



World Energy Council

CONSEIL MONDIAL DE L'ENERGIE

Turkish National Committee

COMITE NATIONAL TURC

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ

HAZİRAN 2009

ISBN: 978-605-89548-2-3

DEK-TMK YAYIN NO: 0011/2009

Baskı: EKC FORM OFSET - (0312) 342 16 16

Bu rapor Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi'ne ait olup rapordan kaynak gösterilmek şartı ile alıntı yapılabilir. Raporun tamamı ya da bir kısmı izinsiz yayınlanamaz.

YÖNETİM KURULU		TEMSİL ETTİĞİ KURULUŞ	
Başkan	: Süreyya Yüceli ÖZDEN	Gerçek Kişi	
Başkan Yardımcısı	: Prof.Dr. H. Mete ŞEN	İTÜ Rektörlüğü	
Genel Sekreter	: Ömer ÜNVER	Gerçek Kişi	
Sayman Üye	: Ülker AYDIN	Gerçek Kişi	
Üye	: Budak DİLLİ	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	
Üye	: Atilla GÜRBÜZ	EİEİ Genel Müdürlüğü	
Üye	: Nurettin KULALI	EÜAŞ Genel Müdürlüğü	
Üye	: Mustafa AKTAŞ	TKİ Genel Müdürlüğü	
Üye	: Ali Oğuz TÜRKİYILMAZ	TMMOB - Makina Mühendisleri Odası	
Üye	: Gültekin TÜRKÖĞLU	Gerçek Kişi	
Üye	: Prof. Dr. A. Orhan YEŞİN	Gerçek Kişi	
Üye	: A. Necdet PAMİR	Gerçek Kişi	
DENETİM KURULU		TEMSİL ETTİĞİ KURULUŞ	
Başkan	: Dr. Hacı Duran GÖKKAYA	TETAŞ Genel Müdürlüğü	
Üye	: Tülin KESKİN	Gerçek Kişi	
Üye	: Muzaffer BAŞARAN	Gerçek Kişi	

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ ÇALIŞMA GRUBU

Başkan : Mehmet Bedii ATEŞ
Raportör : Hakan DEMİR
Üyeler : Ersin Üresin
 Şenol TUNÇ
 Hatice ERDİ

Not: Verdiği kaynak desteği ve görüşleri ile katkı sağlayan Sayın **Barbaros Nazım BAYRAKTAR'** a teşekkür ederiz.



İÇİNDEKİLER

GÜNEŞ ENERJİSİ VE DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU

1. GÜNEŞ ENERJİSİ NEDİR?

1.1.	Giriş.....	1
1.2.	Güneş Enerjisi ile İlgili Genel Bilgiler	1
1.3.	Güneş Enerjisi ile İlgili Temel Kavramlar	3
1.4.	Güneş Enerjisinin Kısa Tarihi	9
1.5.	Yararlanılan Kaynaklar	16

2. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

2.1.	Güneş Enerjisi ve Güneş Enerjisinin Isıl Çevrim ile Toplanması	17
2.2.	Güneş Enerjili Sistemlerde Seçici Yüzeyler	19
2.3.	Güneş Enerjisi Uygulama Alanları ve Güneş Enerjisi Yoğunlaştırma Sistemleri	22
2.4.	Güneş Enerjisi Destekli Stirling Motorları İle Elektrik Üretimi	35
2.5.	Fotovoltaik Piller ve Uygulama Alanları	44
2.6.	Fotovoltaik Uygulamalar	51
2.7.	Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik (CPV) Teknolojisi	55
2.8.	Güneş Enerjisi ile Hidrojen Üretimi	61
2.9.	Yararlanılan Kaynaklar	64

3. DÜNYADAKİ GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ GELİŞMELER

3.1.	Dünya'da Güneş Enerjisi Kullanımı	68
3.2.	Dünya Genelinde Güneş Enerjisinin Durumu	68
3.3.	Seçilmiş Göstergelerin Karşılaştırılması	70
3.4.	2008 Yılında Dünya PV Piyasasındaki Gelişmeler	73
3.5.	ABD	74
3.6.	Avrupa Birliği'nde Fotovoltaik Sektörün Durumu	77
3.7.	Amerikan, Kore ve Japon Piyasaları	89
3.8.	Sanayinin Durumu	89
3.9.	Dünya'daki Firmalar	90
3.10.	Güneş Elektrik Enerjisi Ekonomisi	93
3.11.	Dünyada Kurulu, Planlanan ve İnşa Halindeki Güneş Enerjisi Santralleri	94
3.12.	Yararlanılan Kaynaklar	102

4. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ MALİYET, TEŞVİK VE FİNANSMAN KONULARI

4.1.	Maliyetler	105
4.2.	Teşvikler	106
4.3.	Yararlanılan Kaynaklar	117

TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU

5.	TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ, YAPILAN ÇALIŞMALAR VE GELİŞMELER	
5.1.	Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	120
5.2.	Türkiye'de Güneş	122
5.3.	Türkiye'de Güneş Enerjisi Konusundaki Gelişmeler.....	124
5.4.	Kurumlar Tarafından Yapılan Çalışmalar	129
5.5.	Türkiye'de Güneş Enerjisi Konusunda Faaliyet Gösteren Dernek ve Firmalar.....	155
5.6.	Yararlanılan Kaynaklar.....	159
6.	TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ VERİLERİNİN ANALİZİ VE İLAVE ÇALIŞMALAR	
6.1.	EİE Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	161
6.2.	PVGIS (Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi) Verileri.....	163
6.3.	NASA (National Aeronautics and Space Administration) (ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) Verileri	165
6.4.	Meteororm (Meteotest Global Meteorological Database for Solar Energy and Applied Meteorology) Verileri.....	167
6.5.	Yararlanılan Kaynaklar.....	168
7.	ENERJİ ARZ-TALEP DURUMUMUZ	
7.1.	Politikalar	169
7.2.	Genel Enerji Durumu	170
7.3.	Elektrik Enerjisi Durumu	172
7.4.	Yararlanılan Kaynaklar.....	174
8.	MEVZUAT	
8.1.	Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile ilgili Mevcut Mevzuat.....	175
8.2.	Mevcut Mevzuat Süreci.....	179
8.3.	Yeni Mevzuat Gereksinimi	181
8.4.	Türkiye'de Teşvik Sistemi	182
8.5.	Yararlanılan Kaynaklar.....	191
9.	FİZİBİLİTE, MALİYET VE ARAZİ KULLANIMI	
9.1.	Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Santralleri (GES) Saha Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar ve Yapılabilirlik Analizi.....	193
9.2.	GES Saha Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	193
9.3.	GES Yapılabilirlik Analizi	201
9.4.	Yararlanılan Kaynaklar.....	210
10.	SONUÇ	
10.1.	Tespitler.....	211
10.2.	Öneriler	213
11.	REFERANS VE KAYNAKLAR (KİTAP, DERGİ, PROGRAM, WEB SİTESİ VS.	
11.1.	Kaynaklar	215
11.2.	Tezler	217
11.3.	İnternet Siteleri.....	222

KISALTMALAR

ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
BM (UN)	: Birleşmiş Milletler
AB (EU)	: Avrupa Birliği
OECD	: Organization for Economic Cooperation and Development / Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
IEA	: International Energy Agency
UCTE	: Union for the Coordination of Transmission of Energy / Elektrik İletimi Koordinasyon Birliği
BM-İDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
DEK / TMK	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
WEC	: World Energy Council
YİD	: Yap-İşlet-Devret
Yİ	: Yap-İşlet
İHD	: İşletme Hakkı Devri
CCS	: Carbon Capture and Storage
CO₂-eşdeğer	: CO ₂ ve CO ₂ cinsinden diğer sera gazlarının toplamı
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
İDÇS	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UNDP	: United Nations Development Programme
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
CCP	: Carbon Capture Processing

ENERJİ BİRİMLERİ

kW	: kilowatt=10 ³ watt
MW	: Megawatt =10 ³ kW
GW	: Gigawatt = 10 ³ MW
TW	: Terawatt = 10 ³ GW
kWh	: kilowatt - saat (10 ³ watt - saat)
GWh	: Gigawatt - saat (10 ⁶ watt - saat)
Kep	: kilogram petrol eşdeğeri
TEP	: ton petrol eşdeğeri
MTEP	: Milyon ton petrol eşdeğeri
Wp	: Watt -peak
µm	: Mikro metre (10 ⁻⁶ metre)

ÇEVİRİM KATSAYILARI

Enerji Kaynakları TEP'e Dönüştürülmesi

		Çevrim Katsayısı(*)	Isıl Değer	
1 Ton	Taşkömürü	0,6100	6100	
1 Ton	Linyit (teshin ve sanayi)	0,3000	3000	
1 Ton	Linyit (santral)	0,2000	2000	
1 Ton	Linyit (Elbistan)	0,1100	1100	
1 Ton	Asfaltit	0,4300	4300	
1 Ton	Kok	0,7000	7000	
1 Ton	Briket	0,5000	5000	
1 Ton	Hampetrol	1,0500	10500	
10 ³ m ³	Doğalgaz	0,9100	9100	(**)
10 ³ kwh	Elektrik Enerjisi	0,0860	860	(***)
10 ³ kwh	Jeotermal Enerji (elektrik)	0,8600	8600	(***)
10 ³ kwh	Nükleer Enerji	0,2606	2606	(***)
1 Ton	Odun	0,3000	3000	
1 Ton	Hayvan ve Bitki Artıkları	0,2300	2300	

(*) Isıl Değer/10000

(**) kcal/10³ m³

(***) kcal/kWh

Ham Petrol Dönüşüm Katsayıları

HAM PETROL	TON	KİLOLİTRE	VARİL	ABD GALONU	TON / YIL
Ton	1	1.165	7.33	307.86	-
Kilolitre	0.8581	1	6.2898	264.17	-
Varil	0.1364	0.159	1	42	-
ABD Galonu	0.00325	0.0038	0.0238	1	-
Varil / Gün	-	-	-	-	49.8

ŞEKİLLER LİSTESİ

BÖLÜM 1

Şekil 1.1.	- Güneşle ilgili bazı büyüklükler.....	2
Şekil 1.2.	- Dünyadaki enerji kaynaklarının potansiyel olarak karşılaştırılması.....	3
Şekil 1.3.	- Güneş ve Dünya	4
Şekil 1.4.	- Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınım (Einstein'ın el yazısı ile...).....	5
Şekil 1.5.	- Elektromanyetik Spektrum	6
Şekil 1.6.	- Işık Tayfı	6
Şekil 1.7.	- Güneş'ten elektrik üretimi	8
Şekil 1.8.	- 1878 yılına ait bir çanak reflektör	12
Şekil 1.9.	- Frank Shuman'ın güneş enerjisi gösterisiyle ilgili ilan	13
Şekil 1.10.	- Frank Shuman'ın Filadelfya'da güneş enerjisi ile su pompasını çalıştırması	15

BÖLÜM 2

Şekil 2.1.	- Siyah boyalı ve seçici yüzeyli plakalarda güneş ışınımının yutulması ve ısı ışınlarının yayılması	18
Şekil 2.2.	- Güneş enerjisi ile kurutma prosesleri ve çeşitli kurutucu dizaynları	23
Şekil 2.3.	- Basit sera tipi güneş enerjili damıtma sistemi	24
Şekil 2.4.	- Güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi	25
Şekil 2.5.	- Isı kutulu güneş ocağı	26
Şekil 2.6.	- Güneş enerjili termal güç sisteminin şematik gösterimi	27
Şekil 2.7.	- Kythnos adası	28
Şekil 2.8.	- Parabolik oluk sistemi	30
Şekil 2.9.	- Çanak-motor sistemleri	31
Şekil 2.10.	- Güneş kulesi sistemi	33
Şekil 2.11.	- Güneş kuleli hibrit sistem	34
Şekil 2.12.	- Farklı kapasite faktörlerinde tasarlanmış güneş kuleleri	35
Şekil 2.13.	- Stirling motoru destekli çanak kolektörler	36
Şekil 2.14.	- Stirling motoru	36
Şekil 2.15.	- Stirling motorunun bölümleri	37
Şekil 2.16.	- Stirling motorunda gerçekleşen operasyonların şematik olarak gösterimi	38
Şekil 2.17.	- Stirling motorunun çalışma prensibi	39
Şekil 2.18.	- Stirling destekli çanak kolektör	40
Şekil 2.19.	- Stirling destekli çanak kolektörünün bölümleri	40

Şekil 2.20.	- Suudi Arabistan'daki çanak kolektör sistemi	41
Şekil 2.21.	- Stuttgart Üniversitesi kampüsündeki çanak kolektör sistemi	42
Şekil 2.22.	- İspanya Almeria'da kurulan çanak kolektör sistemi	42
Şekil 2.23.	- İspanya Almeria'da kurulan çanak kolektör sistemi	43
Şekil 2.24.	- Çeşitli Stirling motor destekli çanak kolektör sistemi örnekleri.....	43
Şekil 2.25.	- Bir güneş pilinin yüke bağlantı şekli.....	47
Şekil 2.26.	- Kristal Silikon fotovoltaik pilin yapısı	47
Şekil 2.27.	- GaAs pil ve Silisyum pilin sıcaklık-kazanç fonksiyonlarının karşılaştırılması.....	48
Şekil 2.28.	- Esnek Güneş Panelleri	49
Şekil 2.29.	- Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemler	56
Şekil 2.30.	- Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemde Fresnel Mercek ve Güneş Hücresinin Temsili Görünümü	57
Şekil 2.31.	- İletim Tipi Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemin Şeması	57
Şekil 2.32.	- Yansıma Tipi Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemin Şeması.....	57
Şekil 2.33.	- CPC Tipi Çubuk Mercek Şeması	57
Şekil 2.34.	- Yansıma tipi, aynalara dayalı bir optik yoğunlaştırıcı yoğunlaştırılmış fotovoltaik sistem	58
Şekil 2.35.	- Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemlerde kullanılan mercek ve aynalardan örnekler	59
Şekil 2.36.	- CPV teknolojisinde izleme sistemleri	60
Şekil 2.37.	- Hidrojen ekonomisi bileşenleri	63

BÖLÜM 3

Şekil 3.1.	- Dünya'da Yüksek Güneş Işınımına Sahip Bölgeler	68
Şekil 3.2.	- 2008'de Dünya Fotovoltaik Pazar Talebi.....	73
Şekil 3.3.	- ABD ve Avrupa PV fiyatlarının yıllar itibarıyla değişimi	74
Şekil 3.4.	- 2007 ABD enerji arzı içinde Yenilenebilir Enerji Tüketiminin payı ve dağılımı	75
Şekil 3.5.	- Avrupa Birliği'nde şebekeye bağlı ve şebeke dışı fotovoltaik tesislerin yüzdeleri	82
Şekil 3.6.	- Avrupa Birliği üye ülkelerinde Fotovoltaik Güneş Enerjisi açısından 2008 sonu toplam kurulu güç, 2008 yılı içinde kurulan güç ve ülkelerin toplam kurulu güç sıralamasındaki yeri	86
Şekil 3.7.	- Avrupa Birliği'nde fotovoltaik Beyaz Kitap beklentileri ve Gerçekleşen kurulu güç	88
Şekil 3.8.	- PV için elektrik üretim maliyeti ve şebeke fiyatları arasındaki rekabet gücü	94

BÖLÜM 4

Şekil 4.1.	- ABD PV Maliyeti Değişimi (1980–2025)	105
------------	--	-----

BÖLÜM 5

Şekil 5.1.	- Türkiye Ortalama Güneşlenme Süreleri.....	120
Şekil 5.2.	- Türkiye'nin güneş haritası (kWh/(m ² .yıl)	120
Şekil 5.3.	- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 2007'de pillerden silisyum tabanlı fotovoltaik modül üretimi	127
Şekil 5.4.	- İzmir'deki 11 kWp fotovoltaik güç sisteminin değerlendirilmesi.....	127
Şekil 5.5.	- İzmir'de Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi fotovoltaik güç sistemi (14 kWp ada ve 10 kWp şebekeye bağlı sistem).....	127
Şekil 5.6.	- Girasolar Ltd. tarafından Fethiye-MUĞLA'da bir adaya inşa edilen Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel generatör hibrit güç sistemi.....	127
Şekil 5.7.	- Marmaris'te Enisolar Ltd. tarafından inşa edilen 30 kWp şebekeye bağlı sistem	128
Şekil 5.8.	- TÜBİTAK-MAM'ın Gebze'deki HYDEPARK Projesi. (12 kWp fotovoltaik modüller, 5 kWp rüzgar türbini, 2,4 kWp PEM tipi yakıt hücresi, 48 V 1500 Ah akü kapasitesi, invertörler, bir meteoroloji istasyonu, vs.).....	128
Şekil 5.9.	- ÖZMAK Ltd. tarafından Çeşme-İzmir'de telekomünikasyon sistemi için yapılmış bir hibrit fotovoltaik-rüzgar uygulaması	128
Şekil 5.10.	- Güneş kolektörü test düzeneği.....	128
Şekil 5.11.	- Güneş kolektörü için kurulan test düzeneğinin şematik görüntüsü	132
Şekil 5.12.	- Piranometre	133
Şekil 5.13.	- Pirgeometre	134
Şekil 5.14.	- Güneş kolektörü test düzeneğinde sıcaklık ölçümü	134
Şekil 5.15.	- Güneş kolektörü test düzeneğinde çevreleyen hava sıcaklığını ölçme	135
Şekil 5.16.	- Güneş kolektörü testinde sistemdeki debi ölçer.....	135
Şekil 5.17.	- Güneş kolektörü testinde hava hızını ölçmek için anemometre ve kolektör üzerindeki konumu	136
Şekil 5.18.	- Hava hızını ölçmek için anemometre ve kolektör üzerindeki konumu	136
Şekil 5.19.	- Veri kaydedici.....	137

