoğunluğu (tep/bin dolar)	Kişi Başına CO ₂ Emisyonu (ton/kişi)
İzlanda	53072	17.42	0.52	10.52
Norveç	25876	8.77	0.14	9.14
Kuveyt	20965	11.92	0.26	32.87
Katar	18395	15.7	0.17	39.95
Kanada	17620	9.58	0.22	18.1
İsveç	16656	5.34	0.14	5.8
ABD	13926	7.28	0.17	19.31
BAE	13837	11.05	0.19	28.73
Finlandiya	13653	5.14	0.20	9.8
Türkiye	3058	1.59	0.11	4.33
Dünya	3155	1.87	0.19	4.88

Kaynak: (Koç Ve Şenel, 2013)

Tablo 6.2. Ülkelerin 2011 Yılı Yenilenebilir Elektrik Güç Kapasitesi. (GW)

Kaynaklar	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	Avrupa Birliği	Dünya
Rüzgâr	62	47	16	29	1.7	94	238
Biyokütle	4.4	13.7	3.8	7.2	~0	26	72
Güneş (Pv)	3.1	4	0.5	25	0	51	70
Jeotermal	~0	3.1	0	~0	0.1	0.9	11.2
Güneş (Termal)	0	0.5	~0	0	0	1.1	1.8
Okyanus	~0	~0	0	0	0	0.2	0.5
Hidrolik	212	79	42	4.4	17.1	120	970
Toplam	282	147	62	65	19	294	1360

Kaynak: (Koç Ve Şenel, 2013)

Tablo 6.3. AB' Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Enerji Tüketimindeki Payı.

Ülke	2005'deki durum (%)	2020 hedefleri (%)
Almanya	5.8	18
Avusturya	23.3	34
Belçika	2.2	13
Birleşik Krallık	1.3	15
Bulgaristan	9.4	16
Çek Cumhuriyeti	6.1	13
Danimarka	17	30
Estonya	18	25
Finlandiya	28.5	38
Fransa	10.3	23
Güney Kıbrıs	2.9	13
Hollanda	2.4	14
İrlanda	3.1	16
İspanya	8.7	20
İsveç	39.8	49
İtalya	5.2	17
Letonya	32.6	40
Litvanya	15	23
Lüksemburg	0.9	11
Macaristan	4.3	13
Malta	0	10
Polonya	7.2	15
Portekiz	20.5	31
Romanya	17.8	24
Slovak Cumhuriyeti	6.7	14
Slovenya	16	25
Yunanistan	6.9	18
Topluluk	-	20

Kaynak: (Ekonomik Forum,2010)

6.1.1. Avrupa Birliği

1974'te Avrupa Birliği (AB) Konseyi Yeni Enerji Politikası Stratejisi'ni 1973 yılında yaşanan Petrol Krizinden sonra kabul etmiştir. Bu karar ile üye ülkelere, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla istifade edilmesi önerilmiştir. Birliğin 1997'de benimsediği Beyaz Bildiri ve 2000 yılında kabul ettiği Yeşil Bildiri de dahil olmak üzere, tüm enerji belgelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına vurgu yapılmakta ve son yıllarda somut hedefler belirlenmektedir.

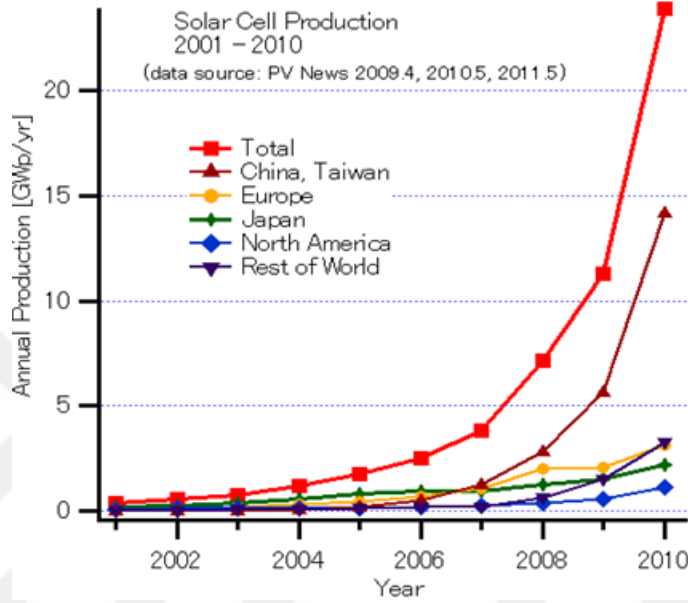
2009/28/EC sayılı AB Yenilenebilir Enerji Direktifi AB'de yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki için yürürlükte olan temel belge, 2001/77/EC ve 2003/30/EC sayılı eski direktiflerin yerini almıştır. Söz konusu direktif tüm AB üye ülkeleri için önceki belgelerde belirlenmiş olan 2010 hedeflerini gözden geçirerek, 2020 hedeflerini belirlemektedir. Bu çerçevede, 2020 yılında birlik genelinde enerji üretiminin % 20'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması, enerji verimliliğinin % 20 oranında artırılması ve son olarak da enerji tüketiminin %20 oranında azaltılması öngörülmektedir. Bunlar "20-20-20 hedefleri" olarak adlandırılmaktadır. Aynı belgede AB'de ulaşım alanında kullanılan enerjinin de % 10'unun YE'lerden temin edilmesi hedeflenmiştir. Söz konusu hedeflere ulaşmak için AB üyesi ülkelerden sektörel bazda hedefler ve bunlara ulaşmak için uygulayacakları politikaların yer alacağı eylem planları oluşturmaları istenmiştir. Bunun yanı sıra Avrupa Birliği, yürüttüğu enerji programları kapsamında projeler geliştirmek üzere önemli fon kaynakları ayırmıştır. Bunların başında "Intelligent Energy Europe" programı ve 7'nci Çerçeve Programı dahilinde düzenli olarak açılan enerji çağrıları gelmektedir. (Ekonomik Forum, 2010)

2010 yılının sonu itibarıyla dünya genelinde Güneş enerjisi üretimi toplam kurulu kapasitesi 67.400 MW olmuştur. Bu miktar son yıllarda ortalama % 30 civarında büyüme göstermiştir.

Dünyada kullanılabilir fosil kaynaklı enerjilerin azalması ve CO₂ salınımını azaltmak amacıyla son yıllarda fotovoltaik üretimine büyük yatırımlar yapılmıştır.

Fotovoltaik sistemlerde en büyük kullanıcı ülkeler; Almanya, İspanya, İtalya ve ABD'dir. Tablo 6.4 de, dünya genelinde güneş pili üretiminin toplam olarak ve ülkelere göre değişimi görülmektedir. En fazla güneş pili üretimi Çin ve Tayvan'da gerçekleşmiştir. (Baez, j.2013)

Tablo 6.4. Dünyada Üretilen Güneş Pili Ülkelere Göre Dağılımı.



Kaynak: (Altuntop, Erdemir,2013)

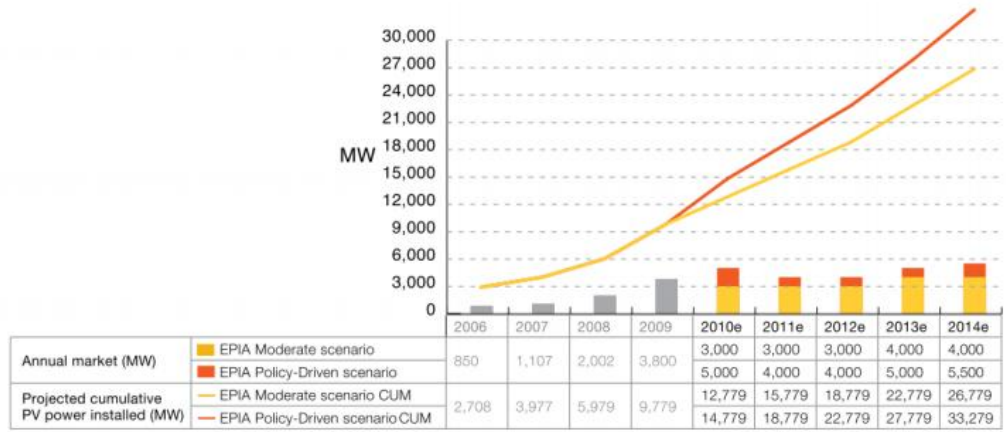
6.1.2. Almanya

1989 yılında yenilenebilir enerjileri teşvik etmek ve kullanımının yaygınlaştırmak için “1000 çatı programı” ilk kapsamlı uluslararası program olarak duyurulmuştur. 1991 yılında “1000 çatı programı” 1994 yılında tamamlanmış, 1997 yılında 100.000 çatı programı olarak genişletilmiş ve devlet küçük çatı sistemlerine direkt destek vermiştir. 2000 yılında FIT mekanizması ve 2004 yılındaki revizyonu ile kamuya cazip krediler sağlanmıştır.

Programın uygulanmasıyla krediler 3 yıldan 10 yıla çıkarılmış ve geri ödemesi 8 taksit olarak tolöre edilmiş, eğer sistem 10. yılında hala çalışıyorsa son taksitin ödenmemesi öngörülmüştür.

1999 yılında sadece program kapsamında 3000 proje onaylanmıştır. Mart 2000 yılında da Alman öncelikli yenilenebilir enerji kanunu yürürlüğe girmiştir. (Keleş, 2008)

Tablo 6.5. Almanya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

Alman hükümeti enerji üreticilerine 20 yıl süre ve sabit tarife miktarı ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vermiştir. Enflasyona endeks yoktur. Bağlantının yapıldığı kurumlara, üretilen elektriği sabit bir fiyat üzerinden (FIT) 20 yıl boyunca satın almak zorunluluğu getirilmiştir.

Uygulanan teşvik, açık alan sistemleri ve çatı uygulamaları olarak iki grupta kategorize edilmiştir. Açık alan sistemlerinde teşvik miktarı sistem büyüklüğünden bağımsız iken, çatı sistemleri büyüklüğe göre sınıflandırılmıştır.

Tablo 6.6. Almanya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.

Kurulum Tipi	Güç	Euro cent/kWh
	<30 kW	39.14
	30-100 kW	37.23
	100-1000 kW	35.23
	>1000 kW	29.37
Açık Alan	Sınırsız	28.43

Kaynak: (Gensed, 2010)

2010 yılının ikinci yarısında hükümet teşvik oranında yaklaşık %16'lık bir düşüş planlamıştır. Bu planın amacı, elektriğin “yerinde tüketim” ini daha çekici hale getirmektir. Kurulu modüllerin %50'si ve sistemin kalan komponentlerinin %10'u ithal edilmektedir. Üretilen modüllerin %20'si ve sistemin kalanlarının %30'u ihraç edilmektedir.

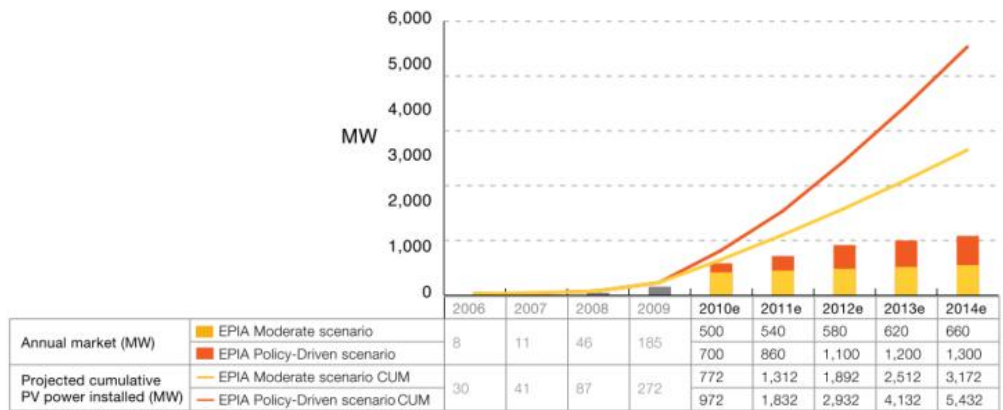
Yerli imalat ve endüstri de doğrudan bir teşvik yoktur. Çekici bir yatırım ortamı oluşturularak istihdamı da cezbedici hale getiren bir pazar oluşturulmuştur. Bu da FIT (şebekeye satış tarifesi), finansal destek (devlet bankaları ve özel bankalar) ve güvenilir bir yasal mevzuat ile sağlanmıştır. Özellikle küçük ölçekli sistemlere yapılan daha yüksek tarifeli destek, daha fazla istihdam yaratılmasına vesile olmuş, yerli üretilen ürünleri teşvik için ilave bir fiyat uygulaması olmamıştır.

Sistemlerde kullanılan ürünlerin uluslararası standart ve teknik yönetmeliklere uygunluğu ise özellikle modül ve inverterler için IEC, CE ve TÜV standartları istenmektedir. Özel bir Alman Standardı yoktur. Almanya’da fotovoltaik sektöründe 2010 yılı verilerine göre 70.000 kişi istihdam edilmiştir.

6.1.3. Fransa

Fransa’nın mevcut Fotovoltaik Kurulu gücü 2015 yılı sonu itibariyle 129.310 MW seviyelerine ulaşmış ve enerji pazar istikrarlı bir şekilde geliştirilmiştir.

Tablo 6.7. Fransa’nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

Tablo 6.8. Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemlerinden Elde Edilen Enerjinin kW Fiyatı.

Kurulum Tipi	Güç	€ cent/kWh
BIPV (Konutlar, Hastaneler, Okullar)	Sınırsız	58
BIPV (Ticari, Endüstriyel, Tarımsal Alan)		50
Basit Entegrasyon		42
Yere Montaj	≥ 250 kW	31.4 – 37.7
Yere Montaj	≤ 250 kW	31.4

Kaynak: (Gensed, 2010)

2010 Şubat ayında çıkan yeni FIT tablosuna göre FIT rakamları uygulama çeşidi ve uygulama yapılan binaya göre değişiklik göstermektedir. Bina cephelerinde yapılan BIPV uygulamalardaki FIT fiyatı konut, sağlık merkezi ve eğitim merkezi gibi yerlere kuruluyorsa 58 € cent, ancak ticari, endüstriyel, ofis binaları ve tarımsal alanlarda kuruluyorsa 50 € cent olarak belirlenmiştir. Daha basit bir şekilde çatıya entegre edilen sistemlerde ise uygulama yerine bağlı olmayarak 42 € cent fiyatı geçerlidir.

Yer üzerinde kurulan sistemlerde ise 250 kW'a kadar olan sistemlerde 31.4 € cent, 250 kW'tan büyük sistemlerde ise güneş değerlerindeki fark dikkate alınarak bölge değişikliğine göre 31.4-37.7 € cent aralığındaki fiyatlar geçerli olmaktadır.

20 yıl süre ve sabit tarife miktarı ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vardır. Enflasyona fiyat endeksi vardır. Fransa Hükümeti yerel pazarın gelişmesi adına oldukça yüksek FIT rakamları ve %40-50 arasında değişen vergi indirimleri vermektedir. Uygulamalarda görülen problemler genel olarak prosedürlerin uzun olması olarak gösterilmektedir.

Fransa, vermiş olduğu FIT fiyatlarını sürekli revize etmekte ve pazarın gelişimini yakından takip etmektedir. Buna bağlı olarak da pazarda sürekli olarak bir FIT düşüş beklentisi bulunmaktadır. 2003 senesinde belirlenen 500 MW'lık 2010 hedefi, 2009 yılında 5.4 GW olarak yenilenmiştir. Fiyatların bir sene arayla geçerli olduğu ülkede, toplam kurulu güç ise 129.310 MW olmuştur.

2003-2004 yılına tüm ülkede toplam 10 firma varken, çıkarılan yasalar ve sağlanan desteklerle şu anda sadece malzeme üretimi yapan 40'a yakın firma bulunmaktadır. O senelerde hükümetin güneş enerjisine desteğini almak büyük bir başarıyken şu anda 2020 hedefinin 5.4 GW olarak belirtilmesi ve pazarda bu rakamın 7 GW'a çıkacağı düşüncesi Fransa pazarının istikrarını ortaya koymaktadır.

Tam rakamlar bilinmese de, 2009 yılındaki yerel üretim 2003 yılındaki yerel üretimin 6 katı büyüklüğüne ulaşmıştır. Ülke özellikle Afrika kıtasındaki pazarlara hakim olmakla beraber, ithalat/ihracat oranı bilinmemektedir.

Ülkede BIPV teknolojisine büyük destekler verilmektedir. Fransa BIPV sektöründe dünyada lider olma hedefindedir. Santral projelerindeki destek daha az tutulmaktadır, "*çünkü mimari ve bina verimliliği*" konusu Fransa'nın ilk hedefidir. Böylece, dünyada çok da yaygın olmayan bu sektör Fransa "da doğarak tüm dünyaya yayılacak ve yerel sanayi de bundan faydalanacaktır.

Koyulan hedefler ve 2009'daki kriz düşünülürse çatı ve BIPV uygulamaları başarılı denebilir. Hükümet de bu uygulamalara olan desteğini ara vermeden sürdürmektedir. Maliyetler ülke genelinde faturalara yansıtılan rakamlarla fonlanmaktadır. Yerel üretimin gelişmesi adına BIPV teknolojisine verilen destek oldukça yüksektir. Sektörde 2008 yılında 4.000, 2009 yılında 6.000, 2012 yılında ise, 12.000 kişi istihdam edilmiştir. (Gensed, 2010)

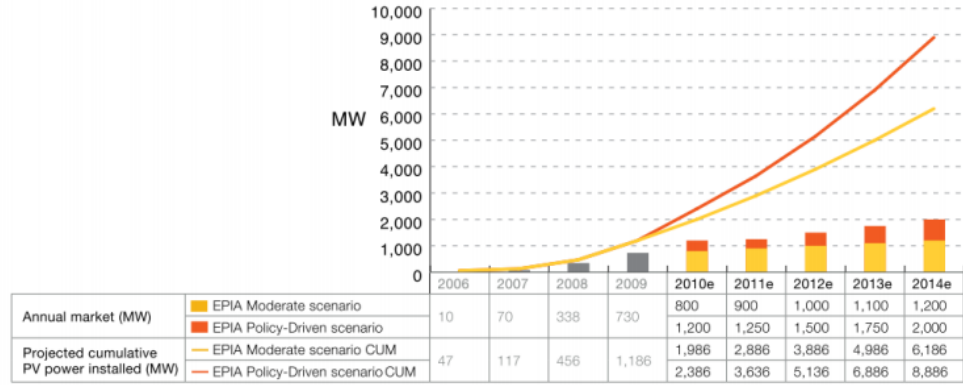
6.1.4. İtalya

2006 yılındaki mevcut kurulu gücü 10 MW olan İtalya'da Yenilenebilir Enerji Kanunu ile birlikte, 2008 yılından itibaren bu gücün arttığı gözlemlenmektedir. Ülkede 2009 yılında 730 MW kurulum gerçekleşmiş olup toplam kurulu güneş enerjisi 1186 MW'a ulaşmıştır. İtalyan yenilenebilir enerji sektörü birliği ANIE Rinnovabili tarafından yapılan açıklamaya göre ülkedeki kurulumların toplam sayısı 648.183'e, toplam güçleri ise 18.325 MW'a ulaşmıştır.

2014 yılındaki artışta 3 kW ila 6 kW arasında güce sahip olan kurulumların payı 123,6 MW olurken, 20 kW ila 200 kW arasındaki güce sahip sistemlerin payı ise 97,98 MW olarak gerçekleşmiştir. İtalya 2014 yılında elektrik üretiminin yüzde 8,7'sini güneş enerjisinden sağlamıştır.

İtalya güneş tablosu aşağıda görülmekte olup İtalya'nın güneyi güneş enerjisi açısından daha fazla potansiyel taşımaktadır. Buna rağmen, İtalya'da güney bölgelerdeki şebeke altyapısı ve şebekeye bağlanma problemleri nedeniyle yatırımlar daha fazla Kuzey İtalya'da gerçekleşmektedir.

Tablo 6.9. İtalya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

Tablo 6.10. İtalya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.

Güç	Arazi € cent	Çatıya Montaj € cent	Binaya Entegre € cent
1-3 kW	38.4	42.2	47.0
3-20 kW	36.5	40.4	44.2
> 20 kW	34.6	38.4	42.2

Kaynak: (Gensed, 2010)

İtalya'da 20 yıl süre ve sabit tarife miktarı ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vardır. Enflasyona fiyat endeksi vardır. Destek fiyatında yıllık %2 azalma görülmektedir. KDV %20'den %10'a düşürülmüş ve emlak vergisi indirimi uygulanmaktadır.

2011 yılında devlet 4 aylık dönemlerle değişmekte olan bir teşvik sistemi uygulayarak yatırımların daha iyi hesaplanmasını ve projelerin gecikmesini önlemektedir. Aksi takdirde projelerin onaylanması, şebekeye bağlanması gibi konularda birikme yaşanmakta ve bürokratik zorluklar çıkmaktadır.

Tablo 6.11. İtalya’da 2011-2012 Yılları Arasında Üretilen Enerji/kWh Fiyatı.

Güç	Ocak-Mayıs 2011		Mayıs-Eylül 2011		Eylül 2011- Ocak 2012	
	Çatı €/kWh	Arazi €/kWh	Çatı €/kWh	Arazi €/kWh	Çatı €/kWh	Arazi €/kWh
$1 \leq p \leq 3$	0.402	0.362	0.391	0.347	0.380	0.333
$3 < p \leq 20$	0.377	0.339	0.360	0.322	0.342	0.304
$20 < p \leq 200$	0.358	0.321	0.341	0.303	0.323	0.285
$200 < p \leq 1000$	0.355	0.314	0.335	0.309	0.314	0.266
$P > 100$	0.351	0.313	0.327	0.289	0.302	0.264

Kaynak: (Gensed, 2010)

2012-2013 yılları için yıllık %6 düşüş öngörülmüştür. İtalya’da ilgili Conto Energia kanununda güneş elektriği lisansları ve kurulumu için 1200 MW sınırlama getirilmiştir. 1200 MW ’ı aştıktan sonra 14 ay içerisinde yapılan başvurular da hala ilgili teşvikten yararlanabilmektedir. İtalya’da devlet 1200 MW ’lık sınırlamayı 2011 yılında 3000 MW ’a çıkaran yeni bir düzenleme tasarısı açıklamıştır. Hedef 2020 yılında toplam 8000 MW Kurulu güce (güneş enerjisinden üretilen elektrik gücü) ulaşmaktır. Kaynak: (Gensed, 2010)

2009 yılı itibariyle İtalya’da güneş elektriği konusunda;

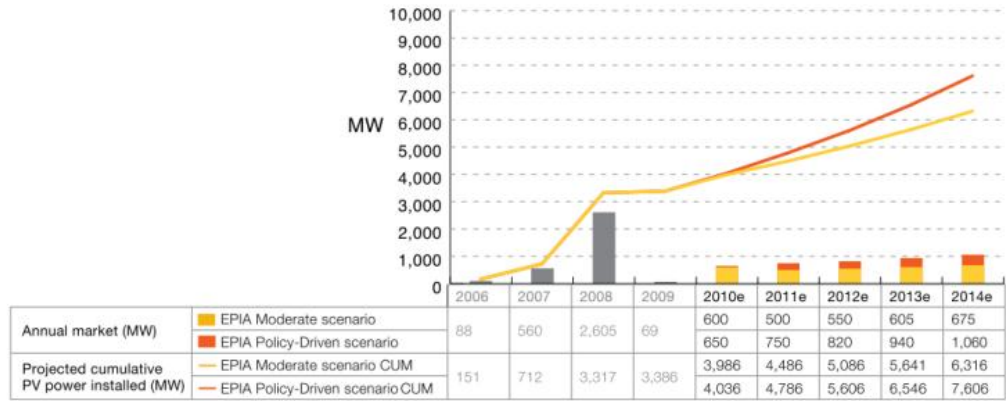
- 1,5 milyar € malzeme, ekipman ve teknoloji giderleri (125 firma) tarafından sağlanmıştır.
- 1 milyar € hücre ve wafer giderleri (51 firma, 46 yabancı, 5 yerli yatırımı olan yabancı firma)
- 1,4 milyar € modül üretimi (73 firma, 33 yabancı, 11 yerli yatırımı olan yabancı, 29 yerli)
- 2,3 milyar € dağıtım ve kurulum giderleri (350 firma, 87 yerli yatırımcı olan yabancı, 262 yerli)
- 1,8 milyar € finans ve sigorta giderleri olmuştur. (430 banka)

- 65 milyon € ticaret olmak üzere toplam 8,6 milyar € luk bir iş hacmi gerçekleşmiştir. (Politecnico di Milano Üniversitesi)

6.1.5. İspanya

İspanya hükümeti 25 yıl süre ve sabit tarife miktarı ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vermektedir. Aşağıdaki tabloda üretilen enerji miktarları yer almaktadır.

Tablo 6.12. İspanya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

İspanya da 2009-2011 yılları arasında uygulanacak teşvik rakamları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 6.13. İspanya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.

Güç	Tarife-2009 € cent	CAP-2009 MWp	Tarife-2010 € cent	CAP-2010 MWp	Tarife-2011 € cent	CAP-2011 MWp
< 20 kW	34	27	31,3	30	28,8	33
20-2000 kW	32	240	29,4	265	27,1	292
> 2000 kW	32	233	27,8	207	24,1	162

Kaynak: (Gensed, 2010)

2008 yılındaki yüksek teşvik rakamı, güneş ışınımı değerlerinin diğer Avrupa ülkelerine nazaran yüksek olması, 25 yıllık alım garantisi gibi sebeplere ekonomik krizin ve ülkedeki özellikle inşaat sektörünün negatif etkisinin de eklenmesiyle 2009 yılında kurulumlar ve mevzuat askıya alınmıştır.

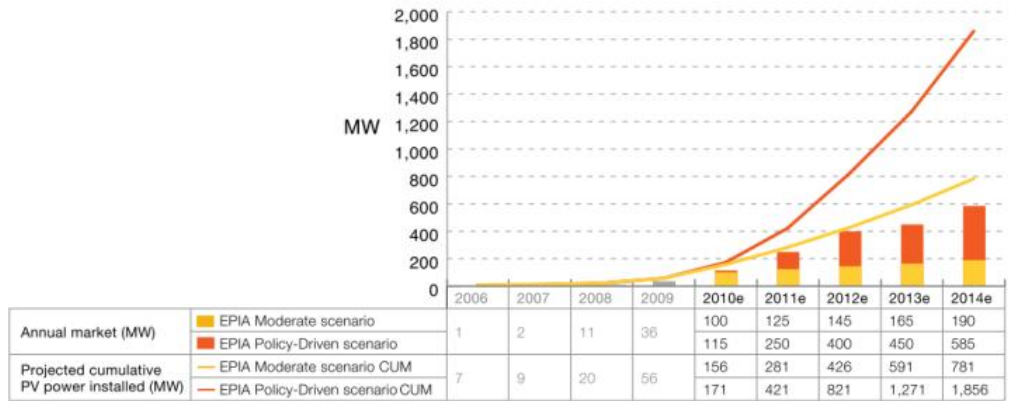
Ayrıca CAP konması da sektörü etkilemiştir. Bir anda kurulumlarda yığılma olması, düşük kalitedeki ürünlerin özellikle büyük santral sistemlerinde kullanılmasına ve problemlere sebep olmuştur. (Gensed, 2010)

Yerli üretimi desteklemek amacıyla ek teşvikler uygulanmış, yatırımlar için gelir vergisinden %10 indirim (2003 Nisan ayından itibaren) ve PV sistemlerin maliyetinin %6'sı vergiden direkt düşürülerek (2006 Kasım ayından 2011 Ocak ayına kadar) sektör teşvik edilmeye çalışılmıştır. Ülkede sektördeki istihdam ise %32 üretim ve dağıtım, %38 uygulama, %30 operasyon ve bakım olmak üzere toplam 36.000 kişiye istihdam sağlanmıştır. Ülke yenilenebilir güneş enerjisinde 2009 yılında 3.27 milyar € bir pazar büyüklüğüne ulaşılmıştır.

6.1.6. Yunanistan

Yunanistan'da 20 yıl süre ve sabit tarife miktarı ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vardır. Enflasyona göre fiyat endeksi vardır. 2010 Ağustos ayından geçerli olmak üzere %5 teşvik indirimi bulunmaktadır.