BÖLÜM 6

Şekil 6.1.	- Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	161
Şekil 6.2.	- Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -gün)	162
Şekil 6.3.	- Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat).....	162
Şekil 6.4.	- Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl).....	162

Şekil 6.5.	- Avrupa ülkelerinde güneye yönelmiş en uygun eğimli fotovoltaik modüller üzerine düşen toplam yıllık güneş ışınım şiddeti	163
Şekil 6.6.	- Türkiye’de yatay yerleştirilmiş fotovoltaik modüller için toplam güneş ışınım şiddeti ve güneş enerjisi potansiyeli	164
Şekil 6.7.	- Türkiye’de en uygun eğimli fotovoltaik modüller için toplam güneş ışınım şiddeti ve güneş enerjisi potansiyeli	164
Şekil 6.8.	- NASA verilerine göre hazırlanmış açık gökyüzü yatay yüzeye düşen ortalama yıllık toplam güneş ışınımı dünya haritası (1983 – 2005 dönemi)	165
Şekil 6.9.	- NASA verilerine göre hazırlanmış ortalama yıllık toplam güneş ışınımı dünya haritası (1983 – 2005 dönemi)	165
Şekil 6.10.	- NASA verilerine göre hazırlanmış ortalama yıllık toplam güneş ışınımı Avrupa haritası (1983 – 1995 dönemi)	166
Şekil 6.11.	- NASA verilerine göre hazırlanmış ortalama yıllık toplam güneş ışınımı Türkiye haritası (1983 – 2005 dönemi)	166
Şekil 6.12.	- Meteonorm dünya yıllık toplam güneş ışınımı haritası (1981 – 2000 dönemi)	167
Şekil 6.13.	- Meteonorm Avrupa ortalama yıllık toplam güneş ışınımı haritası (1981 – 2000 dönemi)	167

BÖLÜM 7

Şekil 7.1.	- Türkiye Genel Enerji Talep Gelişimi	170
Şekil 7.2.	- Türkiye Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Birincil Enerji Tüketimindeki Payı	171
Şekil 7.3.	- Türkiye Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi	172

BÖLÜM 9

Şekil 9.1.	- Elektrik Üretim Santrallerinin Gelişim Döngüsü	193
Şekil 9.2.	- Bir sahanın balıkgözü fotoğrafı ve karşılık gelen görüş açıları itibarıyla bakı görüşü	205
Şekil 9.3.	- Örnek: Sahada yere paralel olarak yerleştirilmiş sabit yatay panel yüzeyine gelen günlük ortalama global radyasyon grafiği (ay bazında)	207
Şekil 9.4.	- Örnek: Sahada farklı panel yüzeyleri için Haziran ayı uzun yıllar saatlik ortalama radyasyon potansiyeli	207
Şekil 9.5.	- Örnek: Sahada yere paralel olarak yerleştirilmiş sabit yatay yüzeye gelen uzun yıllar ortalama günlük global radyasyon potansiyeli yığılma grafiği	208
Şekil 9.6.	- Örnek: Yere paralel (Yatay) sabit yüzeye gelen saatlik ortalama global radyasyon değerleri (Watt Saat/m ²) - Uzun yıllar ortalamaları	208

TABLÖLAR LİSTESİ

BÖLÜM 2

Tablo 2.1.	- Farklı kolektör tiplerinin uygulama alanları ve çalışma parametreleri	19
Tablo 2.2.	- Bazı kolektör yapımcı firmalar.....	20
Tablo 2.3.	- Fotovoltaik teknolojilerinin verim, alan gereksinimi ve elektrik enerjisi üretimi açılarından karşılaştırılması	54

BÖLÜM 3

Tablo 3.1.	- Seçilmiş göstergeler.....	70
Tablo 3.2.	- 2040 Yılına Kadar Yenilenebilir Enerji Gelişim Tahmini – EREC.....	71
Tablo 3.3.	- 2030'a kadar küresel fotovoltaik piyasa için üretimi tahminleri.....	71
Tablo 3.4.	- 2030'a kadar ileri senaryo için küresel fotovoltaik piyasa değeri tahminleri.....	72
Tablo 3.5.	- 2030'a kadar iki senaryo için karbon dioksit emisyon indirimleri Tahminleri.....	72
Tablo 3.6.	- ABD 2009 Enerji Görünüm raporu referans senaryosu.....	76
Tablo 3.7.	- Avrupa Birliği'nde 2007 ve 2008 yıllarında gerçekleşen kapasite artışı.....	80
Tablo 3.8.	- Avrupa Birliği'nde 2007 ve 2008 sonlarında toplam kurulu güç.....	81
Tablo 3.9.	- Avrupa Birliği'nde kişi (oturan) başına fotovoltaik kurulu güç	82
Tablo 3.10.	- En büyük fotovoltaik üreticiler	91
Tablo 3.11.	- Güneş Işınım Şiddetine göre Fotovoltaik Üretim Maliyeti ve Öngörüler.....	93
Tablo 3.12.	- Çeşitli Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretim Maliyeti ve Öngörüler.....	94
Tablo 3.13.	- Dünyada kurulu işletmedeki bazı ısıt güneş santralleri	95
Tablo 3.14.	- Duyurusu Yapılmış Güneş Isıt Santralleri – ABD	96
Tablo 3.15.	- Dünyanın en büyük PV santralleri (12 MW veya üstü)	98
Tablo 3.16.	- Daha Küçük Fotovoltaik Santrallerin önemlilerinden bazıları	100
Tablo 3.17.	- Planlama veya inşa aşamasındaki büyük fotovoltaik santraller	101

BÖLÜM 4

Tablo 4.1.	- Güneş Güç Santralleri Yatırım Maliyetleri	105
Tablo 4.2.	- Güneş Enerjisi Birim Elektrik Enerjisi Üretim Maliyetleri	106

Tablo 4.3.	- Avrupa ülkelerinde yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini teşvik etmeye yönelik uygulamalar	106
Tablo 4.4.	- Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde uygulanan tarife mekanizmaları	107
Tablo 4.5.	- Bazı Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanan garantili tarifeler ve süreleri	108
Tablo 4.6.	- Almanya'daki garantili tarife uygulaması	109
Tablo 4.7.	- Almanya'da garantili tarifelerdeki indirim oranının kapasite artışına göre ayarlanması	110
Tablo 4.8.	- İspanya'da fotovoltaik santrallara uygulanan garantili tarifeler	110
Tablo 4.9.	- İtalya'da fotovoltaik santrallar için garantili tarife uygulaması	111
Tablo 4.10.	- Fransa'da fotovoltaik santrallara uygulanan garantili tarifeler	111
Tablo 4.11.	- Yunanistan'da fotovoltaik santrallar için garantili tarifeler	112
Tablo 4.12.	- Bulgaristan'da fotovoltaik santrallar için garantili tarife durumu	113
Tablo 4.13.	- Çek Cumhuriyeti'nde fotovoltaik santrallar için uygulanan garantili tarifeler	114
Tablo 4.14.	- Portekiz'de fotovoltaik santrallara uygulanan garantili tarifeler	114

BÖLÜM 5

Tablo 5.1.	- Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	121
Tablo 5.2.	- Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	122
Tablo 5.3.	- Yıllara Göre Güneş Enerjisi Üretimi	123
Tablo 5.4.	- Güneş kolektörü testinde ölçme periyodu sırasında ölçülen parametrelerin müsaade edilen sapması	137

BÖLÜM 7

Tablo 7.1.	- Türkiye'nin Enerji Üretim ve Tüketim Durumu	171
Tablo 7.2.	- Türkiye Talep Tahmini (Baz Talep)	173
Tablo 7.3.	- Türkiye Talep Tahmini (Düşük Talep)	173

BÖLÜM 8

Tablo 8.1.	- Türkiye'de Ar-Ge İndirim İstisna Destek ve Teşvik Unsurları	187
-------------------	---	-----

BÖLÜM 9

Tablo 9.1.	- Türkiye'nin saha potansiyeli	200
Tablo 9.2.	- Örnek Bir Güneş Enerjisi Tesisinin Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli	204

SUNUŞ

Dünya Enerji Konseyi Türk Millî Komitesi, 2009 yılında “60. Kuruluş Yıldönümünü” kutlamaktadır. 1949 Yılı’ndan günümüze kadar geçen dönemde, hem dünyada, hem de yurdumuzda önemli değişimler ve gelişmeler olmuştur. Enerji sektöründeki gelişmeler ile sosyal ve ekonomik kalkınmada ulaşılan aşamalar birbirlerinin karşılıklı olarak etkilemişlerdir. Enerjide yeni olanaklar elde edilince toplumdaki kalkınma artmış, kalkınma artınca enerjiye olan talep artış göstermiş, bu karşılıklı etkileşim, aradan geçen yıllar boyunca, artan bir hızla devam etmiştir. Bu durumun bir sonucu olarak, içinde bulunduğumuz dönemde bir düşünce artık kendini kesinlikle kabul ettirmiş bulunuyor: Uygarlığın temeli enerjidir. Bir başka deyimle belirtmek gerekirse, enerji boyutuna önem verilmez ise, uygarlığın sürdürülebilir olması sağlanamaz.

Petrol, kömür ve doğalgaz olarak bilinen fosil kaynakların kullanımlarının ortaya çıkardığı, çevre, ticaret ve uluslararası anlaşmazlıklar gibi sorunlardan artık bık-kınlık düzeyine gelen insanlık, yeni, yerli ve yenilenebilir kaynaklara yönelmek zorunluluğu ile karşı karşıya kalmıştır. Su, rüzgâr ve güneş bu konuda en büyük ilgiyi çeken kaynaklar olarak gündemdeki yerlerini her gün daha çok pekiştirmektedirler. Enerjide gelişmeyi sürdürülebilir bir şekilde yürütebilmek ve ülke gereksinimlerini karşılamak için, enerji üretiminde alternatif arayışlar içinde olmak, teknik ve ekonomik gelişmeleri yakından izlemek kaçınılmaz olmuştur.

Kurulduğu günden beri, enerji konusunda, ülkemizin sorunlarıyla ilgili birçok çalışmalar yapmış olan Dünya Enerji Konseyi Türk Millî Komitesi, 60.Yılında da, gayretlerine devam etmekte ve çalışma ürünlerini raporlar halinde toplumumuzun bilgisine sunmaktadır. Değerli birçok uzman arkadaşımızın emekleriyle hazırlanmış olan bu “DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ”, kitabı sadece sıcak su üretimiyle bilinen konunun, yeni boyutlarını açıklaması bakımından, enerji sektörümüze önemli katkı sağlayacaktır.

Bu değerli eseri meydana getiren Çalışma Grubu Üyelerimize, emekleri ve özverili çalışmaları için içten teşekkürlerimizi sunuyor, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî Komitesi olarak, başarılı çalışmalarla dolu daha nice yıldönümleri yaşamamızı diliyorum.

Saygılarımla,

Süreyya Yücel Özden
Yönetim Kurulu Başkanı

Haziran, 2009

**GÜNEŞ ENERJİSİ
VE
DÜNYA'DA GÜNEŞ
ENERJİSİNİN DURUMU**



1. GÜNEŞ ENERJİSİ NEDİR?

1.1. GİRİŞ

Günümüzde uygarlığın ve bilgi toplumunun her alanda ihtiyaç duyduğu enerjinin önemi giderek artmaktadır. Enerji, uygarlığımızın temel girdisi olup, üretim ve tüketimi, kalkınma ve gelişmişlik düzeylerini ölçmede kullanılan en geçerli göstergelerdendir.

Sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamada mevcut kaynakların yetersiz kalması sonucu alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Zira klasik yöntemlerle yapılan, özellikle fosil yakıt kaynaklı enerji üretim ve tüketimi, doğada onarılması imkansız zararlara yol açmaktadır. Dünyadaki yaşanabilir ortamın korunması, iklim değişikliğinin sebep olduğu zararlı etkilerin yanı sıra, enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan çevre tahribatının azaltılması gibi konular tüm insanlığa sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelerin yapılması, enerji üretimi teknolojilerinde ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin öncelikle dikkate alınması enerji kullanımında verimliliğe azami özenin gösterilmesi gibi hususlar giderek öncelik ve ağırlık kazanmaktadır.

Bu nedenle, küresel ölçekte çevre kirliliğine ve iklim değişikliğine sebep olan klasik fosil yakıt kaynaklı enerji üretim sistemleri ve geleneksel üretim teknolojileri yerine, çevresel etkileri daha az olan, sürdürülebilirlik ve yenilenebilirlik sağlayan enerji kaynaklarını bulmak ve yeni teknolojiler geliştirmek zorunlu hale gelmiştir. Hem fosil kaynakların sınırlı ve yerine yenisi konulamayacak bir enerji kaynağı olması, hem de üretim ve tüketim yöntemlerinden kaynaklanan çevre kirliliği, yenilenebilir, sınırsız ve çevreye uyumlu kaynak ve teknolojilerin araştırılması ve geliştirilmesini gerekli hale getirmiştir. Güneş enerjisinin de dahil olduğu yenilenebilir enerji kaynakları bu nedenle önem kazanmıştır.

Güneş enerjisi; potansiyeli, kullanım kolaylığı, temizliği, yenilenebilirliği ve çevre dostu olması gibi nedenler ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek durumdadır. Diğer enerji kaynaklarına göre kurulum maliyetlerinin yüksekliği, düşük verim, düşük kapasite faktörü ve benzeri bazı teknolojik ve ekonomik zorlukların aşılması, güneş enerjisini gelecekte daha da cazip hale getirecektir. Türkiye, güneş enerjisi konusunda son derece elverişli bir konumda olmasına rağmen sahip olduğu potansiyeli yeterince kullanamamaktadır.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları arasında potansiyel ve üretim teknolojileri bakımından farklı ve önemli bir yeri olan güneş enerjisi sistemleri, kullanılan teknolojiler, Dünya ve Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli, bu konudaki gelişmeler, maliyet, mevzuat, teşvik ve finansman konularına ve ayrıca daha fazla bilgi almak isteyenler için geniş bir kaynakça bölümüne yer verilmiştir. Türkiye’nin güneş enerji potansiyelini kullanma derecesi, ilgili mevzuat, teşvik ve finansman konuları araştırılmış, ülkemizin güneş enerjisinden daha etkin ve verimli bir şekilde faydalanması hakkında değerlendirme ve önerilerde bulunulmuştur.

1.2. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden açığa çıkan ısıma enerjisidir. Termonükleer bir reaktör olan güneşten çeşitli dalga boylarında (62 MW/m^2) enerji yayılmakta ve güneşin bütün yüzeyinden yayılan



GÜNEŞ

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)
Dünya'dan 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	: % 35 H, % 63 He, % 2 C, N, O. . .
Yaşı	: $4,57 \times 10^9$ yıl

Şekil 1.1. Güneşle ilgili bazı büyüklükler

enerjinin sadece iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir. Dünya'ya güneşten, 150 milyon km kat ederek gelen enerji, dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 15 bin katıdır.

Güneş enerjisinin atmosfer dışındaki ışınım değeri yaklaşık 1.370 W/m^2 'dir. Güneş enerjisinin yeryüzündeki dağılımı dünyanın şekli nedeniyle büyük farklılıklar göstermekte olup, dünyaya gelen ortalama güneş enerjisi $0 - 1.100 \text{ W/m}^2$ mertebesinde. Güneş radyasyonunun enerji olarak % 46'sı spektrumun kızılötesi bölgesinde, % 45'i görünür ışık bölgesinde geri kalan yüzdesi de mor ötesinde bulunur.

Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşmaz, % 30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır, % 50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Güneşten gelen ışınımın % 20'si ise, atmosfer ve bulutlarda tutulur. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Yer yüzeyine gelen güneş ışınımının % 1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Dünya'ya gelen bütün güneş ışınımı, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri, teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş ve güneş enerjisi çevresel bakımdan temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

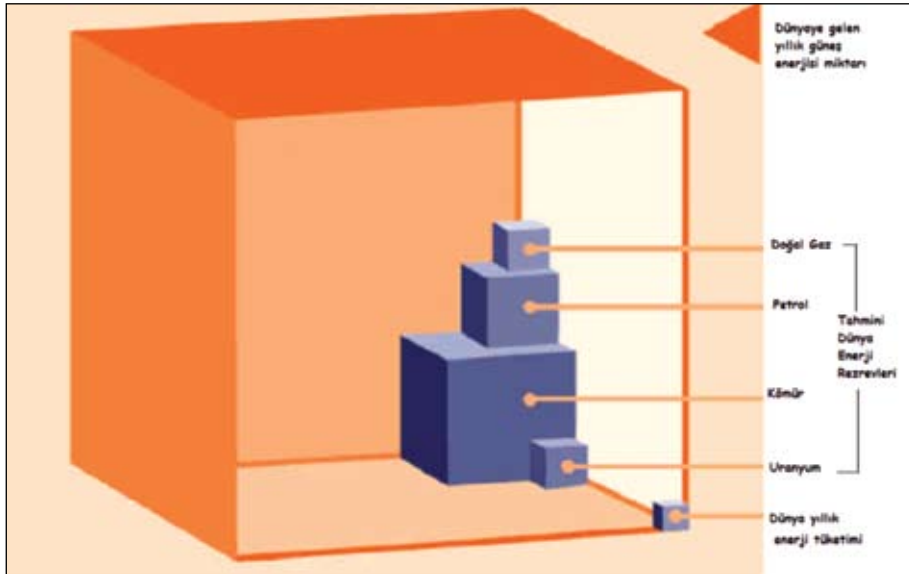
1.3. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR ^[1]

1.3.1. Temel Teknik Bilgi

Enerji fiyatlarındaki artış ve küresel iklim değişikliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ve temiz enerji teknolojilerinin geliştirilmesine verilen önemin ve önceliğin hızla artmasına neden olmuştur. Bilinen enerji kaynakları arasında en temiz ve en tükenmez olan güneş enerjisi bu gelişmeler sonucu ilgi çekmeye başlamıştır. Bu bölümde güneş enerjisinden elektrik elde etmenin temel fiziksel olayları basit bir şekilde anlatılmıştır.

1.3.2. Enerji Kaynağı olarak Güneş

Geçmişte ve günümüzde yararlandığımız tüm enerjilerin kaynağı güneştir. Evrimsel kozmolojik süreçte karbon atomunun oluşması ile başlayan organik maddeler, güneş ışınlarından soğurduğu enerjiyi fotosentez yaparak gövdelerinde dallarında ve yapraklarında depo etmişlerdir. Jeolojik devirlerde bitkilerde dahil tüm canlılar, yani organik yapılanmalar, çok çeşitli fiziksel kimyasal ve jeolojik değişimler sonucu yerküreyi meydana getiren katmanların altında kalarak kömür, petrolü ve doğalgazı oluşturmuşlardır. Fosil yakıt olarak bilinen kömür, petrol ve doğal gaz esasında güneş enerjisinin şekil değiştirmiş halleridir. Aşağıdaki şekilde fosil yakıtların ve uranyum rezervlerin güneş ışınımı ile tahmini karşılaştırılması verilmiştir.

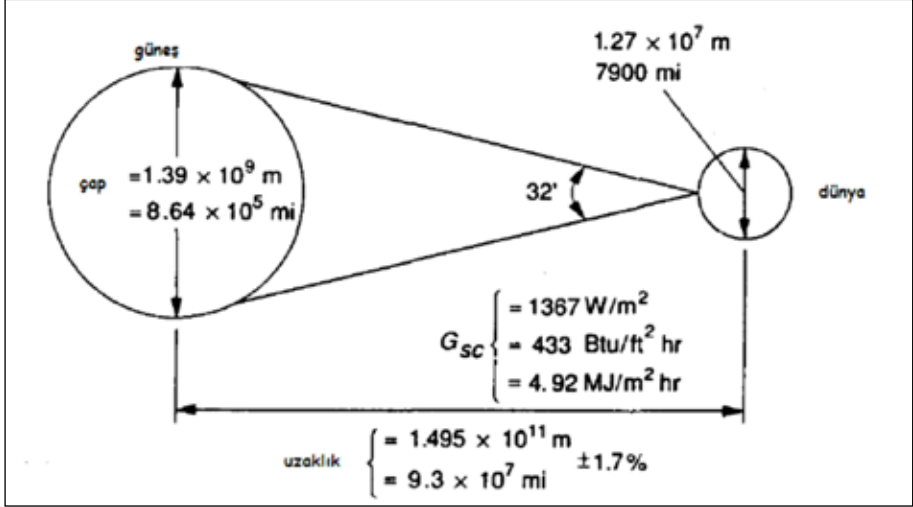


Şekil 1.2. Dünyadaki enerji kaynaklarının potansiyel olarak karşılaştırılması

Karaların ısınma ısısı denizlerin ısınma ısısından yüksektir. Bunun sonucu olarak karalar denizlere göre daha çabuk ısınır. Karaların üzerindeki hava ısındıkça yükselirken yoğunluğu düşer ve boşluk oluşturur. Denizler karalara göre daha geç ısındığından üzerlerindeki hava, kara üzerinde oluşan boşluğu doldurmak üzere karalara doğru hareket eder ve rüzgar meydana gelir. Kıyı ötesi rüzgar türbinlerine ilginin nedeni bu



bölgelerdeki rüzgar kalitesidir. Görüldüğü gibi rüzgarı meydana getiren de güneştir. Dolayısıyla rüzgar enerjisi güneş enerjisinden soyutlanamaz.



Şekil 1.3. Güneş ve Dünya

Güneş enerjisini ışıyarak yayar. Dünyanın yörünge yarıçapı yaklaşık 150 milyon kilometredir. Bir başka deyişle güneşten dünyamıza enerji bu uzun yolu 8 dakika içinde alarak gelir. Güneşe her baktığımızda onun 8 dakika önceki durumunu görürüz. Bu kadar uzun bir yol olmasına rağmen, yerküre 40 dakika içerisinde, dünya üzerinde bir senede tüketilen toplam enerjiye eşit enerjiyi güneş ışınlarından soğurur. Bu akıllara durgunluk verecek bir miktardır. Dolayısıyla bu enerjiden yararlanma yollarını araştırmak kadar doğru bir şey olamaz. Eski uygarlıkların güneşe tapmalarının nedeni belki de onun bu muazzam gücüdür.

Güneş'in çeşitli yöntemler ile ölçülen sıcaklığı 5.800 santigrat derecedir. Böylesine sıcak bir cismin gücü, yani bir saniyede yaydığı ısıma enerjisi, yaklaşık 4×10^{23} kW tır. Bu 100 watt'lık 400 trilyon çarpy bir trilyon ampul gücüne denktir. Güneşi bir küre olarak düşünersek, (yaklaşık küre şeklindedir) enerjisini tüm yönlerde homojen olarak yayar. Atmosferde soğurulduktan sonra yeryüzünün her metre karesine düşen güç ortalama yaklaşık 1.000 watt/m²'dir.

HOW MUCH RADIATED POWER DOES THE EARTH RECEIVE FROM THE SUN?

Divide into two parts:

1. How much power does the sun emit?
2. How much of this strikes the earth?

$T_{\text{sun}} \approx 5800 \text{ }^{\circ}\text{K}$ $R_{\text{sun}} \approx 6.96 \times 10^8 \text{ m}$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = (4\pi R_{\text{sun}}^2) \sigma T_{\text{sun}}^4$$

$$= 4\pi (6.96 \times 10^8)^2 (5.67 \times 10^{-8}) (5800 \text{ }^{\circ}\text{K})^4$$

$$= 3.9 \times 10^{26} \text{ watts}$$

 $r_e = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

At the earth's orbit

$$\frac{1}{A} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{4\pi R_{\text{sun}}^2 \sigma T_{\text{sun}}^4}{4\pi r_e^2} = \frac{3.9 \times 10^{26} \text{ watts}}{4\pi (1.5 \times 10^{11} \text{ m})^2} = 1380 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

At sea level, the amount striking the surface of the earth at the equator at noon is

$$\frac{1}{A} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \approx 800 \text{ W/m}^2$$

Şekil 1.4. Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınım (Einstein'in el yazısı ile....)

1.3.3. Güneş Pilleri

Güneş pilleri ışıma enerjisini elektrik akımına dönüştüren düzeneklerdir. Işımanın ne olduğunu anlamadan güneş enerjisinin ne olduğunu anlama ve ondan yararlanma olanğı yoktur. Şimdi çok kısa olarak ışımanın ne olduğuna bakalım.

Genel anlamda ışıma, özel anlamda ışık, bir elektromanyetik dalgadır. Elektromanyetik dalga ise, enerjinin elektrik ve manyetik alanlarının birbirine dik düzlemlerde dalga hareketi yaparak ilerlemesidir. Gözümüze ışık olarak gelen dalganın taşıdığı enerjiyi, fizyolojimiz beynimizde görüntüye dönüştürür. İster deniz dalgası, ister ses dalgası olsun her cins dalga enerji taşır. Deniz kenarındaki kayalara vuran dalgaların veya bir dev dalga türü olan tsunami'ye enerji bağlamında bakılırsa, dalga hareketi ve enerji arasındaki ilişki hemen kavranır. Güneşten yerküreye enerjiyi, elektromanyetik dalgalar, yani güneş ışınları, deniz dalgalarının kıyılarına taşıdığı kinetik enerji gibi taşır.

Elektromanyetik dalga spektrumu bir birinden titreşim frekansları ile ayrılmış çeşitli bantlardan oluşur. Haberleşme bantları, radyo, telsiz, radar bantları, kırmızı ötesi, görünür ışık, mor ötesi, X veya gama ışınları küçükten büyüğe frekans değerlerine göre sıralanırlar. Haberleşme bantları Şekil (1.5) deki resmin sol kenarına yaklaştıkça uzayan dalga boyları ile gösterilmiştir. Görünür ışık, spektrumda çok dar bir aralıkta yer alır. Güneş ışınları genelde kırmızı ışıktan başlayarak görünür, morötesi, X, gama ışın-

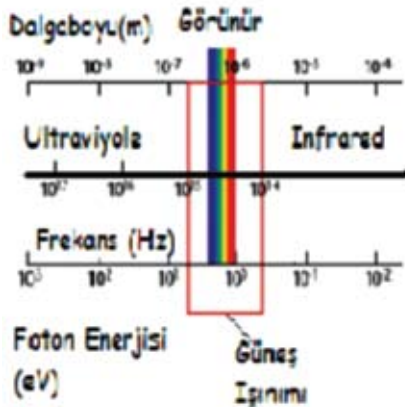


larını içerir. Özellikle mor ötesi, X ve gama ışınları gibi, güneş ışığının yüksek frekanslı yani küçük dalga boylu bileşenleri madde ile etkileşirken bir parçacık gibi davranır ve bir noktadan diğerine dalga hareketi ile giderler. Bu parçacıklara ısıma enerji paketi anlamına gelen foton denir. Güneş enerjisinden yararlanma, güneş ışınları içerisindeki yüksek frekanslı bileşenlerin parçacık karakteri taşımasından (yani foton) ileri gelir.



Şekil 1.5. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrumun fiziksel özelliklerini anlamadan güneş ışınlarının nasıl elektrik akımına dönüştüğünü anlamak mümkün değildir.



Şekil 1.6. Işık Tayfı

Güneş ışınları, her dakika küresel enerji tüketiminden çok daha fazla enerjiyi yerküreye taşırlar. Güneş enerjisinin çok büyük bir kısmını görünür ışık bandında yayınlar (2×10^{-7} ile 4×10^{-6} metre dalga boyu. Resimde kırmızı dikdörtgen içine alınan bölge.). Yerküre sıcaklığını yayınlanan bu enerji belirler. Görüldüğü gibi görünür bölge elektromanyetik spektrumun dar bir bölgesine karşı gelir. Güneş enerjisinden yararlanma bağlamında mor ve kırmızı ötesi bantlarındaki yayın önem taşır. Dalga boyu küçülüp frekans arttıkça ışınların taşıdığı enerji miktarı artar. Güneş spektrumundaki mor ötesi bant güneş pillerinin üzerine düştüğünde elektrik akımına dönüşür. Görünür bandın uzun dalga boyu düşük frekans ucunda yer alan kırmızı ötesi ışınlar ısı enerjisi taşırlar.



Fotoelektrik paneller çok sayıda güneş pilinden meydana getirilen modüler akım üreteçleridir. Güneş pilleri dünya üzerinde yokluğu hiçbir zaman hissedilmeyecek silikon gibi basit bir malzemeden üretilir.

Teknolojideki tüm gelişmeler istenilen özellikte malzeme üretimine bağlıdır. Her pilin, batarya gibi, pozitif ve negatif kutupları vardır. Bu kutuplar arasında oluşturulan elektrik alanı, ışınların pil yüzeyindeki ince film tabakasına düştüğünde yarıiletken malzemeden kopardığı elektronları elektrik akımına dönüştürür. Önemli olan güneş ışınlarının pilin yapıldığı malzemenin üzerine düştüğünde elektron koparabilmesidir. Yarı iletken teknolojisi malzemeye bu özelliği kazandırır. Dolayısıyla güneş enerjisi üzerinde özgün bir şeyler yapabilmek için önce yarıiletken teknolojisinde ustalaşmak gerekir. Gelişmiş ülkelerin bu konularda yaptığı araştırma ve geliştirmelerin ülkemizde yapılmaması için ortada hiçbir neden yoktur. Üniversitemizde sadece kişisel gayretler ile bu konularda çalışmalar yapılmaktadır. Ancak sistematik bir destek söz konusu değildir. Enerji problemini çözmek istiyorsak mutlaka kendi kaynaklarımıza ve kendi kabiliyetlerimize güvenmemiz gerekir. Günümüzde yarıiletken teknolojinin kalbi olan silikon vadisi yok iken, ülkemiz üniversitelerinin çoğu, araştırma-geliştirme yapmakta idiler. Gecikmiş sayılmayız, ancak ortada, bu konuda, bir milli bilim ve teknoloji politikasının mevcut olmaması nedeniyle ülke olarak güneş panellerini kendimiz üretme yerine gelişmiş ülkelerden ithal etmek zorunda kalmaktayız.

1.3.4. Fotovoltaik Endüstri

Güneş ışınlarını elektrik akımına dönüştüren fotovoltaik pil, önemi her geçen gün artan bir enerji teknolojisidir. Enerji fiyatlarındaki artış, çevre duyarlılığı, işletim maliyetlerinin çok düşük oluşu güneş enerjisini ciddi bir seçenek haline getirmiştir. Bu piller ile çiftliklerden dağ başlarına kadar her yerde, elektrik üretim, iletim ve dağıtım sisteminden bağımsız olarak elektrik üretilir. İlerde bu teknoloji hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir. Akdeniz, Ege ve Marmara kıyılarındaki turistik tesisler ve yazlıklar soğutma aydınlatma havalandırma sistemlerinde kullandıkları elektriğin tümünü güneş panolarından elde edebilirler. Özellikle iletim şebekesinden uzakta bulunan mezra mandıra benzeri yerleşim birimleri için güneş pilleri ideal bir seçenektir. Güneş ışın yoğunluğunun ülkemize göre çok düşük olduğu kuzey ülkelerinde bile güneş enerjisinden yararlanma yolları aranmaktadır.

Güneş pilleri çok kristalli silikon tabakalardan veya plastik ve organik yarıiletken ince filmlerden üretilir. İnce film teknolojilerinde üretim kristal silikon teknolojilerinden daha ucuz olmasına rağmen verimleri kristal silikona göre düşüktür. Üretim maliyeti bütün olarak ele alındığında kadmiyum tellür ince filmler en çok ilgi çekenlerdir. Tahminlere göre, 2020 senesinde kadmiyum paneller % 14 verimle elektriğin kWh'ini 0,06 \$'a üretebileceklerdir. Planlanan kuruluş maliyeti ise her Watt için 1,20 \$ olacaktır. Şu anda kadmiyum panellerin verimi % 10 civarındadır. Kuruluş maliyetleri Watt başına 4,00 \$'dır. Bu alandaki teknolojik gelişmeler gerçekten baş döndürücüdür. Uygulamalar ise hızla yaygınlaşmaktadır. ABD'de evlerin damlarına ve bahçelere yerleştirilen fotovoltaik paneller şebekeye bağlı kalmadan enerji üretimi imkanı yaratmakta ve evlerde kullanılan elektriğin faturasını ciddi oranda düşürmektedir.