Tablo 6.14. Yunanistan'ın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

Tablo 6.15. Yunanistan’da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.

GÜÇ	Anakara € cent	Adalar € cent
<100 kW	45	50
>100 kW	40	45

Kaynak: (Gensed, 2010)

Tablo 6.16. Yunanistan’da Üretilen Enerjinin Yıllara Göre Güç Dağılımı.

Year	Month	Mainland Grid		Autonomous island grids	
		>100 KWp	≤100 KWp	>100 KWp	≤100 KWp
2009	February	400.00	450.00	450.00	500.00
2009	August	400.00	450.00	450.00	500.00
2010	February	400.00	450.00	450.00	500.00
2010	August	392.04	441.05	441.05	490.05
2011	February	372.83	419.43	419.43	466.03
2011	August	351.01	394.88	394.88	438.76
2012	February	333.81	375.53	375.53	417.26
2012	August	314.27	353.56	353.56	392.84
2013	February	298.38	336.23	336.23	373.59
2013	August	281.38	316.55	316.55	351.72
2014	February	268.94	302.56	302.56	336.18
2014	August	260.97	293.59	293.59	326.22
Year 'n' from 2105 onwards SMC = System Marginal Cost		1.3*SMC _{n-1}	1.4*SMC _{n-1}	1.4*SMC _{n-1}	1.5*SMC _{n-1}

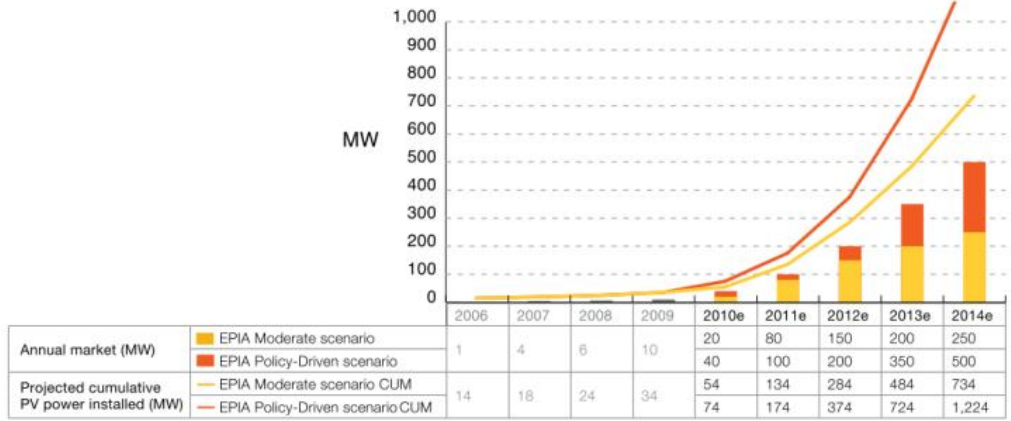
Kaynak: (Gensed, 2010)

Yerli üretim için 3.7 GWp PV projesi devlette onay beklemektedir. Enerji kurumu ekonomik krizden dolayı 20 kWp üstündeki sistemlerin kabulünü durdurmuştur. Politik sebeplerle ülkedeki mevzuatın işlemleri çok yavaş ve kriz sebebiyle sektörün şu andaki durumu belirsizdir. (Gensed, 2010)

6.1.7. İngiltere

25 yıl süre ve yıllık %7 azaltılmış tarife ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına teşvik uygulaması Nisan 2010 yılında başlamıştır. Yatırımlara vergi indirimi vardır ve yıllık enflasyon eklenmektedir. Ülkede henüz yeni başlayan yenilenebilir enerji sektöründe önümüzdeki 5 yıl içinde 20.000-30.000 kişilik istihdam oluşacağı beklenmektedir. (Gensed, 2010)

Tablo 6.17. İngiltere'nin Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

Tablo 6.18. İngiltere'de Üretilen Birim Enerjinin Alım Fiyatı.

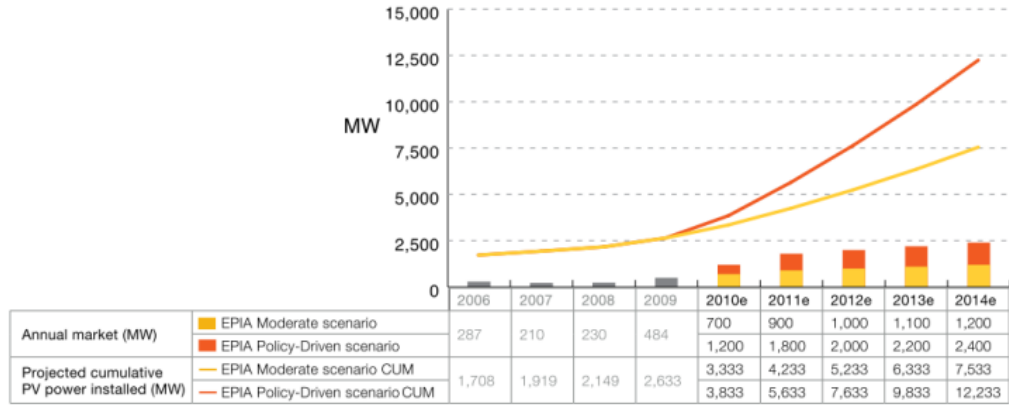
Sistem tipi ve büyüklüğü	Tarife 2010/11 (1.4.2010 - 31.3.2011)
<=4kWp yeni binalar	36,1 GBP Cts/kWh = 39,7 €Ct/kWh
<=4kWp mevcut binalar	41,3 = 45,4
>4kWp <=10kWp	36,1 = 39,7
>10kWp <=100kWp	31,4 = 34,5
>100kWp <=5MWp	29,3 = 32,2
Yere montaj („şebekeden bağımsız“)	29,3 = 32,2
Ekstra bonus (ihtiyaç fazlası)	3,0 = 3,3
RO'dan FiT'e dönüştürülen sistemler	9,0 = 9,9

Kaynak: (Gensed, 2010)

6.1.8. Japonya

Japon hükümeti 10 yıl süre ve sabit tarife oranı ile fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğe alım garantisi vermektedir. Ülkede 10 yıllık alım garantisi büyük bir talep oluşturmuştur. Kasım 2009'da yürürlüğe giren alım garantisi sebebiyle yoğun bir talep olmuş ve başvuruları sırada bekleyen birçok ev ve ofis projesi vardır. (Gensed, 2010)

Tablo 6.19. Japonya'nın Mevcut Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.



Kaynak: (Gensed, 2010)

Tablo 6.20. Japonya'da Üretilen Enerjinin kW Fiyatı.

Güç	Tarife	FIT
Konut Çatıları < 10Kw	70.000 JPY (Yaklaşık 790\$)/kW	48 JPY (53.9 \$cent)/kWh
Ticari Ve Kamu Çatıları 10-500 kW	*Çeşitli	24 JPY (27 \$cent)/kWh

Kaynak: (Gensed, 2010)

Ülkenin elektronik endüstrisindeki gücü nedeniyle özellikle hammaddeden modül üretimine kadar tüm alanlarda büyük firmaları mevcuttur. Bu firmalarda aynı zamanda küresel firmalardır ve ithalattan ziyade ihracat daha ağırlıktadır.

6.2. Türkiye'deki Teşvikler

Bugüne kadar Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, hidroelektrik santrallerle ve bazı yeni kurulmuş rüzgar enerjisi projeleriyle sınırlıydı. 2000 yılından beri hidroelektrikle yapılan üretim neredeyse ikiye katlanmış ve 2012 yılında 58 GWh seviyesine ulaşmıştır. Öte yandan diğer yenilenebilir kaynaklardan yapılan üretim çok düşük bir seviyeden başlamak suretiyle katlanarak artmış ve 2012 yılında 7 GWh 'in üzerine çıkmıştır. Yine de yenilenebilir enerji Türkiye'de yeterince yararlanılmayan bir kaynak olarak kalmıştır.

Tablo 6.21 de, Türkiye’deki yenilenebilir enerjinin teknik potansiyelini göstermektedir. Türkiye jeotermal enerji bakımından Avrupa’da en yüksek potansiyele sahip ülkedir; rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisi ile kullanılabilir biokütle ve hidroelektrik kaynaklarında ise en yüksek potansiyelli ülkelerden birisidir. (Acar, Kitson ve Bridle, 2015)

Tablo 6.21. Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Teknik Potansiyeli. (MW)

Jeotermal enerji	Biokütle enerjisi	Fotovoltaik-Güneş enerjisi	Rüzgâr enerjisi	Hidroelektrik enerjisi
31,500	16,000	3,871,500	114,000	6,800

Kaynak: Jeotermal enerji verisi Barış&Küçükali (2012)’den, diğer veriler UNDP (2014)’ten alınmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik teşvikler hükümetin enerji sektörüyle ilgili planlarında yer almaktadır. 2012 yılında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı %30’dan düşük olmuştur. Bu payın, 2030 itibariyle üretimin üçte birine ulaşması beklenmektedir. Yenilenebilir enerjiler arasında rüzgar ve güneş enerjisinin payının yükseleceği tahmin edilmektedir. 2016 yılı ocak ayı verilerine göre Türkiye’nin güneş enerjisi kurulu gücü 327.64 MW seviyesine ulaşmıştır.

Hükümet, 2023 yılına kadar güneş enerjisi kurulu gücünü 3,000 MW’a çıkarmayı, hedeflemektedir. Yenilenebilir enerji projelerini geliştiren şirketler, projelerin önüne hem teknik hem siyasi engeller çıkaran ruhsat ve onay prosedürleriyle baş etmek zorunda kalmaktadır. Bunun yanında, ürettiklerini satabilmek için üretilen projeler, elektrik şebekeleriyle bağlantı tesis etmeli ve bir elektrik satınalma anlaşmasına (PPA) sahip olmalıdır. Kişisel anlatılara dayalı raporlar, düzenleyici sistemin ve satınalma anlaşmalarının ulaşılabilirliğinin, yenilenebilir enerji projelerinin önünde halihazırda önemli bir engel teşkil ettiğini ortaya koymaktadır. Bu engeller proje geliştirilmesini engellemese bile projelendirme maliyetlerini arttırmaktadır.

Bu durum, yenilenebilir enerjinin enerji maliyetini, diğer ülkelere göre daha yüksek hale getirmektedir. (Acar, Kitson Ve Bridle, 2015)

6.2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Teşvikleri

2001 yılında Türkiye, 4628 No.lu Elektrik Piyasası Kanunu’nu çıkarmıştır. Bu kanun yenilenebilir enerjiye dair iki tedbir getirmiştir. Birinci olarak kanun; ruhsat alma ve yıllık aidatlarla ilgili harcamaları düşürerek ruhsat maliyetini azaltmıştır. İkinci olarak; Türkiye Elektrik İletim AŞ’ye (TEİAŞ) yenilenebilir enerji tesislerinin sisteme bağlanmasına öncelik verme zorunluluğu getirmiştir. Türkiye, yenilenebilir enerjiye özel ilk kanununu Mayıs 2005’te çıkarmıştır (5346 No.lu Kanun). Bu kanun; yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen elektrik için 10 yıl boyunca megawatt-saat başına 225 € oranında tarife garantisi (FIT)^{1,2} sağlamıştır. Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında tarife garantisindeki düşük oran ve sınırlı süre göz önüne alındığında, yatırımcılar yatırım yapmamayı ya da ürettiklerini spot piyasasında satmayı tercih etmişlerdir.³ 2010 yılında yasada bir değişiklik yapılmış; teknoloji türüne göre tarifeler farklılaştırılmış ve yerli teknoloji kullanan projelere faaliyetlerinin ilk 5 yılında ödenmek üzere prim ödemesi getirilmiştir.⁴ Tablo 6.22, uygulanan standart tarifeyi ve yerli içeriğe bağlı olarak gerçekleştirilecek en yüksek tarifeyi göstermektedir. (Acar, Kitson ve Bridle, 2015)

1 Tarife garantisi veya alım garantisi (FIT), bir idari kurum tarafından belirlenen ve genellikle şartları sağlayan enerji üreticilerine kilowatt-saat başına yapılan sabit nakit ödemelerdir. Republic of Turkey. (2005). Law on Utilization of RES for the Purpose of Generating Electrical Energy. Retrieved from http://www.eie.gov.tr/eie-web/english/announcements/YEK_kanunu/LawonRenewableEnergyReources.pdf

2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (2005) Kanun No. 5346; Kabul Tarihi: 10/5/2005; Yayımlandığı R.Gazete: Tarih: 18/5/2005 Sayı: 25819 (http://www.eie.gov.tr/eie-web/english/announcements/YEK_kanunu/LawonRenewableEnergyReources.pdf)

3 Türkiye’deki tarife garantisi sistemi, genellikle 15 yıl boyunca tarife garantisi veren çoğu AB ülkesiyle karşılaştırıldığında rekabetçi değildir.

4Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun (29 Aralık 2010) Kanun No. 6094.

Tablo 6.22. Yenilenebilir Enerji İçin Tarife Garantisi. (\$cent/kWh)

	fiyat	İç üretim	Maksimum teşvik
Hidroelektrik	7.3	2.3	9.6
Rüzgar	7.3	3.7	11
Jeotermal	10.5	2.7	13.2
Biokütle	13.3	5.6	18.9
Fotovoltaik - Güneş	13.3	6.7	20
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi (CSP)	13.3	9.2	22.5

Kaynak: Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun (29 Aralık 2010) Kanun No. 6094.

Türkiye'nin 2023 yılı için güneş enerjisi hedefi 3 GW'tır. Türkiye'nin verimli doğal kaynakları düşünüldüğünde bu düşük bir hedeftir. Tablo 4'te gösterilen güneş enerjisi alım garantisi oranları; Almanya, Filipinler ve Yunanistan'ın sağladığı oranlardan düşüktür. Bu da Türkiye'nin güneş enerjisinin geliştirilmesi için yeterli isteğe sahip olmadığını göstermektedir. 10 yıllık tarife garanti süresi, AB üyesi ülkelerin çoğunluğu tarafından güneş enerjisi için sağlanan 15 yıllık süreden daha kısadır. Türkiye'nin ilk fotovoltaik güneş enerjisi ihalesine yapılan başvurular, toplamda 9 GW seviyesinde gerçekleşmiştir. İhale Temmuz 2013 tarihinde 600 MW seviyesinde kapanmıştır. Bu da teklif sahiplerinin %7'sinden az bir kısmının tarife garantisi sisteminden faydalanabileceği anlamına gelmektedir. (BNEF, 2014)

2013 sonu itibariyle, 136 işletme tarife garantisi için başvurmuştur; bu da neredeyse 3 GW 'lık bir toplam güce tekabül etmektedir. Bu gücün 1,2 GW 'ı rüzgar enerjisi, yine 1,2 GW 'ı güneş enerjisi sektörüne ait olup kalanı da jeotermal ve biokütle arasında dağılmıştır (Gözen, 2014).

Bunlara ek olarak, yenilenebilir enerji yatırımları Genel Yatırım Teşvik Planı kapsamında sübvansede edilmektedir. Bu plan, yatırımın 6. Bölge'de yapılması şartıyla projelere, KDV muafiyeti, gümrük vergisi muafiyeti ve gelir vergisi stopaj desteği sağlamaktadır.

Yenilenebilir enerji projelerinin geliştirilmesi ve faaliyetlerinin kolaylaştırılması amacıyla, ruhsatlanma süreci, arazi tahsisi ve elektrik alımı konularını da kapsayan finansal veya diğer destekler verilmesi de öngörülmüştür. (Tablo 6.23) (Acar, Kitson ve Bridle, 2015)

Tablo 6.23. Yenilenebilir Enerji İçin Sağlanan Teşvikler.

	2005	2007	2008
Fiyat Desteği	Satış Fiyatı (TL) Bakanlar Kurulu bu fiyatı her yılın Başında en fazla % 20 oranında artırmaya yetkilidir.	Türkiye Ortalama Elektrik Satış Fiyatı (TL) Uygulanacak bu fiyat 5,0-5,5 € cent/kWh karşılığı TL'dir.	
Alım Garantisi	Alım zorunluluğu perakende satış Lisansı sahiplerinin bir önceki takvim yılına ait pazar payından daha düşük olamaz. Yeterli arz olması halinde bu oran % 8'den daha az olamayacaktır.	Alım zorunluluğu perakende satış lisansı sahiplerinin bir önceki takvim yılına ait pazar payından daha düşük olamaz.	
Arazi Kullanımı İçin Destek	Orman veya Hazine arazileri için; 2011'e kadar; izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerine % 50 indirim uygulanır.	Orman veya Hazine arazileri için; 2011'e kadar; izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma için bedellerine % 85 indirim uygulanır.	Orman vasıflı olan veya Hazine arazileri için; 2012'ye kadar; izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma için bedellerine % 85 indirim uygulanır.
Destek Süresi	Maksimum 7 yıl	Maksimum 10 yıl	

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü

Tarife garantisi ile sağlanan etkin teşvik, elektriğin piyasa fiyatıyla tarife garantisinin değeri arasındaki farka eşittir. Teşvik politikaları olmasaydı, yenilenebilir enerji üreticileri ürettiklerini elektrik toptan satış piyasasında satabileceklerdi. Alabilecekleri fiyat, elektriğin üretildiği zamanki piyasa fiyatına bağlı olacaktı. Tarife garantileri, üreticilere bütün ürünleri için geçerli sabit bir fiyat sunmak suretiyle, belli oranda bir güvence sağlamaktadır. Eğer tarife garantisi toptan satış fiyatının üzerindeyse, bu ödemeler bir teşvik sayılabilir. Tarife garantileri toptan satış fiyatlarıyla karşılaştırılabileceği için bu teşvik türü ölçülebilir. Bunun yanı sıra, toptan satış fiyatının neden olacağı gelir riskini azaltması bakımından, tarife garantilerinin getirdiği belirlilik ek bir avantaj sağlamaktadır. (Acar, Kitson ve Bridle, 2015)

Türkiye'de 2012 yılı sonunda tahminen 10 MW 'lık kurulu güneş pili mevcuttur. Bu sistemler, genelde şebekeden bağımsız olarak çalışan, sinyalizasyon, aydınlatma, katodik koruma, haberleşme gibi sistemlerdir.

2011'de ilan edilen teşvikli fiyatlar ve 10 yıllık alım garantisiyle birlikte hızlı bir artış olmuştur. 29/12/2011 tarih ve 6094 sayılı yenilenen YEK Kanunu ile 2013 yılının sonuna kadar Tablo 6.24'te belirtilen iller için lisanslı elektrik kapsamında belli kapasitelerde fotovoltaik sistemlerinin toplam 600 MW'lık kurulumu öngörülmüş fakat bu hedef tutturulamamış hedef 2016 Ocak ayı itibariyle 327,64 MW seviyelerinde kalmıştır. Yeni yasal düzenleme ile fotovoltaik ve ısı sistemlerinden yerli üretim malzemelerin kullanıldığında 13,3 \$/cent olarak ilan edilen fiyatın, 20 \$/cent'e kadar yükseltilmesi söz konusudur. (Altuntop ve Erdemir. 2013)

Tablo 6.24. 2013 Yılına Kadar Kurulmasına Karar Verilen 600 Mw 'lık Fotovoltaik Elektriğinin İllere Göre Dağılımı.

Şehir	PV Kapasitesi (MW)	Şehir	PV Kapasitesi (MW)	Şehir	PV Kapasitesi (MW)
Konya-1	46	Niğde- Nevşehir- Aksaray	26	Şırnak	11
Konya-2	46	Kayseri	25	Adana- Osmaniye	9
Van-Ağrı	77	Malatya- Adıyaman	22	Muş	9
Antalya-1	29	Hakkari	21	Siirt- Batman- Mardin	9
Antalya-2	29	Muğla- Aydın	20	Sivas	9
Karaman	38	Isparta- Afyon	18	Elazığ	8
Mersin	35	Denizli	18	Şanlıurfa- Diyarbakır	7
K.maraş- Adıyaman	27	Bitlis	16	Erzurum	5
Burdur	26	Tunceli- Bingöl	11	Erzincan	3

Kaynak: 6094 Sayılı YEK Kanun Ve Bu Kanun Çerçevesinde Yayımlanan 28022 Sayı Ve 11 Ağustos 2011 Tarihli Bakanlık Tebliği, 2011, Ankara.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne hazırlanan, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük toplam 4,2 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizde 2012 yılı itibari ile toplam kurulu güneş kolektör alanı yaklaşık 18.640.000 m² olarak hesaplanmıştır. Yıllık düzlemsel güneş kolektörü üretimi 1.164.000 m², vakum tüplü kolektör ise 57.600 m² olarak hesap edilmiştir. Üretilen düzlemsel kolektörlerin %50'si, vakum tüplü kolektörlerin tamamı ülke içerisinde kullanıldığı bilinmektedir. 2012 yılında güneş kolektörleri ile yaklaşık olarak 768.000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı enerjisi üretilmiştir. Üretilen ısı enerjisinin, 2012 yılı için konutlarda kullanım miktarı 500.000 TEP, endüstriyel amaçlı kullanım miktarı 268.000 TEP olarak hesaplanmıştır.

2013 Yılı lisanslı elektrik üretimi için EPDK'ya yapılan başvuruların teknik değerlendirme çalışmaları devam etmekte olup, bu ilk safhada 600 MW kurulu güce fotovoltaik santral lisansı verilecektir. Önümüzdeki yıllarda kademeli olarak kapasite artırılabacak ve Bakanlığımızın 2023 hedefine göre; en az 3000 MW lisanslı fotovoltaik santral kurulu gücüne ulaşılacaktır.

Tablo 6.25. Türkiye'nin Kuruluşlara Göre Güncel Enerji Kurulu Gücü Ve Santral Sayısı.

KURULUŞLAR	2015 YILI SONU			31 OCAK 2016 SONU İTİBARIYLA		
	KURULU GÜÇ MW	KATKI %	SANTRAL SAYISI ADET	KURULU GÜÇ MW	KATKI %	SANTRAL SAYISI ADET
EÜAŞ+EÜAŞ'A BAĞLI ORTAKLIK SANTRALLAR	20.322,6	27,8	77	20.322,6	27,7	77
İŞLETME HAKKI DEVREDİLEN SANTRALLER	946,2	1,3	60	946,2	1,3	60
YAP İŞLET SANTRALLER	6.101,8	8,3	5	6.101,8	8,3	5
YAP İŞLET DEVRET SANTRALLER	2Ç309,3	3,2	17	2.309,3	3,1	17
SERBEST ÜRETİM ŞİRKETLERİ	43.129,8	59,0	954	43.366,8	59,1	958
OTOPRODÜKTÖR SANTRALLERİ	26,4	0,0	5	26,4	0,0	5
LİSANSIZ SANTRALLER	310,7	0,4	396	345,3	0,5	444
TOPLAM	73.146,7	100,0	1514	73.427,4	100,0	1.566

www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls

Tablo 6.26. Türkiye'nin Enerji Türlerine Göre Güncel Enerji Kurulu Gücü Ve Santral Sayısı.

YAKIT CİNSLERİ	2015 YILI SONU			31 OCAK 2016 SONU İTİBARIYLA		
	KURULU GÜÇ MW	KATKI %	SANTRAL SAYISI ADET	KURULU GÜÇ MW	KATKI %	SANTRAL SAYISI ADET
FUEL-OİL+ASFALTİT+NAFTA+MOTORİN	851,0	1,2	18	851,0	1,2	18
TAŞ KÖMÜRÜ+LİNYİT	9.013,4	12,3	28	9.148,4	12,5	28
İTHAL KÖMÜR	6.064,2	8,3	8	6.064,2	8,3	8
DOĞALGAZ+LNG	21.222,1	29,0	233	21.227,6	28,9	235
YENİLEN.+ATIK+ATIKISI+PİROLİTİK YAĞ	344,7	0,5	69	344,7	0,5	69
ÇOK YAKITLILAR KATI+SIVI	667,1	0,9	23	667,1	0,9	23
ÇOK YAKITLILAR SIVI+DOĞALGAZ	3.684,0	5,0	46	3.684,0	5,0	46
JEOTERMAL	623,9	0,9	21	635,1	0,9	21
HİDROLİK BARAJLI	19.077,2	26,1	109	19.127,2	26,0	110
HİDROLİK AKARSU	6.790,6	9,3	451	6.790,6	9,2	451
RÜZGAR	4.498,4	6,1	113	4.533,6	6,2	114
TERMİK (LİSANSSIZ)	56,5	0,1	24	56,5	0,1	24
RÜZGAR (LİSANSSIZ)	4,8	0,0	9	7,3	0,0	10
GÜNEŞ (LİSANSSIZ)	248,8	0,3	362	290,0	0,4	409
TOPLAM	73.146,7	100,0	1.514	73.427,4	100,0	1.566

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amacıyla Kullanımına Dair Kanun (5346 sayılı Kanun) Türkiye’de yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesine yönelik bir plan oluşturmuştur ve bu plan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amacıyla Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun (6094 sayılı Kanun) ile değiştirilmiştir. Söz konusu teşvik ABD \$ bazında belirlenmiş olup ve lisans sahipleri bu tarifelerden sadece ilk 10 yıl boyunca (işletmeye giriş tarihinden başlayarak) ve 31 Aralık 2020’den önce işletmeye alınan tesisler için yararlanabilmektedir.

Fotovoltaik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için gerekli olan 5346 sayılı yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu 29.12.2010 tarihinde revize edilmiş ve 2013 de mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Son yıllarda fotovoltaik sistemlerin maliyetlerin düşmesi ve verimliliğin artması ile de yaygın kullanım olacağı düşünülmektedir. (Anonim. b.t.)

31 Aralık 2020 tarihinden sonra işletmeye girecek üretim tesisleri için uygulanacak sabit fiyat garantisi kapsamındaki tarifeler Bakanlar Kurulu tarafından belirlenecek, ancak bu tarifeler Kanunda mevcut belirlenen fiyatları geçemeyecektir. Her yıl yatırımcılar bu sabit fiyat garantisi planı ile elektrik piyasasında doğrudan satış seçenekleri arasında tercih yapabilmektedir. Ayrıca, ulusal sanayinin gelişimini teşvik etmek amacıyla yerli ürünlerin kullanımını özendirilmeye yönelik bir teşvik oluşturulmuştur.

2023 yılı sonuna kadar yaklaşık 5.000 MW ’lık kurulu güç kapasitesi hedeflenmektedir. Halihazırda, güneş teknolojilerinin yaygınlaşması sadece marjinal düzeyde kalmış durumdadır. Bununla birlikte, fotovoltaik teknolojisindeki gelişmeler sonucunda son yıllarda yatırım maliyeti düşmüştür. Bu nedenle, Türkiye’de güneş ışınımının yüksekliği de düşünüldüğünde, orta vadede güneş enerjisi için fotovoltaik teknolojisini teşvik etmek gerekmeyecektir. Dolayısıyla, Türkiye’de fotovoltaik teknolojisinin gelişiminde öncelikle finansal hususlardan ziyade 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu tarafından ilk etapta lisanslı üretim tesisleri için bağlantı kapasitesi olarak belirlenen 600 MW düzeyi belirleyici olmuştur.

Öte yandan yeni kapasitelerin ilan edilmesi süreci de devam etmektedir. Sabit fiyat garantisinin hedeflere ulaşmak için gereken süre ile ilişkilendirme imkanının değerlendirmeye alınması gerekmektedir.

Teşvik mekanizmalarının aşağıdaki programa göre geliştirilmesi değerlendirilmeye alınabilir:

1. Yenilenebilir enerji teknolojisi ile ilgili olarak üç yıllık dönem bazında bir yaygınlaşma düzeyi belirlenir. Bu dönem boyunca, bir sabit fiyat garantisi programı uygulanır (ABD \$/MWh).

2. Dönem sonundan önce hedefe ulaşılması halinde, dönemin kalan süresi ve bir sonraki dönem için daha düşük sabit fiyat garantisi programı uygulanır.

3. Dönem sonunda önce hedefe ulaşılamaması halinde, dönemin kalan süresi ve bir sonraki dönem için eşit veya daha yüksek düzeyde bir sabit fiyat garantisi programı uygulanır. Teşvik yenilenebilir enerji yaygınlaşma düzeyine göre dinamik bir şekilde uyarlanabilir. Bu mekanizma daha az teşvike ihtiyaç duyan (veya teşvike hiç ihtiyaç duymayan) teknolojilerin belirlenmesine olanak tanır.