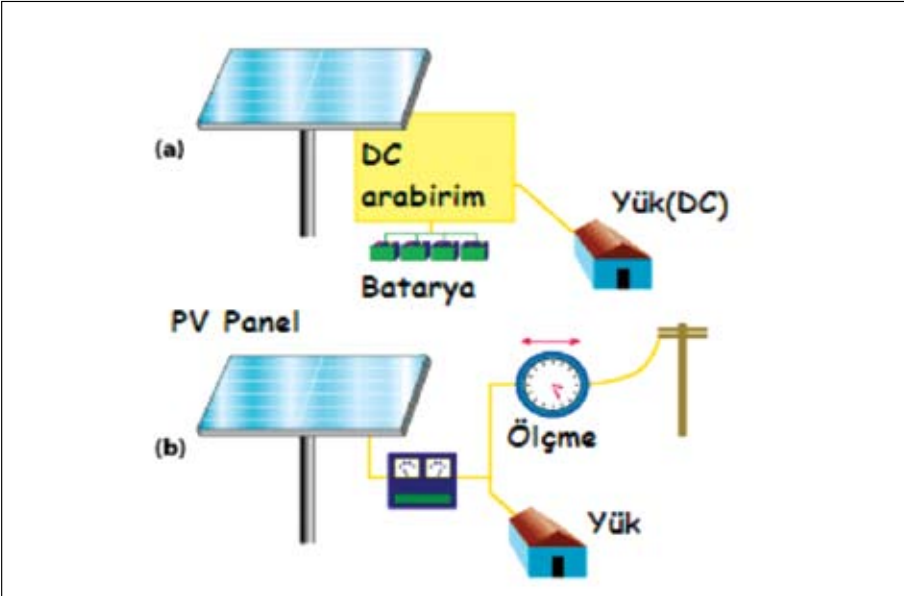
Piller doğru akım verdiği için doğrudan pompalara bağlanabilirler. Tarlalar güneş pilleri ile çalışan motorlar ile sulanır, şebekenin olmadığı bölgelerde gözetleme kuleleri vb. gibi yapılarda soğutma ve aydınlatma yine güneş pilleri ile sağlanabilir. 500 watt güç için 50–60 kg ağırlığı olan modüler sistemlerin taşınması ve montajının kolay yapılabilmesi diğer bir avantajdır.



Güneş panelleri ancak üzerlerine güneş ışınları düştüğünde akım verir. İlk bakışta gece işe yaramaz gibi bir izlenim yaratabilirler. Ancak hem gece hem gündüz güneş enerjisinden yararlanmak için özel sistemler geliştirilmiştir. Paneller ile birlikte, bir bütün olarak, otomobil akümülatörlerine benzeyen bataryalar kullanılır. Panellerin güneş ışığı alırken ürettiği akımın belli bir kısmı bataryalarda kimyasal enerjiye dönüştürülerek depo edilir ve istenildiği zaman tüketime hazır hale getirilir. Bilindiği gibi güneş pilleri doğru akım veren düzeneklerdir. Ev aletleri ise alternatif akım ile çalışırlar. Batarya ve alet arasına yerleştirilen invertör denilen ilave bir sistem ile doğru akım alternatif akıma dönüştürülür. Ancak dönüşüm sürecinde bir miktar enerji (joule) ısı olarak kayıp edilir. Güneş pillerinin sınırlı şiddette akım vermesi, onların yüksek şiddette akım çeken devrelerde kullanılamayacağı anlamına gelmez. Bu durumlarda panel-bataryadan oluşan sisteme bir jeneratör ilave edilir. Gün boyunca panellerin verdiği akım bataryada depo edilir. Devre yüksek şiddette akım gereksinimi duyduğu hallerde aradaki farkı jeneratör üretir. Jeneratörü bir motor beslediği gibi bir rüzgar türbinide besleyebilir.

Şemada (**Şekil 1.7.**) güneş enerjisinden nasıl yararlanıldığı gösterilmiştir. Modülden elde edilen doğru akım, doğru akım ile çalışan aletleri beslemektedir. Aynı zamanda fazla akım bataryalarda ileride kullanılacak şekilde depolanmaktadır. Bu durum şeklin (a) kısmında gösterilmiştir. Şeklin (b) kısmında ise bağımsız biriminin tükettiği elektrikten fazlasının şebekeye nasıl verileceğinin teknik alt yapısı gösterilmiştir.

Türkiye için (b) şıkı çok büyük önem taşır. Akdeniz Ege Marmara bölgesindeki yazlıklar göz önüne alınırsa her birim ürettiği elektriğin fazlası ile şebekeyi beslerken aynı zamanda para kazanabilir.



Şekil 1.7. Güneş'ten elektrik üretimi



Güneş enerjisinin yaygınlaşması için hem yönetsel hem de teknik bazı önlemlerin alınması gerekir. Bağımsız bir birime güneş enerjisinden kendi tüketimini karşıladıktan sonra fazla gelen enerjiyi şebeke yönetimine satma hakkı tanınmalıdır. Bağımsız birim kendi elektriğini kendisi üreten şebeke saati geri çalışarak bağımsız birimin ne kadar elektrik ürettiğini ölçebilir. Bu sistemin çalışabilmesi için bağımsız birimin ürettiği akımın voltaj, frekans gibi şebeke güç parametreleri ile uyumlu olması gerekir. Böyle bir sistemi bağımsız birimlerinde kuranların evleri bir elektrik santrali gibi çalışır ve para kazanır. Ülkemizdeki yazlıkların sayısı göz önüne alınırsa güneş panelleri ile donatılmış ve kış boyunca hiçbir işe yaramayan bu evler birer akım kaynağı gibi şebekeyi besleyebilirler. Ayrıca birimler, örneğin bir site veya tatil köyü veya bir otel, kendi elektriğini kendisi güneş panellerinden elde edebilir. Gelişen dünya koşulları inşaat sektörüne enerji bağlamında sınır şartları getirmiştir. Mimarlar ve mühendisler artık ısı kaybı ve enerji faturası minimum olan çalışma ve yaşam alanları üretmek durumundadırlar.

1.4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KISA TARİHİ [2], [3], [4], [5], [6].

Güneş enerjisi eski çağlardan beri insanlar tarafından kullanılıyor olmasına rağmen modern anlamda bu alandaki ilk gelişmeler 18. ve 19. yüzyıllarda olmuştur. 1767'de İsviçreli bilim adamı Horace de Saussure dünyanın ilk güneş kolektörünü yapmıştır. Bu kolektör daha sonra 1830'larda Sir John Herschel tarafından Güney Afrika seferinde yemek pişirme amacıyla kullanılmıştır. Aynı dönemlerde, İskoç bilim adamı Robert Stirling 27 Eylül 1816'da icat ettiği bir makine için patent başvurusu yapmıştır. Bu makine sonraları Çanak/Stirling Sistemi adı verilen güneşin ısı enerjisini elektrik üretmek için yoğunlaştıran güneş ısı elektrik teknolojisinde kullanılmıştır.

1839 yılında Fransız fizikçi Alexandre-Edmund Becquerel iki metal plaka arasındaki elektrik akımı şiddetini gözlemleme yoluyla ışık şiddetini ölçebilen bir cihaz icat ederek fotovoltaiik etkiyi keşfetmiştir. Güneş ışığı cihaz tarafından soğurulduğunda, güneş enerjisi elektronları atomlardan koparıp malzeme içinde akmasına yol açar ve bu şekilde elektrik üretimi elde edilir. Işığın (fotonlar) elektriğe (gerilim) dönüştüğü bu süreçte fotovoltaiik (veya fotoelektrik) etki adı verilmektedir.

Becquerel'in bu dönüşüm süreci güneş ışığının ancak % 1'ini elektriğe çevirebilmekteydi. Bir başka deyimle, bu dönüşüm sürecinin verimi sadece % 1'di. Fotovoltaiik etkinin ilk keşfinden sonra bilim adamları değişik malzemeler kullanarak fotovoltaiik etkinin pratik bir kullanımını bulmak amacıyla çalışmalar yapmışlardır. 1873 yılında İngiliz bilim adamı Willoughby Smith selenyumun fotoiletken olduğunu keşfetmiştir. 1877 yılında yine İngiliz bilim adamları W.G. Adams ve R.E. Day katı selenyumdaki fotovoltaiik etkiyi gözlemleyerek bu konuda bir makale yayımlamışlardır. 1884 yılında Amerikalı keşif Charles Fritts selenyumu çok ince bir altın tabakasıyla kaplayarak dünyanın ilk çalışan güneş pilini yapmıştır. Selenyumun özellikleri yüzünden bu pilin verimi sadece % 1 civarında kalmıştır. Kullanılan malzemenin yüksek maliyetine karşılık verimindeki düşüklük bu pilin enerji üretiminde kullanımını engellemiştir. Ancak güneş pilleri konusunda araştırmalar sürmüş ve 1888, 1894 ve 1897 yıllarında Amerikan Patent Dairesi'nden güneş pilleri için çeşitli patentler alınmıştır.

Aynı yıllarda ısı güneş enerjisi konusundaki çalışmalar da devam etmekte idi. Aslen bir matematik öğretmeni olan Fransız bilim adamı Auguste Mouchout, endüstri devrinde kömürün kullanımı hususunda çağının çok ilerisinde yorumlarda bulunmuş ve kömürün sınırsız olmadığını söyleyerek alternatif enerji kaynakları konusunda çalışmalara başlamıştır. Ülkesinin kömüre bağımlılığı, endüstrinin ihtiyaç duyduğu kaynağı



Avrupa'da bulmakta zorlanacağı, kömür bitince durumun ne olacağı gibi konuları öne çıkaran Mouchout, 1860 yılında yaptığı bir aygıt ile suyu güneş enerjisi ile kaynatarak elde ettiği buharla küçük bir buhar türbinini çalıştırmayı başarmıştır. Bu, dünyanın güneş enerjisiyle çalışan bilinen ilk makinesidir. Mouchout 1861'de bu makinenin patentini aldıktan sonra çalışmalarını devam ettirmiş ve 1865 yılında önceki icadını geliştirip çanak şeklinde bir reflektör kullanarak bir buhar türbinini çalıştırmıştır. 1866 yılında bu keşfini İmparator 3. Napolyon'a göstermiş ve çalışmalarını ilerletmek için gerekli destek ve teşviki almıştır. Makinesinin gücünü ve tasarımını geliştirerek, güneşi takip eden bir mekanizmayı da sisteme ekleyen Mouchout 1872 yılında ilk defa halkın önünde yaptığı bir gösteriyle yeni makinesini tanıtmıştır. Ardından bu makinesini kullanarak bir su pompasını çalıştırmayı başarmış ve daha sonra hükümetin ve Fransız Bilimler Akademisi'nin destek ve gözetiminde ek fonlar da alarak çalışmalarını güneş enerjisi potansiyeli daha fazla olan Fransız sömürge Cezayir'de sürdürmüştür. 1878 Paris Fuarı'nda güneş makinesini kullanarak bir soğutma cihazı yardımıyla buz elde etmeyi başarmış ve başarılarından dolayı bir madalya ile ödüllendirilmiştir. Ağustos 1882'deki Fransız Gençlik Birliği Festivali'nde Abel Pifre, Mouchout'un güneş enerjisi makinesini kullanarak bir baskı makinesini çalıştırmış ve bununla bir dergi basmayı başarmıştır. Bütün bu gelişmeler ve çalışmalarından ötürü ödüllendirilmesine rağmen hükümet icadın teknik olarak başarılı, fakat ekonomik olarak başarısız olduğuna karar vermiştir. Bu kararın ardında büyük ölçüde o zamanın yakıt ekonomisindeki değişim vardır. Kömür fiyatlarındaki düşüş Fransız ekonomisi üzerindeki baskıyı azaltmış ve bunun sonucu olarak ta Mouchout'un icadının gereksiz olduğu düşünülmüştür. Mouchout'un makinesi, maliyetleri düşen kömür fiyatlarıyla baş edememiştir. Özellikle İngiliz kömürlerindeki fiyat düşüşü nedeniyle Fransa, İngiltere ile çok iyi koşullarda ithalat anlaşmaları yapmış, kömür teslimatı için yeni bir ulaşım sistemi geliştirilmiş ve kömür Fransa'da çok ucuzlamıştır. Bu kararda dönemin siyasi şartları gereği Fransa'nın İngiltere ile olan ilişkilerini düzgün tutmak istemesinin de önemli bir rolü olduğu söylenmektedir. Bu nedenle Mouchout'un icadı önemini yitirmiş hükümet fonları 1882'de kesilmiş ve Mouchout akademik kariyerine geri dönmüştür. Buna rağmen Mouchout'un çalışmaları boşa gitmemiş, daha sonraki yıllarda yapılan çalışmaların, özellikle de 19. yüzyılın sonlarına doğru John Ericsson tarafından keşfedilen parabolik oluk teknolojisinin, temelini oluşturmuştur.

Mouchout ile aynı yıllarda İngiliz William Adams da güneş enerjisi üzerine çalışmalar yapmaktaydı. Bombay, Hindistan'da kayıt memuru olarak çalışan Adams, "Güneş Isısı: Tropikal Ülkelerde Yakıt İçin Bir Alternatif" adlı ödül kazanan bir kitap yazmıştı. Mouchout'un çalışmalarını inceleyen Adams, Mouchout'un icadının kullanışsız olduğu sonucuna varmıştır. Ona göre 0,5 Beygir Gücü değerindeki Mouchout'un makinesinden daha güçlü bir makine yapmak için daha büyük boyutlarda çanak şeklinde bir reflektör inşa etmek imkansızdı. Adams, problemleri; cılaanmış metal reflektörün kolayca paslanıp karacak olması, inşasının çok pahalıya mal olması ve güneşi etkili bir şekilde izlemek için aşırı hantal olması olarak sıralıyordu. Bu sorunlara çözüm olarak düz aynaların yarım daire şeklinde toplandığı bir sistem önermiştir. Bu aynalar güneşin hareketini izlemek amacıyla bir grup olarak dönme hareketi yapacak ve böylece sabit bir kazana güneş ışınlarını yoğunlaştıracaklardı. Adams 1878 sonlarında bu planını uygulamaya geçirmiştir. 17x10 inç ölçüsündeki 72 düz aynayı Mouchout'un orijinal tasarımına sadık olarak bir kazanın çevresine yerleştirmiş ve odaklanma noktasında 1.200 °F (649 °C) sıcaklık elde ederek bu sistemle 2,5 Beygir Gücünde bir buhar türbinini çalıştırmayı başarmıştır. Bu icadını bir gösteriyle çevrenin ileri gelenle-

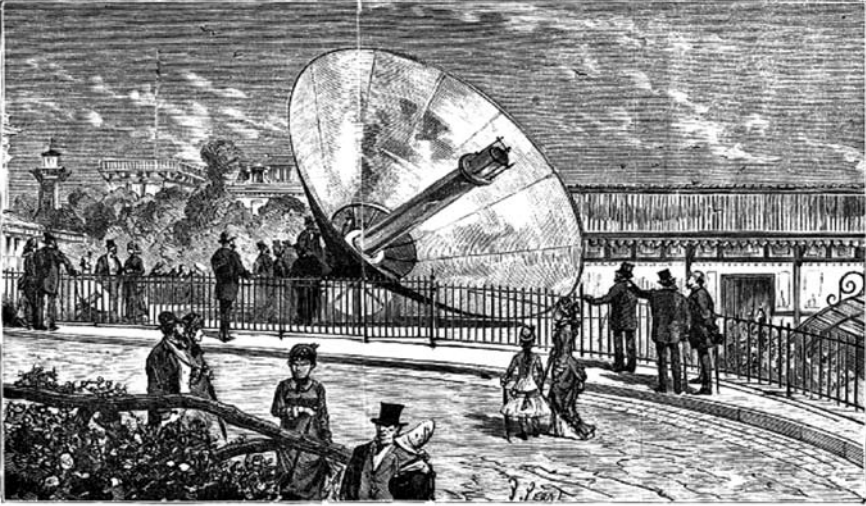


rine sunarak onları etkilemeyi başarmasına rağmen bu gösteriden kısa bir süre sonra çalışmalarına son vermiştir. Adams'ın tasarımı günümüzün "Güneş Kulesi" kavramının temelini oluşturmaktadır. Aslında modern kule tipi güneş enerjisi santrallerinin çoğu Adams'ın temel konfigürasyonunu takip etmektedir: Sabit veya yarı çember bir hatta hareket eden düz veya hafif eğri aynalar ışığı ya yukarıya alıcı kuledeki bir kazana ya da aşağıya yer seviyesinde bir kazana yansıtmakta ve böylece bir ısı makinesini tahrik etmek için buhar üretmektedir.