Kaynak çeşidine özgü hedeflerin mevcudiyeti Arz Güvenliği Strateji Belgesine, ETKB 2010-2014 Stratejik Planına ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı tarafından yapılan diğer politika beyanlarına göre, 2023 yılı için yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin kullanımını teşvik etmeye yönelik hedefler şöyledir: (Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı 2014)

- Hidrolik : 34.000 MW
- Rüzgar : 20.000 MW
- Jeotermal : 1.000 MW
- Güneş : 5.000 MW
- Biokütle : 1.000 MW

6.2.2. Kanun'un Getirdiği Diğer Teşvikler

Yenilenebilir enerji yatırımlarındaki teşvikler sadece sabit alım fiyat garantisi ve yerli ekipman kullanımı ile sınırlı değildir. 10.05.2005 tarihli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi yasası uyarınca projelerin hizmet bedellerinden muafiyet, enerji üretim tesisleri ve araştırma ve geliştirme yatırımları gibi yatırım sürecinde olan projelerin yatırımcıları için çeşitli teşvikler sağlanmaktadır. Yasa yatırımcılara arazi kullanımı ile ilgili, vergi ve arazi kullanım bedellerinde indirim gibi avantajlarda sunmaktadır. Buna ek olarak Türkiye'de lisanslı elektrik üretiminin yanı sıra lisanssız elektrik üretimi de yapmak mümkün hale getirilmiş ve lisanssız elektrik üretiminin şartları da 02.10.2013 tarihinde yürürlüğe giren Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelikle belirlenmiştir.(Herdem Avukatlık Bürosu 2016)

Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik elde etme potansiyeli 380 milyar kW olmasına rağmen bu potansiyelin %1 inden dahi yararlanamamaktadır. Güneş enerjisinin su ısıtma amacıyla kullanılmasında dünyada ilk 3 te yer alan Türkiye, elektrik üretme amaçlı kullanılan sistemlere yatırıma ancak 2007 yılında başlamıştır. Güneş enerjisine ticari anlamda yatırım yapabilmesi devletin alım fiyatını yüksek tutarak teşvik etmesini gerekli kılmaktadır. Şu anda bulunan mevzuat 2005 yılında çıkarılan 25819 sayılı kanun ve 2001 yılında çıkarılan 4628 sayılı elektrik kanunu temelinde şekillenmektedir. Yapılan değişiklikler ile yenilenebilir enerjiden elde edilen elektriğe alım garantisi getirilmiştir. 500 kW tan az olan üretim tesisleri için lisans alma zorunluluğu ortadan kaldırılmıştır. 25819 sayılı yasa ile bu kaynaklardan elde edilen elektriğe alım garantisi getirirken, tarifeyi 5-5,5 € cent/kWh olarak belirlenmektedir. Ülkemizin güneş enerjisi yatırımlarından geri kalması bu durumun yanında, alım garantisi çok yüksek olan kurulum maliyetleride, yatırımcıları bu alandan uzak tutmaktadır.

Yeni yapılan düzenleme ile fotovoltaik güneş enerjisi alım fiyatları, ilk 10 yıl için 28€ sent/kWh, ikinci 10 yıl içinse 22 € cent/yıl kWh olması planlanmıştır. Sistemde üretilen fazla elektrik devlete satılabilmektedir. Ülkemize göre alım fiyatları, diğer ülkelerde daha yüksektir.

Örneğin Almanya'da 38 sent/kWh, Bulgaristan'da 36,5sent/kWh Yunanistan'da ise 45,82 sent/kWh dır. (yerebakan, 2010)

Şubat 2013'te, Bakanlar Kurulu tarafından TBMM'ye sevk edilen ve ilgili komisyondan geçen yeni kanun tasarısıyla lisanssız elektrik enerjisi üretim kapasitesi 0,5 MW 'dan 1 MW 'a (Bakanlar Kurulu kararıyla 2,5 MW) yükseltilmiştir. Yeni kanunun çıkmasıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda, çok büyük artış olmuştur.



7. BÖLÜM

SONUÇ

Geçmişten günümüze ve bugünden yarınlara yaşamın her alanında insanlık enerjiye ihtiyaç duymuş ve duyacaktır. Sanayi devriminden sonra dünyada yeni bir akım başlamış ve teknolojik gelişmeler hız kazanmıştır.

Dünyada kullanmış olduğumuz enerji kaynaklarının çoğu fosil tabanlı (kömür, petrol, doğalgaz gibi) enerji kaynaklarıdır. Yapılan yatırımlar, gelişen teknoloji ve endüstriler bu enerji kaynakları üzerine kurulmuştur. Bu kaynaklar tükenbilir enerji kaynaklarıdır. Kullanılan fosil tabanlı kaynakların yakılması sonucu atmosfere atık olarak salınan CO₂ gazı dünyamızı kirletmekte ve önlenemeyen ciddi çevre felaketlerine yol açmaktadır. Günümüzde dünya nüfusunun hızla artması, teknolojik yeniliklerin ve yatırımların çoğalması, sanayinin ve endüstrinin ilerlemesi ile birlikte enerji ihtiyacı her geçen gün artmıştır. Bugün dünyada gelinen nokta ise enerji savaşlarıdır.

Fosil (tükenbilir) enerji kaynaklarının hızla tükenmesi sonucu insanlık yeni arayışlara girmiştir. Dünyada kanıtlanmış petrol rezervi 1.7 trilyon varil civarında olup bu miktar 54 yıllık bir tüketimi karşılamaktadır. Doğalgaz rezervleri 2012 yılı sonunda 187.3 trilyon m³ olarak belirlenmiştir ve 55 yıllık bir tüketimi karşılamaktadır. Kömür 2012 yılı verilerine göre dünya rezervleri küresel üretimi 109 yıllık bir rezerve sahiptir. Bu durum karşısında tükenme olasılığı daha az olan ve çevreye zarar vermeyen alternatif enerji kaynakları araştırılmaya başlanmıştır. Fosil enerji kaynaklarına alternatif olan kaynaklar ise güneş, rüzgar, biyokütle, dalga, jeotermal, hidroelektrik (su gücü) gibi yenilenebilir ve çevreye zarar vermeyen ve/ya çok az zarar veren kendini yenileyebilen, temiz enerji kaynaklarıdır.

Sonsuz enerji kaynağı olan güneş, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en avantajlı olanıdır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi fotovoltaik adı verilen güneş hücreleri ile mümkündür.

Fotovoltaik güneş hücreleri güneş ışınlarını doğru akıma çeviren çeviricilerdir ve fotovoltaik güneş hücrelerinin hammaddesi güneş gibi doğada bol miktarda bulunan silisyumdur. Dünya üzerinde kullanılan enerjilere bakıldığında binalarda kullanılan enerji büyük bir paya sahip olduğu görülmüştür. Binalarda tüketilen enerji atıkları çevreye büyük oranda zarar vermekte ve fosil enerjilerin tükenmesine büyük oranda sebep olmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanımı büyük önem arz etmektedir. Güneşe dayalı enerji sistemlerinin binalarda kullanımı kaçınılmazdır.

Binalarda güneş enerjisinden yararlanma iki şekilde mümkündür. Aktif ve pasif olarak yararlanmadır. Pasif yararlanma binanın güneş ışınlarının geliş açısına göre konumlanmasıdır. Yapıda yapılacak ilave sistemlerle güneş ışınlarının ısı enerjisine dönüştürülerek yapıya verilmesidir. Aktif olarak yararlanma ise mekanik ve fotovoltaik sistemler ile mümkündür. Mekanik sistemlerde güneş kolektörleri ile su ısıtma sağlanmaktadır ve ülkemiz güneş kolektörü kullanımı bakımından dünyada 3. cü sıradadır. Fotovoltaik sistemler ile yararlanma ise güneşten gelen ışınlar doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülerek yapının tüm enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir. Mimaride fotovoltaik sistemler bina cephesinde ve çatılarda yaygın olarak kullanılabilir olanağı tespit edilmiştir. Mimaride çatılarda uygulanan fotovoltaik sistemler ile kullanılmayan alanlar değerlendirilmekte, enerji üretimi sağlanmaktadır. Bina cephesinde kullanılan fotovoltaik sistemler giydirmeye cepheler olarak uygulanmaktadır. Yarı saydam ve opak fotovoltaik camlar kullanılan cephelerde mekanın konfor koşulları sağlanarak tüketilen enerji miktarı azalmakta ve aynı zamanda enerji üretilmektedir.

Dünya üzerinde fotovoltaik sistemler ulaşımdan, sanayiye, konutlardan kişisel tüketim araçlarına kadar birçok alanda kullanılmaya başlanmış ve yaşamın her alanına girmiştir. Günümüzde otobüs duraklarında, sokak aydınlatmalarında, trafik sinyalizasyonlarında ve sokaklarda cep telefonu şarj istasyonlarında dahi kullanılabilir olmuştur.

Ülkemiz güneş enerjisine dayalı sistemlerin kullanılabilirliği açısından oldukça iyi durumdadır. Dünyada güneşe dayalı sistemlerin kullanımı her geçen gün artmakta ve yeni kullanım alanları geliştirilmektedir. Yıllık toplam güneşlenme süresi GEPA verilerine göre 2737 saat ve ortalama toplam ışınlama şiddeti 1527 kWh/m²-yıl olarak hesaplanmıştır. Bu kadar yüksek güneşlenme süresi olmasına karşın güneşe dayalı fotovoltaik sistemlerin kullanımı oldukça az olduğu görülmüştür. Avrupa'da güneşlenme süresi ise oldukça düşüktür. Almanya'nın güneşlenme süresi, ortalama 1600 saattir ve ışınlama şiddeti ise 930-1130 kWh/m²-yıl olarak ölçülmüştür. Buna karşın Almanya; Avrupa komisyonu JRC nin verilerine göre 2014 yılı sonu itibariyle tüketmiş olduğu enerjinin % 27 sini güneş enerjisinden sağlayarak rekor kırmıştır.

Dünyada fotovoltaik sistemlerin kullanımı hızlı bir şekilde artmakta ve çevreye yayılan atıklar ve zararlar da o ölçüde azalmaktadır. Özellikle ABD, Almanya, Japonya, İngiltere, Fransa gibi Avrupa ülkelerinde devletlerin fotovoltaik sistemleri desteklemesi ve teşvik etmesi ile birlikte bu sistemlere olan ilgiyi artırmıştır. ABD de çevre programları ve çeşitli yasal düzenlemeler ile üreticiler teşvik edilmektedir. Almanya'da 1989 yılında "1000 çatı programı" ile başlayan yenilenebilir enerjileri teşvik programı 1997 yılında "100 bin çatı programı" olarak güncellenmiş ve üreticiler ve tüketicilere çeşitli vergi indirimi ve üretilen enerjinin alım garantisi gibi destekler verilmiştir. Fransa devleti fotovoltaik sistemlerden üretilen enerjilere 20 yıl alım garantisi vermektedir. İspanya hükümeti ise 25 yıl alım garantisi ve yatırımlar için %10 gelir vergisi indirimi uygulamaktadır. Ülkemizde ise bu teşvikler birçok ülkeye göre daha az durumdadır. Ülkemizde 10 yıl boyunca MW/saat başına 225 € oranında tarife garantisi vardır. 6094 sayılı YEK kanunu ile PV ve ısı sistemlerinde yerli üretim kullanılması durumunda 13,3 \$/cent olan fiyat 20 \$/cent olmuştur. Bu destek ve oranlar diğer Avrupa ülkeleriyle kıyaslanamayacak kadar azdır.

Ülkemiz coğrafi konumu gereği güneşlenme bakımından dünya ortalamasının üzerinde bir potansiyele sahiptir ve bu potansiyeli yeterince kullanamamaktadır.

Bunun sebepleri:

- 1- Üretim ve yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu.
- 2- Fotovoltaik panel üretimine dayalı sanayinin ve teknolojinin gelişmemiş olması.
- 3- Güneş enerjisine dayalı araştırmaların yetersiz olması.
- 4- Araştırma ve ARGE faaliyetlerinin sadece birkaç üniversite ve devlet kuruluşu ile sınırlı kalması.
- 5- Devlet teşvik mekanizmalarının yeterli olmaması, yasal düzenlemelerin eksikliği ve bürokratik engeller ile projelerin onay mekanizmalarında yığılması.

Sayılabilecek en önemli sorunlardır.

Fotovoltaik sistemlerin kullanımı ve yaygınlaşması ülkemiz ve dünya açısından oldukça önemli ve faydalıdır. Güneş enerjisine dayalı sistemler konvansiyonel enerji sistemleri ile kıyaslandığında çok büyük çevresel faydalara sahiptir. En büyük avantajı karbon emisyonları ve atık ürünlerin olmayışıdır. Güneş enerjisine dayalı fotovoltaik sistemlerden üretilen enerjiler temiz ve güvenilir enerjilerdir.

Fotovoltaik sistemlerin kullanımı enerji tedarikinde çeşitlilik ve güvenilirliği artırması, önemli iş olanakları sağlaması, enerji piyasasında yeniden yapılanmayı desteklemesi ithal yakıt bağımlılığını azaltması, kırsal alanlara elektrik enerjisinin ulaştırılması gibi önemli ve sosyo-ekonomik faydaları bulunmaktadır.

Güneş enerji teknolojileride dahil olmak üzere hiçbir projenin uygulaması çevreye etkisiz olamaz. Potansiyel etkiler projenin boyutuna doğasına ve yer özelliğine bağlıdır. Ancak olumsuz etkiler yok denebilecek kadar azdır ve bu olumsuzluklar da mevcut en iyi azaltma teknolojileri ile minimize edilebilir.

Özellikle güneş tarlaları kurulumu için en önemli husus, tarım arazisi vasfını yitirmiş iyileştirilmesi mümkün olmayan, orman vasfını yitirmiş, doğal bitki örtüsü ve canlı çeşitliliği barınmayan, çölleşmiş araziler üzerine kurulumun gerçekleştirilmesidir. Binalara ve arazilere kurulan güneşe dayalı enerji sistemlerinin kurulumunda zehirli maddelerin kontrol altında tutulmaları, herhangi bir kaza ya da olumsuzluk halinde müdahale edilebilecek ekip ve ekipmanların bulundurulması şarttır.