Mouchout'nun desteğinin kesilmesinden ve Adams'ın ilgisini kaybetmesinden sonra güneş enerjisi konusuna ilgi Avrupa'da yine de devam etmiştir. Birçokları tarafından soğutmanın babası olarak kabul edilen Fransız mühendis Charles Tellier güneş üzerine yaptığı çalışmaları ile ilk yoğunlaştırmasız, yansıtmaz güneş makinesinin tasarımını gerçekleştirmiştir. Tellier 1885'de evinin çatısına bugün kullanılanlara benzer düz levha kolektörler yerleştirmiştir. Her kolektör, her biri birbirine su geçirmez bir şekilde sabitlenmiş iki demir tabakadan oluşan ve tüplerle birbirine bağlanıp tek bir birim oluşturan, 10 adet levhadan oluşmaktaydı. Buhar oluşturmak için su yerine düşük kaynama noktası nedeniyle amonyaklı çalışma sıvısı olarak seçmişti. Gündüz vakti güneşe maruz kaldığında bu sistem Tellier'nin kuyusuna yerleştirdiği bir su pompasını saatte 300 galon çekecek kapasitede çalıştırmaya yetecek güç üretiyordu. Tellier güneş-su pompasının çatısı güneşe bakan her ev için kullanılabilir olduğunu düşünüyordu. Levhaların sayısını arttırıp sistemi büyütürken endüstriyel uygulamaların da mümkün olduğuna inanıyordu. 1889'a gelindiğinde Tellier üst kısmını camla kaplayarak ve altını da yalıtarak kolektörlerin verimini arttırmayı başarmıştı.

Daha sonra güneşi kullanarak buz üretme konusundaki çalışmalarının ayrıntılarını "Güneş Atmosferi ile Suyun Taşınması" adıyla yayınlamıştır. Vatandaşı Mouchout gibi Tellier de Afrika ovalarındaki geniş düzlüklerin güneş enerjisi yardımıyla endüstriyel ve tarımsal olarak verimli bir hale getirilebileceği hayalini kurmuştur. Tellier Fransa'nın yeni elde ettiği Batı Afrika topraklarında kendi sisteminin kullanılabileceğini, kömür fiyatının Mouchout'nun deneylerinden beri düşmesine rağmen yine de önemli bir maliyeti olduğunu savunmuştur. Ona göre kendi düşük sıcaklıklı, yoğunlaştırmaz güneş makinesi yaygın olarak kullanılabilir düzeyde ekonomikti ve Mouchout'nun çanak şekilli reflektör ve karmaşık bir izleme mekanizmasına sahip cihazından çok daha ucuza mal oluyordu. Ancak bütün bu gelişmelere rağmen Tellier zaman içinde ilgisini ve çalışmalarını soğutma sistemlerine odaklamış ve bunu da güneş ısısı kullanmadan yapmaya karar vermiştir. Bu kararında geleneksel yöntemlerle çalışan soğutucuların kazancının daha cazip olması etkili olmuştur. O yıllarda yeni soğutma teknolojisine olan talebin çoğu Kuzey ve Güney Amerika'dan Avrupa'ya et nakliyesinden kaynaklanıyordu. Gemilerin denizlerde dalga hareketi ile sallanması, gemilerde yer darlığı gibi etkenler bu taşımacılıkta güneş enerjisinin kullanımını tamamen engelliyordu. Tellier'den sonra güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar Avrupa'dan Amerika'ya kaymıştır.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.



Vue générale de mon grand appareil exposé au Trocadéro, en 1878, (Annexe de l'Exposition Algérienne).

Şekil 1.8. 1878 yılına ait bir çanak reflektör.

İsveç doğumlu bir kaşif ve mühendis olan John Ericsson yaşamının büyük bölümünü daha sonra taşındığı Amerika Birleşik Devletleri'nde geçirmiştir. Kariyerinin ilk yıllarında gemi makineleri, pervane sistemleri ve buharlı lokomotifler üzerinde çalışan Ericsson, 1869 yılından itibaren alternatif enerji konusunda çalışmalar yapmaya başlamıştır. 1872 yılında Mouchout'ununkine benzer tasarımla konik/çanak reflektör kullanarak güneş ışınlarını bir Stirling motoruna yoğunlaştıran sistemi icat etmiştir. Ancak kendisinin alternatif enerji konusundaki gerçek icadı 1883'te parabolik oluğu keşfetmesidir. Parabolik oluk uzunlamasına kesilmiş bir silindiri andırmaktadır. Tasarımındaki avantajı doğrusal olmasıdır. Çanak şeklindeki yoğunlaştırıcılardan farklı olarak parabolik oluk güneşi doğrusal olarak izleyebilmekteydi. Yanlamasına dururken doğudan batıya bir çizgi üzerinde, yatay pozisyonda ise aşağı yukarı hareket edebilmekteydi. İnşaatı ve gerekli izleme sistemleri basit ve ucuzdu. Ericsson daha sonra tasarımlarını ticarileştirmeye uğraşmış ve özellikle kurak bölgelerdeki çiftçilere sulama amaçlı güneş enerjisi makineleri satmak için çalışmalarda bulunmuştur. Ancak çalışmalarını ilerletmesine rağmen gizliliğe verdiği aşırı önem yüzünden 1889'da öldüğünde çok daha gelişmiş bir güneş makinesi bulduğuna inanılan bu ileri çalışmaları konusunda herhangi bir kayıt bırakmamıştır. Yine de parabolik oluğun icadı çok büyük bir ilerlemeydi. Bu sayede 1912'de Meadi, Mısır'da 45 kW (55 BG) gücünde bir güneş makinesi inşa edilebilmiştir. Ancak Birinci Dünya Savaşı'nın çıkması ve düşen fosil yakıt fiyatları nedeniyle alternatif enerjiye olan ilginin azalması bu santralin kapanmasına yol açmıştır. Meadi Santrali'nin kapanması parabolik oluk teknolojisinin sonu olmamıştır. Modernize edilmiş haliyle bu teknoloji günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır.

Güneş enerjisinin ticari uygulamaları ilk olarak ABD'de başlamıştır. Boston'lu Aubrey Eneas güneş makinesi deneylerine 1892'de başlamış ve 1900 yılında dünyanın ilk güneş enerjisi şirketini (The Solar Motor Co.) kurarak çalışmalarını 1905'e kadar sür-



Şekil 1.9. Frank Shuman'ın güneş enerjisi gösterisiyle ilgili ilan

dürmüştür. Mouchout'nun tasarımı geliştiren Eneas, ilk tanıtımını Pasadena, California'da yapmıştır. Hazırladığı makinenin 33 feet çaplı reflektörü 1788 ayrı aynadan oluşuyordu. 13 feet uzunluğa ve 1 feet genişliğe sahip kazanı ise 100 galon su tutabiliyordu. Güneş ışığı altında Eneas'ın makinası suyu kaynatarak oluşturduğu buhar gücü ile bir su pompası yardımıyla kuyudan dakikada 1.400 galon su çekmeyi başarmıştır. Makinesini pazarlamaya çalışan Eneas potansiyel müşterilerine daha yakın olmak amacıyla 1903'te Boston merkezli şirketini Los Angeles'a taşımış ve 1904 başlarında ilk makinasını 2.160 dolara, Arizona'da Dr. A. J. Chandler'a satmayı başarmıştır. Ancak bir hafta geçmeden makinenin kazanı bir fırtınada devrilmiş ve makine onarılamayacak dercede hasar görmüştür. Buna rağmen çalışmalarına devam eden Eneas, 1904 sonbaharında Wilcox, Arizona'da John May adlı bir çiftçiye 2.500 dolara başka bir makine satmayı başarmış bu makinada kısa süre sonra çıkan fırtınada hasar görmüştür.

Hava koşulları nedeniyle oluşan bu iki kaza Eneas'ın cihazının ABD'nin güneydoğusundaki çöllerin sert iklim koşullarına karşı dayanıksız olduğunu ortaya koymuştur. Bu olaylardan sonra şirket kapanmıştır. Ancak Eneas'ın yürüttüğü çalışmalar bu alanda yapılan sonraki çalışmalara büyük ölçüde ışık tutmuştur.

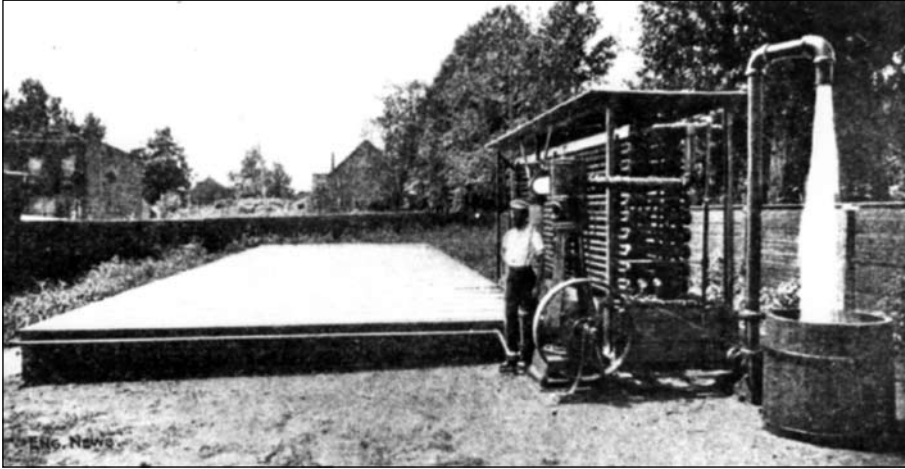
Bir başka ABD'li girişimci, Henry E. Willsie kendi güneş makinesinin yapım çalışmalarına Eneas'ın şirketinin kapanmasından bir yıl önce başlamıştı. Ona göre Mouchout, Adams, Ericsson ve Eneas'ın çalışmalarından ve tecrübelerinden alınan dersler yüksek sıcaklıklı ve yoğunlaştırmasız makinelerin maliyet yönünden verimsizliğini kanıtlıyordu. Willsie, Tellier'nin icadına benzer yansıtmasız ve düşük sıcaklıklı bir sistemden güneş enerjisinden doğrudan yararlanmada en iyi yöntem olduğuna ikna olmuştu. Ayrıca bir güneş makinesinin tüm gün çalışmadığı sürece pratik olmayacağını da hissediyordu. Dolayısıyla çalışmalarını ısı depolama uygulamalarına odakladı. Willsie güneş enerjisini depolamak için yüzlerce galon suyu ısıtan geniş düz levha kolektörler ve ısınan suyu saklamak için de büyük yalıtımlı bir havuz inşa ederek bir seri tüpü veya buharlaştırma borusunu kazan olarak kullanmak üzere havuza daldırdı. Willsie çalışma sıvısı olarak Tellier'nin amonyakına karşılık kükürt dioksiti tercih etmiştir. Bu çalışma sıvısı borulardan geçtikten sonra yüksek basınçlı buhara dönüşüp türbini çalıştırmakta, sonra bir yoğunlaşma tüpünde soğuyarak tekrar sıvı hale dönmekte idi. 1904'te tasarımının sürekli güç üreteceğinden emin olan Willsie, biri St. Louis, Missouri'de 6 BG, diğeri de Needles, California'da olmak üzere iki sistem inşa etmiştir. Birkaç denemeden sonra



büyük sistemin depolama kapasitesini test etmeye karar vermiş ve karanlık çöktükten sonra sistemi başarıyla çalıştırarak, gündüz topladığı ısıyla gece çalışabilen dünyanın ilk güneş makinesini yapmıştır. Willsie güneş enerjisi ile sürekli üretimi sağlamanın yanında ayrıntılı maliyet analizlerini de yapmış ve güneş makinesinin iki yıllık bir geri ödeme süresine sahip olduğunu iddia etmiştir. Bu, alternatif enerji teknolojilerinin bugünkü standartlarıyla karşılaştırıldığında bile oldukça sıra dışı bir değerdir. Aslında Willsie de ilk olarak icadını kendinden önceki Ericsson ve Eneas gibi çöl sulaması amacıyla pazarlamayı düşünmüştür. Ancak daha sonra almış olduğu patentlerde, icadının elektrik aydınlatması, soğutma, buz yapımı, değirmencilik, madenlerdeki pompalama ve yüksek miktarda güç gerektiren diğer amaçlar için tasarlandığı belirtiliyordu. Willsie icadını satışa çıkarmak için gayret etmiş ise de alıcı bulamamıştır. Avantajlı maliyet analizine rağmen müşteriler makinenin dayanıklılığı konusunda kuşkuluydular, makine boyutlarının cesametine karşın güç çıkışının düşüklüğü ve makinenin ilk yatırım maliyeti alıcıların gözlerini korkutmuştu. Willsie'nin şirketi de kendinden öncekiler gibi kapandı.

Bütün bu ticari başarısızlıklara karşın güneş enerjisinin geleceğine hala inanan insanlar vardı. Frank Shuman bunlardan biriydi. Fakat diğer pek çoklarından farklı olarak Shuman hayalci bir insan değildi. İş yaşamına olan katı yaklaşımı, güneş enerjisi konusundaki ısrarlı araştırmaları o ve arkadaşlarının uzay çağından önceki en büyük ve en uygun maliyetli makineyi geliştirmelerine olanak sağlamıştır. Shuman 1906'da Willsie'ninkine benzer bir düz levha kolektör tasarımıyla çalışmalarını başlatmıştı. Tasarımın tek farkı çalışma sıvısı olarak kükürt dioksit yerine eter kullanılmasıydı. Ancak düşük buharın özgül ağırlığı yüzünden istediği sonucu alamamıştı. Birtakım uğraşlardan sonra 1910'da Tellier'ninkine benzer bir tasarım geliştirip yalıtımı arttıran ve çalışma sıvısı olarak da suyu kullanan Shuman yine istediği gücü elde edememiş ve istemeyerek de olsa bir çeşit yoğunlaştırmaya gereksinim olduğu gerçeğini benimsemiştir. 1911'de Sun Power Co. Şirketini kurduktan sonra o zamana kadar yapılmış en büyük güneş dönüşüm sistemini Talcony, Pennsylvania'daki evinin yakınlarına inşa etmiş fakat istediği basıncı elde edememiştir. Bilahare, E.P. Haines adlı bir mühendisin yardımıyla tasarımını geliştirmiş ve güneş kolektörleriyle 33 BG gücünde ve dakikada 3.000 galon su çeken bir su pompasını çalıştırmayı başarmıştır. Shuman Talcony santralinin maliyetini o zamanki geleneksel kömürle çalışan sistemlerin beygircü başına 80 dolarlık maliyetine karşılık beygircü başına 200 dolar olarak hesaplamıştı. Yakıt bedava olduğundan ek yatırımların birkaç yıl içinde kendini telafi edeceğine, dolayısıyla bunun iyi bir rakam olduğuna işaret ediyordu. Üstelik ABD'nin sanayileşmiş kuzeydoğusunda bu rakamın ilk aşamada kömür veya petrolle çalışan makinelerle rekabet edemeyecek olması kendisini fazla ilgilendirmiyordu; çünkü kendinden önceki Fransız girişimciler gibi makinesini Kuzey Afrika'nın güneşli bölgelerine taşımayı düşünmekte idi. Makineyi taşımak ve arazi satın almak için gerekli parayı bulmak üzere İngiltere'den yatırımcıları davet etmiş ve Sun Power Co. Ltd. kurmuştur. Ancak ek finansal destekle birlikte ek yaptırımlar da gelmiş ve Shuman İngiliz fizikçi C. V. Boys'un önerileri doğrultusunda tasarımında bir takım değişiklikler yapmak zorunda kalmıştır. Shuman basit sistemin karmaşılaşmasının makineyi kullanışsız hale getireceğinden korkmuştu. Ancak makine Mısır'da Kahire'nin hemen dışında 1912 yılında tamamlandığında bu korkularının yersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Makinenin performansı Talcony modelinden çok yüksek olup yüzde 33 daha fazla buhar üretiyor ve çıkış gücü de 55 beygir gücünü geçmiş bulunuyordu. Bu, yüksek maliyetleri dengelemenin çok ötesindeydi ve bölgedeki güneş yoluyla sulamanın geri ödeme süresini önemli ölçüde azaltarak maliyetleri beygir gücü başına 150 dolar'a kadar düşürüyordu. Güneşle çalışan mekanik enerji sonunda kömür ve petrolle rekabet edebilecek teknik yeterliliğe ulaşmış gibi görünüyordu. An-

cak bu başlangıç aynı zamanda bir son oldu. Çünkü son Kahire denemelerinden iki ay sonra Birinci Dünya Savaşı başladı ve hızla Avrupa'nın sömürge ve kolonilerine de yayıldı. Kuzey Afrika da bundan etkilendi ve Shuman'ın güneş sulama santrali tahrip edildi. Projede çalışan mühendisler savaşla ilgili görevler için ülkelerine geri döndüler. Frank Shuman da savaşın bitişinden önce öldü. Shuman'ın cihazının güneş enerjisinin şiddetle ihtiyaç duyduğu ticari başarıyı sağlayıp sağlayamayacağı konusu asla bilinmeyecektir. Ancak Sun Power Co. Kendisinden önce gelen 50 yıldaki fikirleri etkili bir şekilde birleştirerek teknik bir olgunluğa ulaştırmayı başarmıştır. Şirket Tellier ve Willsie'nin soğurucusunu (doğrusal formda olsa da), Ericsson'un kine benzer bir reflektörü, önce Mouchout, sonra da Eneas tarafından kullanılan basit izleme mekanizmasını kullanmış ve bunları özel olarak güneş enerjisiyle elde edilen buharla çalışmak için tasarlanmış bir makine için birleştirmiştir. Gerçekte Shuman ve arkadaşları 50 – 60 yıl önceden daha sonra pek çok modern popüler güneş enerjisi sisteminde kullanılan standartları belirlemişlerdir.



Şekil. 1.10. Frank Shuman'ın Filadelfiya'da güneş enerjisi ile su pompasını çalıştırması

Fotovoltaik güneş enerjisi konusundaki çalışmalar da aynı zaman diliminde devam etmiştir. Özellikle Albert Einstein'ın 1905 yılında yayımlanan ve kendisine 1921 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandıran Fotoelektrik Etki hakkındaki makalesi bu konudaki önemli kilometre taşlarından biridir. Fotovoltaik Güneş Enerjisi konusunda çalışmalar, deneyler ve patent alımları devam etmiş, 1946'da Russell Ohl'un çalışmasının ardından araştırmacılar Gerald Pearson, Calvin Fuller ve Daryl Chapin 1954'de ilk silikon güneş pillini yapmayı başarmışlardır. Bu ilk güneş pillerinin maliyetleri 286 USD/watt düzeyindeydi ve verimleri de % 4,5 – 6 civarına ulaşmıştı. Yüksek maliyetler nedeniyle bu ilk güneş pilleri daha çok uzay araştırmalarında kullanılmış ve maliyetlerin kabul edilebilir seviyelere düştüğü 1970'lere kadar deneysel çalışmalar dışında çok sınırlı uygulama alanları bulabilmiştir.

1920 ve 1930'lu yıllarda düz levha kolektörler kullanan güneş enerjili ısıtma sistemleri ABD'de özellikle California ve Florida gibi güneşli eyaletlerde yaygınlaşmaya başlamıştır.



1860 ile 1914 yılları arasında geçen sürede güneş enerjisi alanında elliden fazla patent alınmasına rağmen güneş enerjisi pratik endüstriyel bir uygulama alanı bulamamış ve 1914 yılından sonra güneş enerjisiyle ilgili çalışmalar elli yıllık bir duraklama yaşamıştır. Bunun ilk nedeni fosil yakıtların kullanımı ve taşınmasında yaşanan devrimsel nitelikteki gelişmelerdir. Kömür ve petrol şirketleri çok geniş bir altyapı, dengeli ve kararlı pazarlar ve yüksek bir arz düzeyi sağlamada başarılı olmuşlardır. Bu süreçte, güneş enerjisi öncüleri, kamuoyunu güneş enerjisinin bilimsel merakın ötesinde bir değeri olduğuna ikna etme gibi bir zorlukla karşı karşıya kalmışlardır. Kolayca kanıtlanabilen elle tutulur sonuçlar olmadan, ileri görüşlü ve yenilikçi söylemler, ihtiyaçlarını en kolay ve kısa yoldan tatminine alışmış kamuoyu tarafından iyi algılanamamıştır. Var olan enerji teknolojilerini geliştirmek ve uyarlamak daha az riskli ve daha kontrollü olarak kabul edilmiş, daha mantıklı görünmüştür. Sonuç olarak, radikal ve yeni bir teknolojiyi uygulamaya geçirmek, ya top yekun bir kendini adamayı, ya da var olan teknolojinin başarısız olmasını gerektirir. 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başındaki güneş enerjisi çalışmaları bu kriterleri karşılayamamıştır.

Ancak, 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi, petrol ambargosu ve nükleer kirlilik, temiz ve yenilenebilir enerjiyi yeniden gündeme taşımıştır. Buna güneş enerjisi teknolojisiindeki gelişmeler sonucu düşen maliyetler ve artan verim de eklenince bu konudaki çalışmalar yeniden hız kazanmıştır. Küresel ısınma ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması konusunun gündeme gelmesini takiben temiz ve yenilenebilir enerjiye ilgi daha da artmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda, ilk endüstriyel tip enerji üretimi 1984 yılında Los Angeles'ta Luz Co. tarafından gerçekleştirilmiştir. Kurulan parabolik aynalı sistem ile 354 MW bir güç üretimi sağlanmıştır. 1990'lı yıllarda biri 10 MW'lık Kaliforniya'da, diğeri de 30 MW'lık Ürdün'de olmak üzere iki adet güneş kulesi sistemi kurulmuştur. Daha sonra, 2000'li yılların hemen başında güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ve yatırımlar artarak devam etmiştir. Özellikle fotovoltaik sanayi üretimi büyük bir gelişme göstermiş ve 2006 yılına gelindiğinde dünya fotovoltaik üretimi, toplam 2.520 MWp modül kapasitesine ulaşmıştır. Bu 12 milyar Euro'luk bir pazar hacmine karşılık gelmektedir. Yapılan tahminler bu pazarın büyüklüğünün 2010 yılında 40 milyar Euro'ya ulaşacağı doğrultusundadır.

1.5. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Prof.Dr. Cengiz YALÇIN
2. Pentland, William. Solar Energy A Synopsis of Everything Under the Sun
<http://knol.google.com/k/william-pentland/solar-energy>
3. History of Solar Energy (Part 1)
<http://www.freeenergy.ca/news/120/ARTICLE/1272/2007-03-17.html>
4. History of Solar Energy (Part 2)
<http://www.freeenergy.ca/news/120/ARTICLE/1273/2007-03-17.html>
5. History of Solar Energy (Part 3)
<http://www.freeenergy.ca/news/120/ARTICLE/1274/2007-03-17.html>
6. Fotovoltaiklerin Tarihçesi, Temiz Dünya Rehberi Güneş Enerjisi, Temiz Dünya Ekoloji Derneği, İstanbul, 2009
7. The Sun and How to Observe It , Jamey L. Jenkins, Springer, 2009



2.GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

2.1. GÜNEŞ ENERJİSİ ve GÜNEŞ ENERJİSİNİN ISIL ÇEVİRİM İLE TOPLANMASI (1)

2.1.1. Güneş Enerjisi

Türkiye'nin, güneş kuşağı içinde yer alması dolayısıyla, güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi yüksek olmasına karşın, bu kaynak yalnız düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Sanayinin toplam enerji ihtiyacının karşılanmasında % 0,1 oranında güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi uygulamaları sadece güneş kolektörleri vasıtasıyla düşük sıcaklıkta sıcak su üretimi ile sınırlı kalmaktadır. Kurulu olan kolektör miktarı son tahminlere göre 12 - 17 milyon m² civarındadır. Güneş enerjisi uygulamaları; sıcak su üretimi, bitkisel ürünlerin soğutulması ve kurutulması, pişirilmesi, deniz suyunun damıtılması, elektrik üretimi, hacim ısıtılması ve soğutulması, sulama suyunun pompalanması, endüstriyel işlem ısısı üretme, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimlerin gerçekleştirilmesi olarak sıralanabilir.

Güneş enerjisinin avantajları; yakıt masrafı olmadığından işletme maliyetinin düşük olması, proses ısısının istenilen sıcaklıkta doğrudan elde edilmesi, enerji kaynağının tükenmez oluşu ve en önemlisi çevreyi kirliletmemesi olarak sayılabilir. Dezavantajları ise, geniş kullanım alanlarına ihtiyaç duyulması, kullanılabilir enerjileri dönüştürme teknolojisinin henüz tam olarak yaygınlaşmaması, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve gelen enerjinin kesikli ve değişken olması olarak sıralanabilir. Bu dezavantajların ortadan kaldırılması için gerekli teknolojiler üzerinde bilimsel çalışmalar devam etmektedir.

2.1.2. Güneş Enerjisinin Isıl Çevrim Yöntemi ile Toplanması

Isıl çevrim yöntemi ile güneş enerjisinden yararlanma, günümüzde en fazla uygulama alanı bulmuş ve dolayısıyla en fazla gelişme göstermiş yenilenebilir enerji teknolojisidir. Isıl çevrimler sonucunda ulaşılabilen sıcaklık limitlerini ve aynı zamanda kullanılan teknolojileri üç grupta toplamak mümkündür.

Düşük sıcaklık uygulamaları

Güneş enerjisinden, en basit ve en yaygın yararlanma yöntemi düzlemsel güneş kolektörleri yardımıyla güneş enerjisinin su, hava veya herhangi bir akışkana iletilmesidir. Düzlemsel güneş kolektörleri genel olarak saydam örtü, güneş ışınımını toplayan yutucu yüzey, yüzeye entegre edilmiş taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir. Bu tip kolektörlerin verimini artıran en önemli parametre, güneş ışınlarını ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısıyı akışkana aktaran yutucu yüzeydir. Yutucu yüzeye yapılan seçici yüzeyli kaplama ile kolektör veriminde artış sağlanmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştüren en basit ve yaygın olarak kullanılan araçlardan birisidir. Kolektörün verimi, yutucu yüzey kaplamasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Bu yüzeyin imalinde bakır, alüminyum, paslanmaz çelik, sac, plastik gibi malzemeler kullanılır. Yutucu yüzey kaplamalarının görevi, güneş ışınımını mümkün olduğu kadar yutmak ve ısıya dönüştürmektir. Yutucu yüzey kaplaması olarak siyah mat boya ve seçici yüzey kapla-

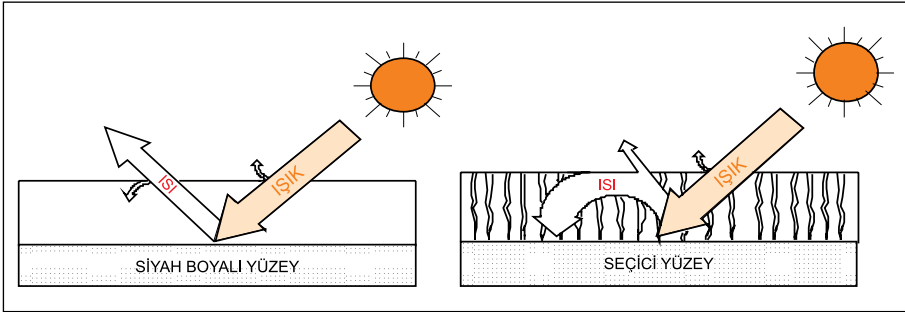
1 Bkz.yararlanılan kaynaklar.



malari kullanilir. Şekil 2.1.'de siyah boyali ve seçici yüzeyli plakada güneş ışınının yutulması ve yayılması arasındaki fark görülmektedir. Yutucu yüzey siyah mat boya ile boyandığında yüzeyin güneş ışınımını yutma oranı % 90 – 98, uzun dalga boylu ışınımı yayma oranı % 85 – 92 arasındadır. Yani yüzey yuttuğu ışının büyük kısmını geriye vermektedir. Seçici yüzeyli kaplamalarda temel amaç, kısa dalga boylu ışınının tamamına yakın kısmının yutulması buna karşılık uzun dalga boylu ışınım yayıcılığı'nın en aza indirilmesidir. Böylece plaka sıcaklığı daha fazla artırılarak akışkana daha fazla ısı iletimi sağlanır. Seçici yüzeyler sıcaklık yükseldikçe daha az ışınım yayarlar, dolayısıyla kolektör verimi yükselir. Yüksek verimli kolektörlerin imalatında en önemli faktör kolektörün temelini oluşturan yutucu plakaların, güneşten gelen radyasyonu yutması buna karşılık ısınan yüzeyin geriye enerjiyi yaymamasıdır. Bu özelliklerdeki yüzeyler İsviçre standardına göre yutucu plakaların optik özelliklerine göre üç sınıfa ayrılmaktadır.

1-Seçici Kaplamalar	Yutma > % 90; yayma % 0 – 20 arasında ,
2-Yarı seçici kaplamalar	Yutma > % 90; yayma % 20 – 50 arasında,
3-Seçici olmayan kaplamalar	Yutma > % 90; yayma % 50 -100 arasında olmalıdır.

Seçici yüzeylerin hazırlanmasında sputtering, kimyasal buhar depozisyonu, metal spreyi, kimyasal oksidasyon ve elektroliz gibi çeşitli teknikler kullanılır. Dünyada seçici yüzey kaplaması olarak iki tür kaplama ticari olarak kullanılmaktadır. Bunlar, alüminyumun anodik oksidasyonu ile oluşturulan poröz yüzeye nikel oksit ile yapılan renklendirme ve bakır üzerine nikel kaplanmış yüzeye siyah krom ile renklendirmedir.



Şekil 2.1. Siyah boyali ve seçici yüzeyli plakalarda güneş ışınının yutulması ve ısı ışınlarının yayılması

Farklı uygulama alanlarına bağlı olarak geliştirilen kolektör tipleri ve çalışma sıcaklıkları Tablo 2.1.'de verilmektedir. Ülkemizde sıcak su ısıtma amaçlı olmak üzere, yıllık kolektör üretimi yaklaşık 750 bin m² düzeyindedir. Özellikle Akdeniz ve Ege Bölgelerinde güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olmasından dolayı yoğun olarak kullanılmaktadır.

Düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılan diğer bir kolektör tipi ise havalı güneş kolektörleridir. Havalı güneş kolektörleri, yutucu yüzey ile çalışma akışkanı hava yardımıyla güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Yutucu yüzeye gelen güneş ışınlarının büyük bir kısmı yutulur ve taşınım sistemde dolaştırılan çalışma akışkanı havaya aktarılır. Kolektörden elde edilen yararlı ısı, kolektörden geçirilen çalışma akışkanının giriş ve çıkış entalpi farkına eşittir. Yutucu yüzey olarak kanatçıklı metal

levhalar, V-şekli verilmiş metaller, düz metal levhalar, içinden çalışma akışkanının geçtiği ağ şeklinde malzemeler ile yarılmış ve açılmış metaller, sentetik ve doğal kürkler kullanılmaktadır. Yutucu yüzey ile çalışma akışkanı arasında ısı transfer katsayısı küçük olduğundan seçilen malzemenin (ısı transfer alanı/hacim) oranının büyük olması gerekmektedir. Bu şekilde ısı transfer alanı artacağından çalışma akışkanına aktarılan enerji miktarı da artar. Yutucu yüzeyin pürüzlü olması ısı transferinde artışa neden olur. Pürüzlülük ısı verimi olumlu yönde etkilerken, kolektörde oluşacak basınç kaybını dolayısıyla fan gücünü artırır.

Tablo 2.1. Farklı kolektör tiplerinin uygulama alanları ve çalışma parametreleri

Kolektör tipi	Verim (η)	Efektif ısı kayıp katsayısı W/m^2K	Kolektör çalışma sıcaklığı (°C)	Uygulama alanı
Basit yutucu yüzey	0.90	20	15-25	Yüzme havuzu
Düzlemsel güneş kolektörü	0.80	6	15-40	Sıcak su
Seçici yüzeyli düzlemsel güneş kolektörü	0.80	4	15-40	Sıcak su
Seçici yüzeyli, geçirgen filmlili düzlemsel güneş kolektörü	0.75	3	15-40	Yardımcı ısıtıcı Sıcak su
Seçici yüzeyli vakum tüplü kolektör	0.65	2	60-90	Yardımcı ısıtıcı
			80-130	Proses ısısı
Vakum tüplü parabolik yansıtıcı kolektör	0.60	1	60-90	Yardımcı ısıtıcı
			100-200	Proses ısısı

Düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılan havalı ve sıvılı güneş kolektörlerinin uygulama alanları; kullanım sıcak suyu ısıtılması, konut ısıtılması, sera ısıtılması, tarımsal ürünlerin kurutulması, büyük hacimlerin ısıtılması ve soğutulması olarak sıralanabilir.