Çözüm Önerisi;

Ülkemizde yenilenebilir enerjilerin üretilmesi konusunda kurumsal bir politika, plan, program ve proje geliştirilmesi konusunda temel hukuksal ve idari alt yapı eksikliği vardır. Yenilenebilir ve temiz enerji kaynağı olan fotovoltaik sistemlerin kullanımının benimsenmesi için gerekli yasal düzenlemeler gerçekleştirilmelidir.

Devlet teşvik mekanizmalarını harekete geçirerek kısa vadede yasal düzenlemeleri gerçekleştirmelidir. Kamu kurum ve kuruluşlarında fotovoltaik sistemlerin kullanımını yaygınlaştırmalıdır.

Uygun faizli kredi ve uzun vadeli geri ödeme planları uygulanmalıdır.

Fotovoltaik sistemlerin piyasasının oluşması için yerel ulusal ve uluslararası finansal teşvik ve destekler bakanlık nezdinde sağlanmalıdır. Devletin alım garantisi 10 yıldan Avrupa ülkelerinde olduğu gibi 20-25 yıla çıkarılmalıdır. Yerli üretimin teşvik edilmesi için kullanılan sistemlerde yerli üretim kullanılması durumunda gelir vergisi oranları düşürülmelidir. KDV ve vergi muafiyetleri getirilmeli enerji santrali kurulumu için ucuz arazi ve yer tahsisi yapılmalıdır.

Güneş enerjisi santrallerinin amortisman sürelerinin azalması için parça alımında dışa bağımlılığın önüne geçilmeli, fotovoltaik ithalatında vergi yükü artırılmalı ve yerli üretim için sanayi kuruluşları desteklenmelidir.

Binalarda kullanım için çevre ve şehircilik bakanlığı şehir ve bölge planlamalarında altyapı ve imar mevzuatlarını yenilenebilir enerjilerin uygulanabilirliğine göre düzenlemelidir. Yapı projelendirme safhalarında her binanın enerji tüketim hesabı yapılmalı ve yapının ihtiyacı olan enerji kadar fotovoltaik sistem binanı çatı cephe veya peyzaj düzenlemesinde uygulanmalıdır.

Ülke genelinde kalkınma planları çerçevesinde enerji verimliliği konuları benimsenmeli ve toplum bilinçlendirilmelidir. Fosil kaynaklı yakıtların tüketilmesini azaltıcı önlemler alınmalı ve yenilenebilir enerji sistemlerini kullanan teknolojiler geliştirilmelidir.

Üniversitelerin mimarlık ve mühendislik bölümlerinde güneş enerjisi sistemlerine dayalı eğitim ve öğretim faaliyetleri artırmalı ARGE çalışmalarına önem verilmelidir. Binalarda kullanılan sistemlerin yaygınlaşması için mimari ve mühendislik proje yarışmaları düzenlenmelidir. Sanayide deneyimli ve kalifiye personel yetişmesi için seminer ve kurslar düzenlenmeli, program sonunda personelin yeterliliği sertifikalandırılmalıdır.

Fotovoltaik sektörünün oluşması ve geliştirilmesi için Enerji bakanlığı, başta olmak üzere sanayi kuruluşları, kalkınma ajansları ve üniversiteler yasal ve hukuki engellerin kaldırılması, yatırım maliyetlerinin düşürülmesi, yerli üretimin teşvik edilerek dışa bağımlılığın azaltılması, sistemin faydaları göz önünde bulundurularak yatırım ve uygulama maliyeti yükünün hafifletilmesi amacıyla çeşitli vergi yüklerinin azaltılması için araştırmalar yapmalı ve uygulamaya koymalıdır.

KAYNAKÇA

- Acar, S., Kitson, L. Ve Bridle, R..(2015). Türkiye’de Kömür Ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri . Gsı Report Mart 2015.
- Alakavuk, E..(2009). İzmir İl’inde Uygulanacak Olan Çift Tabakalı Akıllı Giydirme Cephelelerin Cephe Tabakaları Arasındaki Boşluk Boyutlandırılması. İzmir: Yaşar Üniversitesi.3-16
- Altın, M..(2005). Research On The Architectural Use Of Photovoltaic (PV)Components İn Turkey From The Viewpoint Of Building Shape; Doktora Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.FBE.
- Altıntop, N., Erdemir, D..(2013).Dünyada Ve Türkiye’de Güneş Enerjisi İle İlgili Gelişmeler. Makale. S:75 Mühendis Ve Makine. Cilt:54. Sayı:639
- Altıntop, N., Erdemir, D. (2013). “Dünyada Ve Türkiye’de Güneş Enerjisi İle İlgili Gelişmeler”. Mühendis Ve Makine. Cilt 54, Sayı 639, S. 76. 6094 Sayılı YEK Kanun Ve Bu Kanun Çerçevesinde Yayımlanan 28022 Sayı Ve 11 Ağustos 2011 Tarihli Bakanlık Tebliği, 2011, Ankara.
- Antalya 100.yıl stadı. (b.t.). http://www.seiso.net/haber_detay.asp?id=2 (17 Ocak 2016)
- Baez, J. (2013). “Photovoltaic Solar Power,” <http://www.azimuthproject.org/azimuth/show/Photovoltaic+solar+power>, son erişim tarihi (10.05.2013).
- Bahaj A.S. ve James P.A.B., (1998). Photovoltaic Roof Tiles: Design and Integration in Buildings, Proceedings of A BEPAC+EPSRC Conference, Abingdon, England, February 1997, s. 4.

Berlin tren istasyonu (b.t.)

http://www.solarfassade.info/en/project_examples/de/berlin_main_railway_station.php. (15 Kasım 2015)

Birleşik Fon Bankası Genel Müdürlüğü.(2014). (b.t.)

<http://www.cnnturk.com/haber/ekonomi/genel/solar-enerji-kullanan-turkiyenin-en-yuksek-binasi-oldu> .(21.12.2015).

Biyokütle Enerjisinden Elektrik Enerjisi Dönüşümü (b.t.)

http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/biyokutle_enerjisi_6.pdf. (15 Kasım 2015)

Bloomberg New Energy Finance (BNEF). (2014). Turkey's changing power markets (White Paper). Bloomberg New Energy Finance. Retrieved from <http://about.bnef.com/white-papers/turkeys-changing-power-markets/>

Bmw Binası.(b.t.). <http://www.coop-himmelblau.at/> .(08.10.2015)

Compagno, A.,(2003).”From Double Windows To Double Building Envelopes”-*Glass Processing Days*, S.244,245,246,248.

Çelebi, G.. (2002). Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri. *Gazi Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi*, Ankara: Cilt 17, No:3.

Çerçevesiz modüller. (b.t.). www.intersolar.ru/photovoltaic/eng/index.shtml. (05.07.2015)

Çetiner, İ., Turhan, S..(12-13 Nisan 2012). 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu Uludağ Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü – Bursa:1-9.

Denizli Hükümet Binası. (b.t.).

<http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/131-denizli-hukümet-binasi-gunes-enerjisi-sistemi> .(09.12.2015)

Diyarbakır Güneş Evi. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Ve Kontrol Dairesi Başkanlığı <http://www.gunesevi.org/> .(11.10.2015)

Dünyada Ve Türkiyede Yenilenebilir Enerjilere İlişkin Teşvik Ve

Destekler.(2010).Ekonomik Forum Sayfa 35,36.

<http://www.tobb.org.tr/avrupabirligidairesi/dokumanlar/raporlar/yenilenebilirenerjitesvikleri.pdf>

EİE. (b.t.). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Türkiye’de Güneş Enerjisi.

<http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgues.html>. (9 Kasım 2015).

Endecon Engineering, (2001), A Guide to Photovoltaic System Design and Installation, California: Energy Commission,

http://www.energy.ca.gov/reports/2001-09-04_500-01-020.PDF .(13.08.2015).

Enerji Üretiminde Kullanılan Kaynaklar. (b.t.)

<http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik/enerji-uretiminde-kullanilan-kaynaklar-5029/>. (26 Ekim 2013)

Eşsiz Ö., Ve Özgen, A.,(2004).“Büro Yapılarında Enerji Tüketimini Azaltan Çift Kabuklu Cam Cephe Sistemleri”, *Yapı Dergisi* Sayı.276, S.98,99,101,102.

Freiburg güneş evi (b.t.)

http://www.solar-sese.com/html/passive_building.html. (16.02.2016)

Gemi, A.M..(5-16 Nisan 2010). Çevre Dostu Çatılara Örnek Uygulamalı Bir Yaklaşım Hüseyin Avni İncekara Fen Lisesi Öğrenci Yurdu
5. *Ulusal Çati & Cephe Sempozyumu* Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi Buca – İzmir

Geoid Nedir. (b.t.). <http://nedircevap.com/geoit-nedir> .(15.02.2015).

Goetzberger, A. ve Hoffmann, V.U. (2005). Fotovoltaik Güneş Enerjisi Üretimi. Germany: Springer 0342-4111

Gözen, M. (2014). Renewable Energy Support Mechanism İn Turkey: Financial Analysis And Recommendations To Policymakers. *International Journal Of Energy Economics And Policy*, 4(2), 274–287.

Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretimi Ve Ekipmanları. (b.t.).
<http://www.gunessistemleri.com/fotovoltaikekipman.php> .(02.01.2016)

Güneş Enerjisi Santralleri. (b.t.).
https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi_santrali
.(03.04.2015)

Güneş Elektrik Endüstrisinde Ülkesel Durumlar Ve Öngörüler. Gensed Yönetim Kurulu Raporu. (2010) Mayıs.

Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Sektör Raporu 2011 S:29

Herdem Avukatlık Bürosu (2016).<http://herdem.av.tr/tr/turkiye-yenilenebilir-enerji-sektorundeki-tesvikler/>.(22.02.2016).

Hücre tiplerini kıyaslama. (b.t.). <http://www.solarharita.com/kutuphane/>
.(05.01.2016)

Hôpital Universitaire De Mirebalais. (b.t.)

<http://inhabitat.com/hopital-universitaire-de-mirebalais-will-be-the-worlds-largest-solar-powered-hospital/haiti-solar-powered-hospital-01/>
(17.01.2015)

İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği Ve Kentleşme Komisyonu. Kentleşme Şurası. Ankara: 1-120.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. Şehir Aydınlatma ve Enerji, Enerji Kaynakları.<http://www.ibb.gov.tr/sites/aydinlatmaenerji/pages/enerjika-ynaklari.aspx>. (10 Ocak 2012).

Keleş, C.Ö..(2008). Türkiyede Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımına Yönelik Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. FBE.

Kiss Cathart Anders Architects. (1993). Building-Integrated Photovoltaics, Colorado,NREL

Koç, E., Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme”. Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 42
http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a8c16d2696b35f9_ek.pdf
(05.12.2015).

Koryürek, E.. (2008). Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi. FBE.

Max Fordham&Partners İn Assosiation With Fielden Clegg Architects. (1999). Photovoltaics İn Buildings, *A Design Guide*. London: S. 15-21,26,27.

Moltay. Ö..(2012). Eko Yapı Dergisi. 30 Haziran 2012

Morrisons Lojistik Merkezi Binası (b.t.)

Kaynak: <http://www.kingspanpanels.co.uk/kingspan-energy/project-gallery/morrisons/#> (11.10.2015)

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi temiz enerji kaynakları araştırma ve geliştirme merkezi (b.t.). <http://www.mutek.mu.edu.tr/tr/uygulamalar-737> .(10.02.2016)

National Geographic. (2007). Ekim Sayısı; İklim Değişikliği Haritası

Napier, J..(2015). Climate Based Façade Design for Business Buildings with Examples from Central London. Buildings 2015, 5, 16-38; doi:10.3390/buildings5010016

ODTÜ Binası. (b.t.).<http://yistryapi.com/kendi-enerjisini-ureten-binalar/>. (11.11.2015).

Oktik, Ş..(2001). Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri. Ankara: Temiz Enerji Vakfı Yayınları.

Oluklulu, Ç. (2001). Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Özyeğin Üniversitesi (b.t.). http://www.yapi.com.tr/haberler/ozyegin-universitesinin-gunes-enerjisi-yingli-solardan_119251.html.(06.01.2016).

Özbalta, T.G. (b.t.).Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Güneş Pili Uygulamaları Eskişehir: Anadolu Üniversitesi

Özdoğan, P.H Ve Hiroğlu, E.E..(8-9 Aralık 2011) Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Paneller Ve Türkiye Uygulamalarından Örnekler. Ytü. Çevre-Tasarım Kongresi. İstanbul:1-14.

Öztürk, Prof. Dr.H.. (2012). Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları. Güncelleştirilmiş Baskı. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Politecnico di Milano Üniversitesi, Enerji ve Strateji Grubu

Pearsall, N.M, Hill, R.. (2001). Photovoltaics Modules, System And Applications, Clean Electricity From Photovoltaics, Sydney.

Prasad, D.K. ve Snow, M..(2005). Designing With Solar Power, A Source Book for Building Integrated Photovoltaics (BIPV), Australia, Images Publishing.

Roberts, S. ve Guariento, N..(2009). Building Integrated Photovoltaics A Handbook, Birkhauser Press. Berlin, Germany.

Sakınç, E. ve Şerefhanoglu Sözen, M., (2008). “Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Yapılarda Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım ”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1):21-31, İstanbul.

Sakınc, E.. (2006). Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım. Doktora Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi. FBE.

Sayın, S. (2006). Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi Ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi. FBE.

Studio E Architects, <http://www.studioe.co.uk/?portfolio=solar-office-doxford>

Termik santrallarda elektrik nasıl üretilir?. (b.t.)

<http://www.catestermik.com/index/teknikbilgi/termikelektrikuretimi.html>. (17 kasım 2015)

Tesko Kipa (b.t.). <http://www.yenienerji.info/ornek-proje/tesco-kipa-marmaris>. (13.01.2016).

Thorpe, D. (2011). Solar Technology, Earthscan, Abingdon, Oxfordshire.

The German Solar Energy Society (2008). Planning and Installing Photovoltaic Systems: *A Guide For Installers, Architects and Engineers*, London; Sterling, VA: Earthscan.