2.2. GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERDE SEÇİCİ YÜZEYLER (2)

2.2.1. Seçici Yüzeyler

Yutucu kaplamanın görevi, güneş ışınımını mümkün olduğu kadar fazla yutmak ve onu ısıya çevirmektir. Seçici yüzey kaplaması olarak iki tür kaplama "ticari" olarak kullanılmaktadır. Bunlar:

- Alüminyumun anodik oksidasyonu ile oluşturulan poröz yüzeye nikel oksit ile yapılan renklendirme,
- Bakır üzerine nikel kaplanmış yüzeyin siyah krom ile renklendirilmesi'dir.



i. Alüminyumun anodik oksidasyonu ile oluşturulan poröz yüzeye nikel oksit ile yapılan renklendirme;

Siyah nikel konusundaki ilk çalışma 1955 yılında Tabor tarafından yapılmıştır. Ancak ilk siyah nikel çalışmaları alüminyum dışındaki metallere uygulanan elektroliz yöntemi olup, eloksal yöntemi ile ilgili araştırmalar, 1980'li yıllarda yapılmıştır. Bu çalışmaların güneş enerjisi sistemlerine optimizasyonu ise 1986 yılında başlamıştır. Alüminyumun anodik oksidasyonu ile oluşturulan poröz yüzeye nikel oksit ile yapılan renklendirme iki basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamakta, fosforik asit ile poröz anodik yapı elde edilir. İkinci basamakta ise borik asit ile tamponlanmış nikel tuzu içeren banyoda renklendirme yapılır. Dünya'da seçici yüzeyler ile ilgili bazı ticari uygulamalar Tablo 2.2.'de özetlenmektedir.

Tablo 2.2. Bazı kolektör yapımçı firmalar

Kolektör yapımçı firma	Yutucu Kaplama Türü	Malzeme	α (yutma) ϵ (yayma)
Agema SA, İsviçre	Siyah Krom	Paslanmaz Saç	0,94 0,16
Schweizer Metallbau, İsviçre	Siyah Krom	Bakır	0,94 0,09
Tekno Term AB, İsveç	Nikel pigment. Anodize. Al	Alüminyum	0,93 0,16
VDM, Aluminium GmbH, Al- manya	Nikel pigment. Anodize. Al	Alüminyum	0,92 0,18
Arbonia, İsviçre	Nikel folyo üst. siyah Ni	Alüminyum	0,94 0,09
George Bucher GmbH, Almanya	Paslanmaz saçın kimyasal dönüşümü	Paslanmaz Saç	0,85 0,11
FENTEK, Türkiye	Nikel pigment. Anodize. Al	Alüminyum	0,93 0,16
AMCOR, İsrail	Siyah Krom	Bakır	0,95 0,10

Günümüzde siyah nikel kaplamanın yapılacağı malzeme olarak alüminyum tercih edilmektedir. Çünkü alüminyum ucuz ve hafif olup, kaplama teknolojisi karışık ve zor işlemler içermemektedir. Dolayısıyla sanayi tarafından tercih edilmektedir. Pratikteki ölçüm sonuçları bu tip bir kaplamanın, kolektör içindeki yüksek neme duyarlı olduğunu göstermiştir. Bu tip kaplama sadece yağmur sızdırmaz kasalı ve iyi havalandırılmalı kolektörlerde kullanılabilir.

ii. Bakır üzerine nikel kaplanmış yüzeyin siyah krom ile renklendirilmesi

Krom kaplama ilk olarak 1854 yılında R.W. Bunsen tarafından sıcak CrCl_3 sulu çözeltilerinden karbon anot kullanılarak, Almanya'da gerçekleştirilmiştir. Bunu takip eden yıllarda 6 değerli krom bileşikleriyle (krom trioksit) daha iyi sonuçlar elde edilebileceği belirlenmiş, fakat endüstriyel krom kaplamacılığı ancak kromik asit banyolarına H_2SO_4 ilavesinin yararlarının saptanmasıyla 1920 yılından itibaren yaygınlaşmıştır. Krom kaplamanın yapısı elektrolitin sıcaklığına, bileşimine ve katodik akım yoğunluğuna bağlıdır.

Ticari olarak üretilen siyah krom yüzeyler, metalik krom ve dielektrik Cr_2O_3 ün kompleks birleşimidir. Siyah krom kaplamalarda malzeme tarafında yüksek miktarda metalik krom varken, atmosfere temas eden yüzeyde ise krom oksit oranı yüksektir. Siyah



kromun oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda birçok sene performans gösterdiği bilinir, ancak (300 – 350°C) yüksek sıcaklıklarda birkaç yüz saat havada bırakılan kaplamaların güneşi yutma ve yayma değerlerinde bir miktar azalma olduğu görülmüştür. Bu azalmanın nedeni metalik kromun oksidasyonundandır. Krom siyahı, krom metali ve oksidin karışımından ibarettir. Yapılan araştırmalarda, oksit tabakası içerisine yerleşmiş metal parçacıkları olduğu belirlenmiş, ancak henüz metalin okside olan gerçek oranı belirlenememiştir. Siyah krom, bakır malzeme üzerine tek adımda yapılabilen bir kaplamadır. Üstelik düzlemsel kolektörlerde korozyona karşı dirençli olduğu gibi, vakum tüplü kolektörlerde yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmaktadır. Siyah krom kaplamaların korozyona karşı direncini arttırmak için, bakır malzeme üzerine nikel ara katman kaplanabilir. Bu tip kaplamalarda, kolektörün ömrü müddetince yutucu levhada herhangi bir belirgin bozunma görülmemiştir. Aynı durum paslanmaz sac üzerine direkt olarak kaplanan siyah krom kaplamalar için de geçerlidir. Parlak nikel kaplamanın kalınlığı bakır örnekler için yaklaşık 10 mikron civarındadır. Alüminyum üzerine siyah krom kaplamalar, daha çok ara film gerektirdiğinden kaplaması güç, üretimi kompleks olduğundan uygulama alanı bulamamıştır.

Yutucu levhalar üzerine siyah krom kaplamalar, sputtering yöntemiyle de yapılabilir. Almanya, İsveç ve İsviçre'deki çeşitli araştırma grupları sputter kaplama teknolojisi üzerine araştırmalar yapmaktadır. Halen pilot üretim yapan firmalar mevcuttur. Kaplama teknolojisi binalarda kullanılan düşük yayıcılığı olan cam kaplamasına benzerdir. Optik özellikleri elektrokimyasal yolla üretilen yutucu levha kaplamalar ile aynı düzeyde olup, üretim metodunda şu avantajlar vardır:

- Daha iyi tekrarlanabilirlik, dolayısıyla elektrokimyasal yöntemlere nazaran daha iyi kalite devamlılığı,
- Kritik atık ürünler olmaması,
- Ekolojik olarak kabul edilebilir olması,
- Üretim için daha az enerji tüketimi (Siyah kroma göre 10 defa daha az enerji tüketimi),
- Yüksek optik performans,
- Yeterli dayanıklılık.

Ancak sputter kaplamaların da dezavantajları vardır:

- İleri teknolojinin getirdiği bakım masrafları,
- Tesisin kurulması için yüksek maliyet,
- 100.000 m²/yıl'dan daha fazla yapılan üretimin ekonomik olması.

2.2.2. Seçici Boya uygulamaları

Bazı araştırmacılar, seçici boyanın yutucu plakalar için hem uygulama yönünden hem de çok düşük maliyeti nedeniyle en iyi çözüm olduğunu iddia etmektedirler. Yapılan dayanıklılık testleri boyanın oldukça kararlı olduğunu göstermiştir.

Seçici boya kaplamalar, güneş kolektörleri için yüksek performanslı buna karşılık düşük maliyetli kaplamalar olarak kendisini göstermiştir. Bu tür boya kaplamaları bilinen boya kaplamalarına göre daha yüksek pigment / hacim oranı içerir. Filmin kalınlığının sabit olması, gravür baskı veya roller coating teknikleri gibi yüksek teknoloji gerektiren uygulama teknikleri ile sağlanır. Bu konuda İngiliz INCO firması kolektöre yapıştırılabilen yutucu kağıt kaplamaları ticari olarak piyasaya sunmuştur. Kağıt kaplamaların Marmara Araştır-



ma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsünde yapılan ölçümlerinde $\alpha = 0,94$ ve $\varepsilon = 0,13$ olan yutma ve yayma değerleri bulunmuştur.

2.3. GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMA ALANLARI ve GÜNEŞ ENERJİSİ YOGUNLAŞTIRMA SİSTEMLERİ (3)

2.3.1. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri:

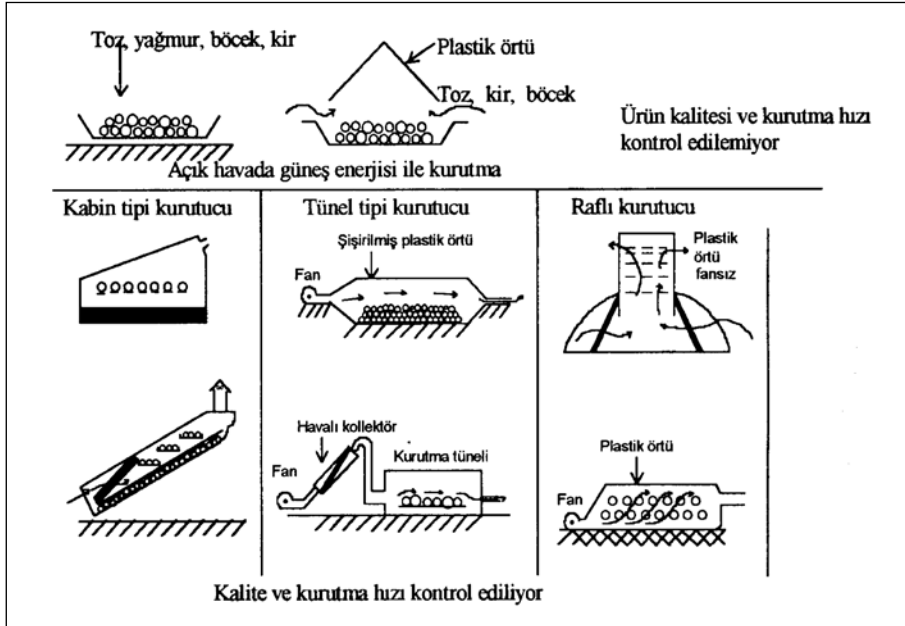
Güneş enerjili su ısıtma sistemleri uygulamanın özellikleri maliyet ve çevre şartları dikkate alınarak kurulmalıdır. Kullanılan güneşli su ısıtma sistemleri, genellikle doğal dolaşimli sistemlerdir. Uygulama şartlarına bağlı olarak ters dolaşimli, aşağıya doğru boşaltmalı, geriye doğru boşaltmalı, donmayan sistemler seçilebilir. Doğal dolaşimli su ısıtma sisteminde, kolektörde güneş radyasyonunun yutulması sonucunda yutucu plaka kanallarında dolaşan su ısıtılır. Isınan suyun yoğunluğu azalarak, kendiliğinden yükselir ve depolama tankının üst kısmından içeriye girer. Depolama tankının alt kısmındaki soğuk su yer çekimi kuvveti ile dışarı çıkar ve kolektörün alt kısmına ulaşır. Bu dolaşım kolektör ve depolama tankı sıcaklıkları eşit oluncaya kadar devam eder. Güneş radyasyonunun şiddeti arttıkça, akışkanın dolaşım hızı da artar. Sıcak su kullanılmak istendiğinde, su çıkışı depolama tankının üstünden alınır. Suyun sıcaklığı yeterli değilse, yardımcı bir enerji kaynağı ile ısıtmaya devam edilerek istenilen sıcaklığa ulaşılır. Bu sistemlerde sıcak su çekildiğinde sisteme yeniden soğuk şebeke suyu gelir. Yeniden gelen şebeke suyu kolektörlerde kireçlenmeye neden olur. Kireçlenmeyi ortadan kaldırmak için kolektör devresinde hep aynı su dolaştırılır. Kolektörden alınan ısı, depolama tankı içinde bulunan ısı değiştiricide, kullanılacak suya geçer. Isısını burada bırakan su ısınmak üzere tekrar kolektöre döner.

2.3.2. Güneş Enerjisi ile Kurutma:

Kurutma, özellikle gıda, kimya, seramik, kağıt, tekstil ve deri sanayilerinin temel işlemlerinden biridir. Gıda endüstrisinde kurutma ile meyve ve sebzelerin besin değerlerini kaybetmeden uzun süre saklanabilmesi ve korunabilmesi amaçlanmaktadır. Kurutma ile besin maddesindeki su yüzdesi azaltılarak meyve asidi, amino asidi gibi zararlı enzimlerin faaliyeti de durdurulmaktadır. Güneş enerjisi ile kurutmada ısı, kurutulacak malzemeyi direkt güneş radyasyonu etkisinde bırakarak veya güneşle ısıtılan havayı doğal veya zorlanmış dolaşım ile malzemenin üzerinden veya içinden geçirerek sağlanır. Bu sistemlerde güneş ışınımının yanı sıra dış hava sıcaklığı bağıl nem ve hava dolaşımı da göz önüne alınarak özel bir hacimde kurutma yapılmaktadır. Güneşli kurutucular açık havada yapılan kurutmanın belli başlı mahzurlarını telafi etmektedir. Bu kurutucular yalnız başlarına kullanılabildikleri gibi fosil yakıtlı sistemlerle birlikte de kullanılabilmektedir. Güneş enerjili kurutma sistemlerinin güneşte doğal kurutmaya göre avantajları aşağıda sıralanmaktadır.

- Kurutulacak ürün tozlanma, zararlı böcekler ve yağmur gibi dış etkenlerden korunabilmektedir.
- Kurutulacak ürünün, düzgün yerleştirme ve yeterli hava sirkülasyonu ile homojen kurutulması sağlanabilmektedir.
- Kurutma havası, ürünün zarar görmeyeceği en yüksek sıcaklığa kadar ısıtılabilir.
- Kurutma ortamına hava giriş ve çıkış debileri ile kurutma hızları kontrol edilmektedir.

Güneş enerjili kurutma sistemlerinde, kurutulacak ürünün cinsine göre direkt veya indirekt kurutucular kullanılır. Direkt kurutucularda ürün direkt olarak güneşin etkisine bırakılır. İndirekt kurutucularda ise ürün kapalı, izolasyonla korunan kurutma odasına yerleştirilir. Direkt kurutucularda ürüne ısı transferi konveksiyon ve radyasyon ile olur. Bundan dolayı kurutma oranı indirekt güneş ışıının etkisinde kalış biçimine, kurutucudan geçen kurutma havasının atılış biçimine ve kurutucu hacminde dolaşan havanın sıcaklığına göre sınıflandırılabilir. Şekil 2.2.'de farklı çalışma koşulları için dizayn edilen kurutma sistemleri verilmektedir. Güneşin kurutulan ürün üzerine başka etkileri de görülmektedir. Örneğin; üzüm ve hurmaların kurutulmasında güneş ışığı etkisi altında kalmak kurutulan ürünün renk oluşumu için gereklidir. Oysa bazı meyvelerin kurutulmasında güneş ışığı etkisi altında kalmak C vitamini miktarını azaltmakta veya renk oluşumunu ters olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle kurutucu seçiminde kurutulan ürünün özellikleri de dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.2. Güneş enerjisi ile kurutma prosesleri ve çeşitli kurutucu dizaynları.