Thomas, R. ve Fordham, M..(2001). Photovoltaics and Architecture, Spon Press, London and Newyork.

Türkiye'nin Enerji Potansiyeli. (b.t.)

<http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>. (15.02.2015)

Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Teşvikleri (b.t.)

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (19.02.2015)

Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı. (2014).

http://www.eie.gov.tr/duyurular_haberler/document/Turkiye_Ulusal_Yenilenebilir_Enerji_Eylem_Planı.PDF .(29.01.2015).

Türkiye'nin En Büyük Güneş Enerjisi Santrali. (2016).

<http://www.powergie.com/?sayfa=haberler&id=111>. (13.08.2015)

Uğur, E.M..(2006). Güneş Pillerinin Yapı Kabuk Elemanları İle Bütünleştirilmelerine Yönelik Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. FBE.

Ünal, S. (2006) Alternatif Enerji Kaynakları (ders notları)
<http://me.erciyes.edu.tr/sunalan/alt-ener-kay.pdf>. (05.01.2015).

Ünal, M., (2006). Çift Kabuk Cephelerin Sistemik Analizi Ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. FBE.

Yamaç, Ö..(2005). Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompalarının Teorik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Antakya: Mustafa Kemal Üniversitesi. FBE.

Yenilenebilir enerji teşvikleri. (b.t.).
<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> .(2.07.2015).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun (29 Aralık 2010) Kanun No. 6094.

Yerebakan, Prof.Dr.M.. (2010). Güneş Kolektörü Uygulamaları. İstanbul Ticaret Odası Yayınları. İstanbul:Yayın No:2010-22.

Yıldız, A.. (2003). Fotovoltaik Modüllerin Binalarda Kullanımı Ve Pvsyst 3.21 Yazılımı İle Bir Binanın Simülasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi. Fbe.

Yılmaz, Z., (2005). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir:387-398.

Yolbaş, M.. (2013).Deklinasyon Açısı.

<http://www.mazlummyolbas.com/2013/05/02/deklinasyon-acisi-nedir-ve-hesaplanmasi/> (21.06.2015)

Yolbaş, M..(2013)Saat Açısı.

<http://www.mazlummyolbas.com/2013/05/02/saat-acisi-nedir-ve-hesaplanmasi/> .(21.06.2015)

Yolbaş, M..(2013).Güneş Yükseklik Açısı.

<http://www.mazlummyolbas.com/ilgili-kelimeler/gunes-yukseklk-acisi/> .(21.06.2015)

Yoo, S., Lee, J. Ve Lee, T.. (1998). Building Integrated Photovoltaics: A Korean Case Study, *Solar Energy*, 4-6, S. 151-161.

YYÜ'de Yeni Nesil 'Güneş Pili' Üretildi. (2016). <http://aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/yyude-yeni-nesil-gunes-pili-uretildi-511100> .(18.02.2016).

Wankdorf Futbol Stadyumu / Stade de Suisse, Bern-İsviçre (b.t.)

<http://www.tritec-energy.com/en/reference-cases/solar-power-systems-from-50-kwp/>. (11 eylöl 2015)

Zabunoğlu, H.. (2012). Nükleer Enerji: Nedir? Nasıl Üretilir? İlgili Meseleler. Haccettepe Üniversitesi. Nükleer Enerji Müh.Bölümü.

EKLER

Ek-1

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ AMAÇLI KULLANIMINA İLİŞKİN KANUN

Kanun No. 5346

Kabul Tarihi: 10.5.2005

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Tanımlar ve Kısaltmalar

Amaç

MADDE 1. - Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

Kapsam

MADDE 2. - Bu Kanun; yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Tanımlar ve kısaltmalar

MADDE 3. - Bu Kanunda geçen;

1. Bakanlık: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığını,
2. EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu,
3. DSİ: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünü,
4. EİE: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünü,
5. TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketini,
6. MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünü,
7. TETAŞ: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketini,
8. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) : Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını,
9. Biyokütle: Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları,

10. Jeotermal kaynak: Yerkabuğundaki doğal ısı nedeniyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, erimiş madde ve gaz içerebilen doğal su, buhar ve gazlar ile kızgın kuru kayalardan elde edilen su, buhar ve gazları,

11. Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynakları: Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını,

12. Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı: Yılı içerisinde ülkede uygulanan ve EPDK tarafından hesap edilen elektrik toptan satış fiyatlarının ortalamasını, ifade eder.

İKİNCİ BÖLÜM

Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Korunması, Kullanılması İle Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Belgelendirilmesi

Kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılması

MADDE 4. - Bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kamu veya Hazine arazilerinde yenilenebilir enerji kaynak alanlarının kullanımını ve verimliliğini etkileyici imar planları düzenlenemez. Elektrik enerjisi üretimine yönelik jeotermal kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılmasına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.

YEK belgesi

MADDE 5. - Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye EPDK tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi" (YEK Belgesi) verilir.

YEK Belgesi ile ilgili usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üretiminde Uygulanacak Usul ve Esaslar

Uygulama esasları

MADDE 6. - (Değişik: 18/4/2007-5627/17 md.) Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim ve ticaretinde, lisans sahibi tüzel kişiler aşağıdaki uygulama esaslarına tâbidirler:

a) Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten YEK Belgeli tesislerin işletmede on yılını tamamlamamış olanlarından, bu maddede belirlenen esaslara göre elektrik enerjisi satın alırlar.

b) Bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanabilecek YEK Belgeli elektrik enerjisi miktarına ilişkin bilgiler her yıl EPDK tarafından yayınlanır.

Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilerin her biri, bir önceki takvim yılında sattıkları elektrik enerjisi miktarının ülkede sattıkları toplam elektrik enerjisi miktarına oranı kadar, YEK Belgesi elektrik enerjisinden satın alırlar.

c) Bu Kanun kapsamında satın alınacak elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; her yıl için, EPDK'nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır. Ancak uygulanacak bu fiyat 5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından az, 5,5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından fazla olamaz. Ancak 5,5 Euro Cent/kWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkânı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans sahibi tüzel kişiler bu imkândan yararlanırlar.

Bu madde kapsamındaki uygulamalar 31/12/2011 tarihinden önce işletmeye giren tesisleri kapsar. Ancak Bakanlar Kurulu uygulamanın sona ereceği tarihi, 31/12/2009 tarihine kadar Resmî Gazetede yayımlanmak şartıyla en fazla 2 yıl süreyle uzatılabilir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Yatırım Dönemine İlişkin Uygulama Esasları Yatırım dönemi uygulamaları

MADDE 7. - Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak sadece kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla azami bin kilovatlık kurulu güce sahip izole elektrik üretim tesisi ve şebeke destekli elektrik üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerden kesin projesi, planlaması, master planı, ön incelemesi veya ilk etüdü DSİ veya EİE tarafından hazırlanan projeler için hizmet bedelleri alınmaz.

Bu Kanun kapsamında;

- a) Enerji üretim tesis yatırımları,
- b) Kullanılacak elektro-mekanik sistemlerin yurt içinde imalat olarak temini,
- c) Güneş pilleri ve odaklayıcı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri kapsamındaki yapılacak AR-GE ve imalat yatırımları,
- d) Biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi veya yakıt üretimine yönelik AR-GE tesis yatırımları,

Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılabilir.

Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esastır.

Arazi ihtiyacına ilişkin uygulamalar

MADDE 8. - (Değişik: 18/4/2007-5627/18 md.) (Değişik: 9/7/2008-5784/23. md.) Orman vasıflı olan veya Hazinesinin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan taşınmazlardan bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapılmak amacıyla tesis, ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hattı için

kullanılacak olanlar hakkında Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilir, kiralama yapılır, irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir.

Bu maddenin birinci fıkrasında belirtilen amaçlarda kullanılacak olan taşınmazların 25/2/1998 tarihli ve 4342 sayılı Mera Kanunu kapsamında bulunan mera, yaylak, kışlak ile kamuya ait otlak ve çayır olması halinde, 4342 sayılı Mera Kanunu hükümleri uyarınca bu taşınmazlar, tahsis amacı değiştirilerek Hazine adına tescil edilir. Bu taşınmazlara ilişkin olarak, Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama yapılır veya irtifak hakkı tesis edilir.

31/12/2012 tarihine kadar devreye alınacak bu tesislerden, ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde seksenbeş indirim uygulanır. Orman Köylüleri Kalkındırma Geliri, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Geliri alınmaz.

Bu Kanun kapsamındaki hidroelektrik üretim tesislerinin rezervuar alanında bulunan Hazinesinin özel mülkiyetindeki ve Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki taşınmaz mallar için Maliye Bakanlığı tarafından bedelsiz olarak kullanma izni verilir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Çeşitli Hükümler

Uygulamaların koordinasyonu

MADDE 9. - Bakanlık, bu Kanunda belirtilen temel ilkelerin ve yükümlülüklerin uygulanması, yönlendirilmesi, izlenmesi, değerlendirilmesi ve alınacak tedbirlerin planlanmasında koordinasyonu sağlar.

Yaptırımlar

MADDE 10. - Bu Kanunun 6 ncı maddesi hükümlerine aykırı faaliyet gösteren perakende satış lisans sahibi tüzel kişilere EPDK tarafından ikiyüzelli milyar TL idari para cezası verilir ve aykırılığın altmış gün içinde giderilmesi ihtar edilir. Yukarıdaki para cezasını gerektiren fiillerin ihtarla rağmen düzeltilmemesi veya tekrarlanması halinde para cezaları her defasında bir önceki cezanın iki katı oranında artırılarak uygulanır. Bu cezaların verildiği tarihten itibaren iki yıl içinde idarî para cezası verilmesini gerektiren aynı fiil işlenmediği takdirde önceki cezalar tekrarda esas alınmaz.

Ancak aynı fiil iki yıl içinde işlendiği takdirde artırılarak uygulanacak para cezasının tutarı cezaya muhatap tüzel kişinin bir önceki mali yılına ilişkin bilançosundaki gayrisafi gelirinin yüzde onunu aşamaz. Cezaların bu düzeye ulaşması halinde EPDK, lisansı iptal edebilir.

Yönetmelikler

MADDE 11. - Bu Kanunun yürürlük tarihinden itibaren dört ay içerisinde, bu Kanunun 5 inci maddesine ilişkin yönetmelik EPDK tarafından, diğer yönetmelikler Bakanlık tarafından hazırlanarak yürürlüğe konulur.

MADDE 12. - 18.12.1953 tarihli ve 6200 sayılı Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanuna 20.2.2001 tarihli ve 4628 sayılı Kanunun 18 inci maddesi ile eklenen ek I inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Ek Madde 1. - Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş, işletmeye alınmış ve işletmeye alınacak hidroelektrik santrallerinin enerji üretimiyle ilgili kısımları ve bunların mütemmim cüzleri olan taşınmazlar; yapım maliyetleri, işletmede buldukları süre, bu tesisler tamamlandıktan sonra Kamu Ortaklığı Fonuna aktarılan geri ödemeler ile bu tesisler için Hazine Müsteşarlığı tarafından temin edilerek Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne tahsis edilen dış kaynaklı proje kredilerinden doğan malî yükümlülükler dikkate alınarak tespit edilecek bedeller üzerinden, herhangi bir ödeme yapılmaksızın Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğüne devredilir. Bu tesisler için sağlanmış olan dış kredilerin enerji maksadına tekabül eden kısmına ilişkin olarak devir tarihini izleyen yıllarda Hazine Müsteşarlığı tarafından yapılacak ödemelerin Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü tarafından üstlenilmesini teminen Hazine Müsteşarlığı ile Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü arasında ikraz anlaşması yapılır.

Devre ilişkin usul ve esaslar; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Hazine Müsteşarlığı tarafından hazırlanacak ve Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe girecek bir yönetmelikle belirlenir.

Devir işlemleri her türlü vergi, resim ve harçtan muaftır.

MADDE 13. - 4.12.1984 tarihli ve 3096 sayılı Kanunun Kamulaştırma başlıklı 11 inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Madde 11. - Görevli şirketlerin yapacağı üretim, iletim ve dağıtım tesislerinin onaylanmış tatbikat projelerine göre, kamulaştırma ihtiyacı ortaya çıktığında; rezervuarlı tesisler hariç kamulaştırma bedeli görevli şirket tarafından ödenmek kaydıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca 4650 sayılı Kanun hükümlerine göre yapılır. Rezervuarlı tesislerin kamulaştırma bedelleri ilgili Bakanlığın bütçesine konulacak ödenek marifetiyle Hazine tarafından ödenir.

Bu madde ile değiştirilen hüküm 3096 sayılı Kanun kapsamında sözleşmesi imzalanmış ancak işletmeye geçmemiş olan projelere uygulanır.

GEÇİCİ MADDE 1. - 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında tanımlanan mevcut sözleşmeler arasında yer alan ve bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapacak olan işletmeye girmemiş yap-işlet-devret modeli kapsamındaki tüzel kişiler, mevcut sözleşmelerinden doğan haklarından feragat etmek şartıyla, bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanırlar. EPDK tarafından bu projelere üretim lisansı verilir.

GEÇİCİ MADDE 2. - Perakende satış lisansı sahibi kamu dağıtım şirketleri Bakanlık ve EPDK'nın mevcut mevzuatı ve uygulamaları dışında, bu Kanunun 6 ncı maddesi kapsamındaki alım yükümlülüklerinden 1.1.2007 tarihine kadar muafır. Ancak bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kendilerine müracaat eden YEK belgeli üretim lisansı sahibi tüzel kişilerle alım yükümlülüğü 1.1.2007 tarihinden geçerli olacak elektrik satış anlaşmalarını yaparlar.

GEÇİCİ MADDE 3. - Bu Kanunun 6 ncı maddesinde belirtilen projeksiyon, bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren üç ay içerisinde Bakanlık tarafından yayımlanır. Ancak bu projeksiyon, Kanunun yürürlük tarihinden önce EPDK tarafından üretim lisansları verilmiş projeleri ve geçici 1 inci maddede tanımlanan mevcut sözleşmeli projelerden bu Kanun kapsamında üretim lisansı alacak olan projeleri de kapsar.

GEÇİCİ MADDE 4. - Mevcut sözleşmeleri çerçevesinde faaliyet gösteren ve DSİ katılım payları tarife yoluyla TETAŞ tarafından ödenen işletmedeki Yap-İşlet-Devret modeli hidroelektrik santrallerin sözleşmelerinde ABD Doları cinsinden yer alan DSİ enerji katılım payları, sözleşmede yer aldığı miktarda ödeme tarihindeki Merkez Bankası döviz kuru üzerinden her işletme yılının sonunda DSİ'ye ödenir.

4628 sayılı Kanun kapsamında kurulmuş veya kurulacak olan hidroelektrik santraller için belirlenecek ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ödenecek olan enerji hissesi katılım payının hesabında esas alınacak ortak tesis bedeli, TEFE ile su kullanım anlaşmasının yapıldığı tarihe getirilmiş olan ihaleye esas ilk keşif bedelinin % 30'undan fazlasını geçemez. Proje ile ilgili kamulaştırmalar için yapılmış ve yapılacak olan ödemelerin TEFE ile su kullanım anlaşması tarihine getirilmiş bedelinin enerji hissesine düşen miktarının tamamı şirket tarafından ödenir.

Yürürlük

MADDE 14. - Bu Kanun yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 15. - Bu Kanun hükümlerini Bakanlar Kurulu yürütür.

Ek-2

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ AMAÇLI KULLANIMINA İLİŞKİN KANUNDA DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR KANUN

Kanun No. 6094

Kabul Tarihi: 29/12/2010

MADDE 1 – 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun 3 üncü maddesinin birinci fıkrasının (8), (9) ve (11) numaralı bentleri aşağıdaki şekilde değiştirilmiş, birinci fıkraya aşağıdaki bentler ve maddeye aşağıdaki fıkra eklenmiştir.

“8. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK): Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını,

9. Biyokütle: Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları,”

“11. Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynakları: Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı onbeş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını,”

“13. Çöp gazı: Çöp dâhil diğer atıklardan enerji elde edilmesi amacıyla üretilen gazı,

14. YEK Destekleme Mekanizması: Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları içeren destekleme mekanizmasını,

15. PMUM: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezini,

16. YEK toplam bedeli: YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanların her biri tarafından iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi miktarı ile YEK listesindeki fiyatların çarpılması suretiyle, enerjinin sisteme verildiği tarihteki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası döviz alış kuru üzerinden Türk Lirası olarak hesaplanan bedellerin toplamını,

17. Ödeme yükümlülüğü oranı: Tüketicilere elektrik enerjisi satışı yapan tedarikçilerin ödemekle yükümlü olacağı tutarın hesaplanmasında kullanılacak olan, her bir tedarikçinin tüketicilerine sattığı elektrik enerjisi miktarının, bu tedarikçilerin tamamının tüketicilere sattığı toplam elektrik enerjisi miktarına bölünmesi suretiyle hesaplanan oranı,”

“Bu Kanunda geçmekle birlikte tanımlanmamış diğer terim ve kavramlar, 20/2/2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunundaki anlama sahiptir.”

MADDE 2 – 5346 sayılı Kanunun 4 üncü maddesinin birinci fıkrasının ikinci cümlesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“Elektrik enerjisi üretimine yönelik yenilenebilir kaynak alanlarının ilgili kurum ve kuruluşların görüşü alınarak belirlenmesi, derecelendirilmesi, korunması ve kullanılmasına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir. Belirlenen yenilenebilir kaynak alanları imar planlarına resen işlenmek üzere Bakanlık tarafından ilgili mercilere bildirilir.”

MADDE 3 – 5346 sayılı Kanunun 6 ncı maddesi başlığı ile birlikte aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“YEK Destekleme Mekanizması

MADDE 6 – Bu Kanunun yürürlüğe girdiği 18/5/2005 tarihinden 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEK Destekleme Mekanizmasına tabi üretim lisansı sahipleri için, bu Kanuna ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyatlar, on yıl süre ile uygulanır. Ancak, arz güvenliği başta olmak üzere diğer gelişmeler doğrultusunda 31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için bu Kanuna göre uygulanacak miktar, fiyat ve süreler ile kaynaklar Cetveldeki fiyatları geçmemek üzere, Bakanlar Kurulu tarafından belirlenir.

YEK Destekleme Mekanizmasına bir sonraki takvim yılında tabi olmak isteyenler YEK Belgesi almak ve 31 Ekim tarihine kadar EPDK’ya başvurmak zorundadır.

YEK Destekleme Mekanizmasında öngörülen süreler; tesislerden işletmedekiler için işletmeye girdiği tarihten, henüz işletmeye girmemiş olanlar için işletmeye girecekleri tarihten itibaren başlar. YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanlar, uygulamaya dâhil oldukları yıl içerisinde uygulamanın dışına çıkamaz.

YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olanların listesi ile bunlara ait tesislerin işletmeye giriş tarihlerine, yıllık elektrik enerjisi üretim kapasitelerine ve yıllık üretim programına ilişkin bilgiler, kaynak türlerine göre her yıl 30 Kasım tarihine kadar EPDK tarafından yayımlanır.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerindeki aksamın sağlaması gereken standartlar ve denetimlerde uygulanacak test yöntemleri ile birlikte, bu tesislerde ve hibrit üretim tesislerinde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı üretim miktarlarının denetimine ilişkin usul ve esaslar EPDK’nın görüşü alınarak Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle belirlenir.

PMUM, her fatura dönemi için YEK toplam bedelini ilan eder ve her bir tedarikçinin ödeme yükümlülüğü oranını belirler. Ödeme yükümlülüğü oranının belirlenmesi sırasında, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilerek YEK Destekleme Mekanizmasına tabi olmaksızın serbest piyasada satışı yapılan elektrik enerjisi miktarı bu Kanun kapsamındaki hesaplamalara dâhil edilmez. Tüketicilere elektrik enerjisi sağlayan her bir tedarikçinin ödemekle yükümlü olduğu tutar belirlenerek ilgili tedarikçiye fatura edilir ve yapılan tahsilat YEK Destekleme Mekanizmasına tabi tüzel kişilere payları oranında ödenir. Bu fıkra kapsamındaki PMUM dâhil uygulamalara ilişkin usul ve esaslar, EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikte düzenlenir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten tesislerin lisanslarına derç edilecek yıllık üretim miktarı, bu tesislerin kaynağına göre mevcut kurulu gücü ile üretebileceği yıllık azami üretim miktarıdır. Bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihte mevcut olan lisanslar da ilgililerin müracaatı ile üç ay içinde bu doğrultuda tadil edilir.

Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten ve bu madde hükmüne tabi olmak istemeyen tüzel kişiler, lisansları kapsamında serbest piyasada satış yapabilirler.”

MADDE 4 – 5346 sayılı Kanuna 6 ncı maddesinden sonra gelmek üzere aşağıdaki maddeler eklenmiştir.

“Muafiyetli üretim

MADDE 6/A – 4628 sayılı Kanunun 3 üncü maddesinin üçüncü fıkrası kapsamında kurulacak yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için başvuru yapılması, izin verilmesi, denetim yapılması ile teknik ve mali usul ve esaslar, Bakanlık, İçişleri Bakanlığı ve DSI'nin görüşleri alınarak EPDK tarafından çıkartılacak bir yönetmelikle düzenlenir. Hidroelektrik üretim tesisleri için su kullanım hakkının verilmesine, DSI'nin ilgili taşra teşkilatının su rejimi açısından üretim tesisinin yapımında sakınca bulunmadığına ve bağlantının yapılacağı dağıtım şirketinden dağıtım sistemine bağlantı yapılabileceğine dair görüş alınmak kaydıyla, tesisin kurulacağı yerdeki il özel idareleri yetkilidir.

Bu madde kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişiler; ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini dağıtım sistemine vermeleri halinde, I sayılı Cetveldeki fiyatlardan on yıl süre ile faydalanabilir. Bu kapsamda dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisinin perakende satış lisansını haiz ilgili dağıtım şirketi tarafından satın alınması zorunludur. İlgili şirketlerin bu madde gereğince satın aldıkları elektrik enerjisi, söz konusu dağıtım şirketlerce YEK Destekleme Mekanizması kapsamında üretilmiş ve sisteme verilmiş kabul edilir.”

“Yerli ürün kullanımı

MADDE 6/B – Lisans sahibi tüzel kişilerin bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31/12/2015 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için, I sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle; bu Kanuna ekli II sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilir.

II sayılı Cetvelde yer alan yurt içinde imalatın kapsamının tanımı, standartları, sertifikasyonu ve denetimi ile ilgili usul ve esaslar, Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir.

31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için yerli katkı ilavesine ilişkin usul ve esaslar, Bakanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulu tarafından belirlenerek ilan edilir.”

“Diğer uygulamalar

MADDE 6/C – Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak üzere lisans alan tüzel kişiler, lisanslarında belirlenen sahalardan dışına çıkılmaması ve işletme anında sisteme verilen gücün lisanslarında belirtilen kurulu gücü aşmaması kaydıyla ek kapasite kurabilirler.

Bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı ay içerisinde, 31/12/2015 tarihine kadar her yıl güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri, E.İ.E. İdaresi'nin ve TEİAŞ'ın teknik görüşleri alınarak Bakanlık tarafından belirlenir ve yayımlanır. 31/12/2015 tarihinden sonraki yıllara ait bağlantı kapasiteleri ve trafo merkezleri, ilki 1/4/2014 tarihinde olmak üzere her yıl Bakanlık tarafından belirlenir ve yayımlanır.

EPDK tarafından lisans başvuruları değerlendirilirken bağlantı görüşünün oluşturulması aşamasında, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine öncelik tanınır.

Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularında standardına uygun ölçüm bulundurulması zorunludur. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için yapılan lisans başvurularında, tesis sahasının malikinin lisans başvurusunda bulunması halinde aynı sahaya başka başvuru yapılamaz. Aynı bölge ve/veya aynı trafo merkezi için birden fazla başvurunun bulunması halinde, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanı belirlemek için TEİAŞ tarafından bu Kanunda belirlenen süreler boyunca uygulanmak üzere, I sayılı Cetvelde öngörülen fiyatların eksiltilmesi usulü ile yarışma yapılır. Yarışma ile ilgili usul ve esaslar Bakanlık, EPDK ve E.İ.E. İdaresi'nin görüşleri alınarak TEİAŞ tarafından çıkarılacak yönetmelikte düzenlenir.

31/12/2013 tarihine kadar iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücü 600 MW'dan fazla olamaz. 31/12/2013 tarihinden sonra iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünü belirlemeye Bakanlar Kurulu yetkilidir.

Bu Kanun kapsamındaki üretim tesisleri ile elektrik üretim ve dağıtım yapılan diğer tesislerin lisansı kapsamındaki inceleme ve denetimi EPDK tarafından yapılır veya gerektiğinde masrafları ilgililerine ait olmak üzere EPDK tarafından yetkilendirilecek denetim şirketlerinden hizmet satın alınarak EPDK tarafından yaptırılabilir. Denetim şirketleri ile ilgili uygulamaya ilişkin usul ve esaslar, Bakanlık görüşü alınmak kaydıyla EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir.”

MADDE 5 – 5346 sayılı Kanunun 8 inci maddesinin üçüncü fıkrasının ilk cümlesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiş, maddenin sonuna aşağıdaki fıkralar eklenmiştir.

“Bu Kanunun yayımı tarihi itibarıyla işletmede olanlar dâhil, 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girecek bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden, ulaşım yollarından ve lisanslarında belirtilen sisteme bağlantı noktasına kadarki TEİAŞ ve dağıtım şirketlerine devredilecek olanlar da dâhil enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde seksen beş indirim uygulanır.”

“Milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ile tabiatı koruma alanlarında, muhafaza ormanlarında, yaban hayatı geliştirme sahalarında, özel çevre koruma bölgelerinde ilgili Bakanlığın, doğal sit alanlarında ise ilgili koruma bölge kurulunun olumlu görüşü alınmak kaydıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulmasına izin verilir.

Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesisleri için 29/6/2001 tarihli ve 4706 sayılı Hazineye Ait Taşınmaz Malların Değerlendirilmesi ve Katma Değer Vergisi Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanunun ek 2 nci maddesi hükümleri uygulanmaz.”

MADDE 6 – 5346 sayılı Kanunun 10 uncu maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“MADDE 10 – Bu Kanunun 6 ve 6/A maddelerine aykırı faaliyet gösterdiği tespit edilenler hakkında, 4628 sayılı Kanunun 11 inci maddesi hükümleri uygulanır.”

MADDE 7 – 5346 sayılı Kanuna aşağıdaki geçici madde eklenmiştir.

“GEÇİCİ MADDE 5 – Bu Kanunun 6, 6/A, 6/B ve 6/C maddelerinde çıkarılması öngörülen yönetmelikler, bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 3 ay içerisinde yayımlanır.

YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılında tabi olmak isteyenler, YEK Belgesi almak ve 6, 6/A, 6/B ve 6/C maddelerinde çıkarılması öngörülen yönetmeliklerin yayımlanmasını takip eden 1 ay içerisinde EPDK'ya başvurmak zorundadır. YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılında tabi olanların listesi, başvuruların alınmasını takip eden 1 ay içerisinde EPDK tarafından yayımlanır.”

MADDE 8 – Bu Kanun yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

MADDE 9 – Bu Kanun hükümlerini Bakanlar Kurulu yürütür.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Ve Soyadı : Yüksel Yücel
Doğum Yeri ve Tarihi : Çüngüş-1983
Medeni Hali : Evli
E-Mail : y.yukselyucel@gmail.com
Adres (Ev) : Merkez Mah. Levent Sok. No:7
D:9 Güngören / İstanbul
Telefon Cep : 0532 405 08 10

Eğitim Durumu

2013-2016 Yüksek Lisans İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Teknolojileri Programı
2010-2012 Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme
2001-2003 Balıkesir Üniversitesi İnşaat
1997-2000 İzzet Ünver Lisesi Fen Bölümü
1994-1997 Gündoğdu Orta Okulu
1989-1994 Gündoğdu İlk Okulu

Yabancı Dil İngilizce

İş Tecrübesi Nas İnşaat San. ve Tic. A.Ş. - İhale Birimi- Metraj, Keşif ve
Yaklaşık Maliyet Hesaplama
Protek Mimarlık – Restorasyon, Proje ve Şantiye Yönetimi