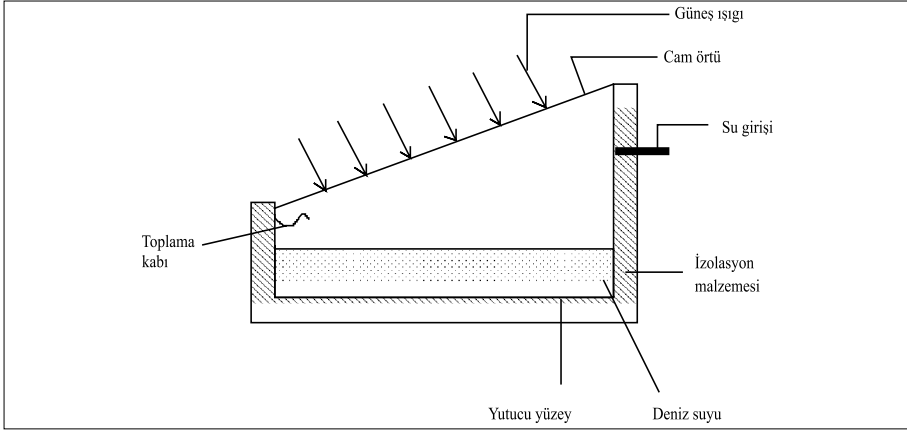
2.3.3. Güneş Enerjisi İle Damıtma:

Güneş ışıını yüksek ve deniz kıyısında bulunan bölgelerde, ulaşım imkanlarının güç olduğu adalarda güneş enerjili damıtıcılar büyük kolaylık sağlamaktadır. Deniz suyundan tatlı su üretiminde faydalanılan konvansiyonel sistemlerin enerji işletme maliyetlerinin yüksek oluşu, hava kirliliğine yol açmaları, pahalı ve hassas cihazlar kullanma zorunluluğu gibi olumsuz yönleri vardır. Deniz suyunun içilebilir hale getirilmesinde güneş enerjisinin kullanılması yukarıda sayılan olumsuzlukları ortadan kaldırmaktadır. Deniz suyundan tatlı su üretiminde iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi suyu çözeltiden ayıran buharlaştırma, dondurma, kristalleşme ve filtreleme,



ikincisi ise suyu çözültiden ayıran elektrodializ, ekstraksiyon, iyon değişimi ve difüzyon sistemleridir.

Güneş enerjisi ile suyun damıtılmasında yaygın olarak kullanılan basit sera tipi damıtıcı Şekil 2.3.'de görülmektedir. Bu tip damıtıcıda tuzlu suyun bulunduğu bölümün, güneş ışığını absorplaması için, tabanı siyaha boyanmıştır. Üstte ise hava sızdırmaz geçirgen bir kapak mevcuttur. Cam kapak, toplama kanalına doğru eğimlidir. Cam kapaktan geçen güneş ışınları, su ve siyah yüzey tarafından yutulur. Bu enerji, tabandaki tuzlu suyu ısıtır ve bir kısım tuzlu suyun buharlaşmasına neden olur. Su yüzeyine yakın bölgelerde nem artar, dolayısıyla kapalı sistemde konveksiyon akımları oluşur. Daha ılık nemli hava, daha soğuk cama doğru yükselir, burada su buharının bir kısmı cam yüzeyinde yoğunlaşır, aşağıya doğru kayarak toplama kabına damlar ve temiz su alınır. Damıtıcıdaki soğuk su güneş radyasyonuna bağlı olarak ısınır. Su sıcaklığı yükseldikçe damıtma işlemi hızlanır. Damıtma gün boyunca yavaş yavaş ilerlemesine karşılık, güneş batımından sonra çevre sıcaklığının düşmesine bağlı olarak cam sıcaklığının düşmesiyle artar. Güneş enerjili damıtıcıların veriminin artırılması için çalışmalar devam etmektedir. Farklı tiplerde damıtıcılar da imal edilmektedir.



Şekil 2.3. Basit sera tipi güneş enerjili damıtma sistemi.

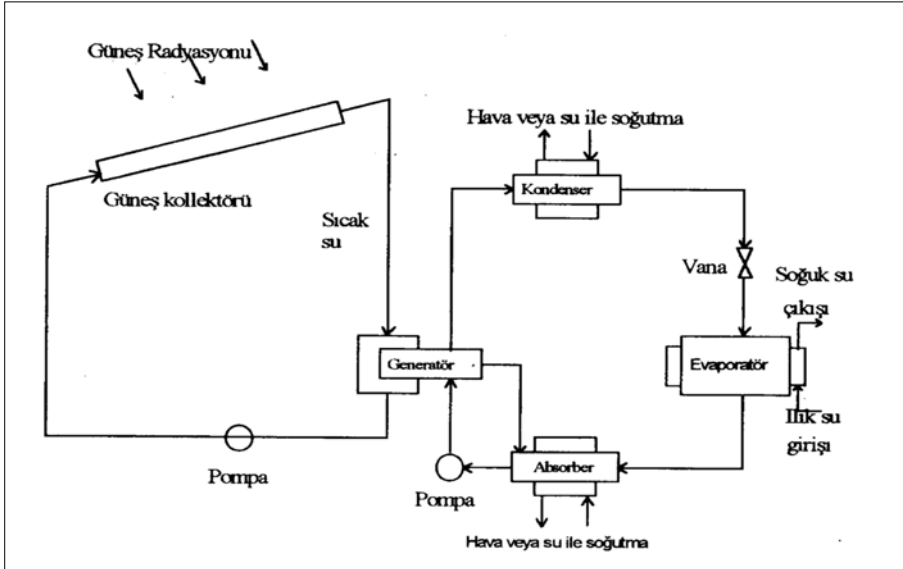
2.3.4. Güneş Enerjisi ile Soğutma:

Soğutmaya ihtiyaç duyulan mevsimde güneş enerjisinin bol olması, bu kaynağın soğutma amacıyla kullanılmasını cazip kılmaktadır. Soğutma hem sıcaklık konforunu sağlamak hem de gıda maddeleri gibi dayanımı az olan maddelerin depolanması için gereklidir. Güneş enerjisi ile soğutma son yıllarda araştırması yapılan güneş enerjisi uygulamaları içinde önemli yer tutmaktadır. Soğutma işlemleri için güneş enerjisi; Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli sistem, absorpsiyonlu sistem, termoelektrik sistem, ejektörlü sistem, adsorpsiyonlu sistem, Brayton çevrimli mekanik sistem, gece ısıtım etkili sistemler ile fotovoltaik ünitelerde enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Bu sistemler içinde absorpsiyonlu soğutma sistemi, düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun olanıdır. Kapasite kontrolünün basitliği, yapım kolaylığı ve performans kat-sayısının yüksekliği absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin avantajlarıdır. Termoelektrik soğutma sisteminde, kullanılan güneş enerjisi hücrelerinin pahalı olmasından dolayı

kullanımı yaygın değildir. Ejektörlü soğutma sistemi ise ekonomik nedenler ve düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarının sağlanmamasından dolayı diğer sistemlere göre daha az avantajlı sayılmaktadır. Adsorpsiyonlu sistem, evaporatif soğutma ile bazı nem alma maddeleri tarafından havanın neminin giderilmesi işleminden oluşmaktadır. Düşük sıcaklıkların elde edilmesi ve ekonomik olmaması nedeniyle çok sınırlı olarak klima uygulamaları için kullanılmaktadır. Brayton çevrimli mekanik sistem, ekonomik olmaması, düşük performans katsayısı ve sistem karmaşıklığı gibi dezavantajlar göstermektedir. Gece ışınlam etkili sistem, güneş enerjisi elemanları kullanılan bu sistemde soğutma, ışınlamla ısı transferi yoluyla gece gökyüzüne enerji kaybedilmesi şeklinde oluşmaktadır. Bu sistemde düşük sıcaklıkların elde edilmemesi ve uygun meteorolojik koşullar gerektirmesi nedeniyle tercih edilmemektedir.

Güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, Amonyak-Su ve Lityum Bromür-Su akışkan çiftleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Amonyak-Su kombinasyonlu absorpsiyonlu soğutma sistemi gıdaların soğukta saklanması için gerekli olan düşük sıcaklıklar için oldukça elverişli olmaktadır. Aynı zamanda ucuz ve ticari olarak kullanılabilir. Lityum Bromür-Su kombinasyonu ise hava şartlandırma (klima) uygulamaları için uygun olmaktadır. Adsorpsiyonlu soğutma çevriminde, soğutucu akışkan ve soğutucu akışkan gazını absorblayan sıvı akışkan (absorbent) bulunur. Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi; generatör, absorber, evaporatör, kondenser gibi dört ana elemanın yardımıyla oluşmaktadır. Absorberde bulunan çözelti, bir sıvı pompası ile basınçlandırılarak generatöre gönderilir. Güneş enerjisinden sağlanan ısı ile soğutucu akışkan absorbentten ayrılır. Generatöre ısı verilerek karışımdan ayrılan soğutucu kondansöre geçer. Sıvı haldeki soğutucu akışkanın basıncı düşürülerek evaporatöre gönderilir. Burada basıncı düşen soğutucu akışkan ortam ısını alarak buhar haline geçer ve absorbere ulaşır.



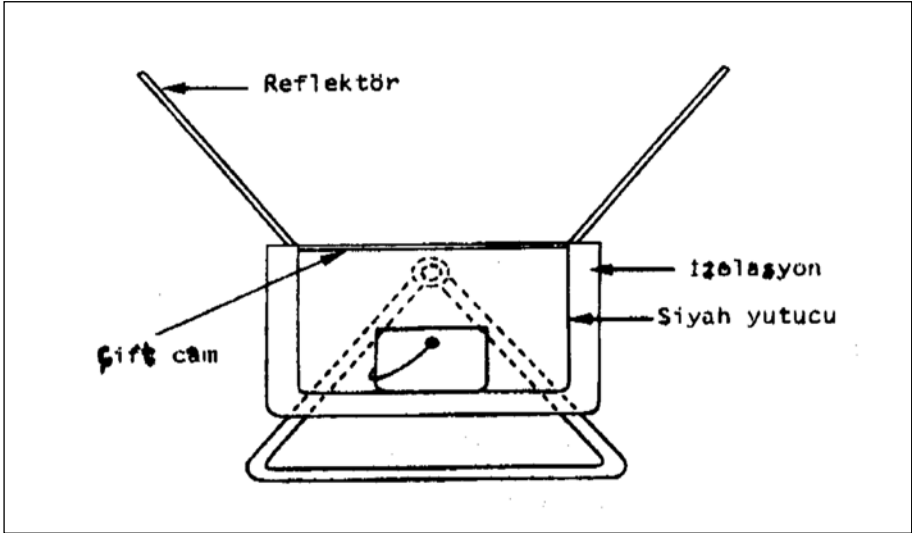
Şekil 2.4. Güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi



2.3.5. Güneş Enerjisi ile Pişirme:

Güneş ocakları, dünyada güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Hindistan, Pakistan ve Çin gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş ocaklarının gereken ısının depolanmaması, güneş ışınımının düşük olduğu saatlerde kullanılmaması gibi dezavantajları vardır. Daha çok gelişmekte olan ülkelerdeki araştırmacılar tarafından geliştirilen modeller ticari olarak da kullanım potansiyeli bulmuştur. Ayrıca kamplarda ve pikniklerde kullanılmak üzere katlanabilir, yansıtıcı, kolay taşınabilir yapıda güneş ocakları geliştirilmektedir.

Isı kutulu güneş ocağı Şekil 2.5.'de görüldüğü gibi birkaç tabakalı cam veya geçirgen örtü ile yalıtılmış bir kaptır. Bu tip ocaklarda sera etkisinden yararlanılır. Burada geçirgen örtü kısa dalga boylu güneş ışınımının geçişine izin verirken, iç ortamdaki düşük sıcaklıktaki maddelerin yaydığı uzun dalga boylu ışınların geçişine izin vermez. Ayrıca pişirme hacmi üzerine gelen güneş ışınımını artırmak için aynalar kullanılabilir. Parabolik yansıtıcı güneş ocaklarında ise pişirilecek malzeme yoğunlaştırıcının odak noktasına yerleştirilir. Bu tip sistemler günün büyük bir kısmında verimlidir, çünkü güneşin hareketini takip etmek için yönlendirilebilirler. Fakat açıkta çalıştıkları için rüzgarın konveksiyonundan dolayı büyük ısı kayıpları meydana gelebilir. Güneş fırınları ise ısı kutulu güneş ocaklarına benzer prensiple çalışır. Bu sistemde doğrudan gelen güneş ışınımı yansıtıcılar kullanılarak yoğunlaştırılır. Böylece fırın içinde doğrudan yüksek sıcaklıklara ulaşmak mümkün olmaktadır.



Şekil 2.5. Isı kutulu güneş ocağı

2.3.6. Orta sıcaklık uygulamaları:

100 - 350°C arasındaki orta sıcaklık uygulamalarında sabit konumda bulunan güneşi izlemeyen silindirik odaklı kolektörler kullanılır. Odaklı kolektörler güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak belli bir yerde toplayabilen ayna ve mercek sistemleridir. Yani bunlar, odak düzleminde, ısı iletim akışkanını içeren bir yutucu bulunan ayna veya

mercekli sistemlerdir. Aynalardan oluşan odaklı toplayıcılar, güneş ışınlarını tek bir kez veya art arda iki kez yansıtarak yoğunlaştırır. Aynalar, düz, silindirik, konik, küresel veya parabolik olabilir. Yoğun toplayıcı tek bir ayna veya mercekten ibaret olabileceği gibi birçok ayna veya mercekten de oluşabilir. Bu sistemlerde güneş radyasyonuna göre yönlendirilebilen parabolik bir ayna tarafından bir toplama hattı üzerine yoğunlaştırılmaktadır. Su buharı üretebilen bu gibi sistemlerden bir bölümü Avustralya, Avrupa, ABD ve Japonya’da endüstri için kurulmuştur.

2.3.7. Yüksek sıcaklık uygulamaları:

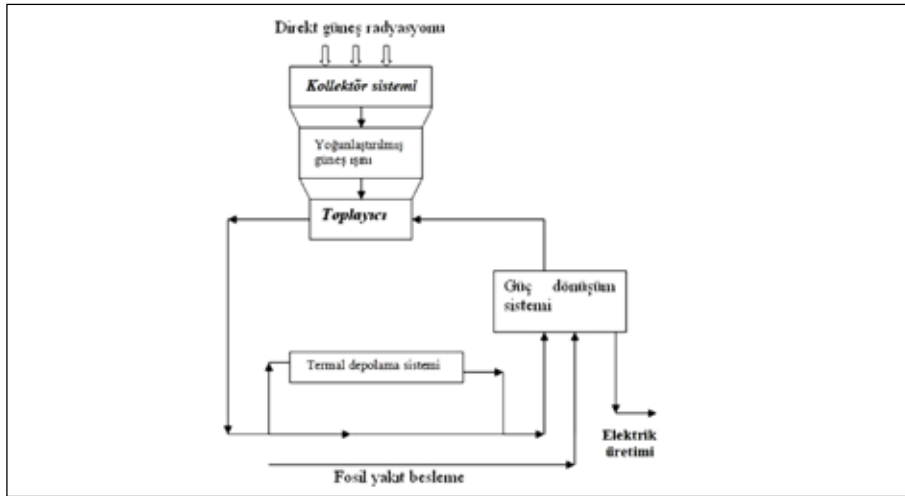
Güneş enerjisinden 350°C ve daha yüksek sıcaklıklar elde edilmesinde, iki eksenle güneşi izleyen çok sayıda aynalardan oluşan güneş fırınları ya da merkezi toplayıcı güneş kuleleri kullanılmaktadır. Tek tek yönlendirilmiş “heliostat” adı verilen aynalar güneş enerjisini bir kule üzerindeki sabit noktaya toplamaktadır. Güneş fırınları ve kuleleri madenlerin ergitilmesinde ve elektrik üretiminde kullanılır.

Güneş enerjili termal elektrik üretimi, bilinen elektrik üretim yöntemleriyle benzerlik gösterir. Bu enerji dönüşüm sistemlerinde, ya bir türbini döndürmek için gaz veya buhar kullanılır ya da bir pistonun ileri geri hareketi ile Stirling motoru çalıştırılır. Güneş enerjili termal güç sistemlerinde direkt güneş ışınımının yoğunlaştırılması suretiyle buhar ya da sıcak gaz üretilir.

Güneş termal güç teknolojileri şu şekilde gerçekleşmektedir :

- Bir kolektör sistemi kullanarak güneşten gelen radyasyonun toplanması,
- Bir toplayıcı üzerine güneş radyasyonun yoğunlaştırılması,
- Toplayıcı yardımıyla güneş radyasyonunu termal enerjiye çevirilmesi,
- Termal enerjinin bir güç dönüşüm sistemine transferi,
- Termal enerjiyi elektrik enerjisine çevirme,

Şekil 2.6.’da bir güneş enerjili termal sistem görülmektedir.



Şekil 2.6. Güneş enerjili termal güç sisteminin şematik gösterimi



Güneş enerjisi ile elektrik üretimi termoelektrik dönüşüm ve fotoelektrik dönüşüm ile elde edilmektedir. Termoelektrik dönüşümde güneş yoğunlaştırıcısı olarak; parabolik aynalar, çanaklar veya heliostatlar kullanılarak akışkanın güneş radyasyonu ile ısıtılarak buharlaştırılması ve buharın bir turbo-jeneratörü çevrimi ile sağlanır. Bu sistemlerin ulaşılması güç uzak bölgelerde ve köylerin elektrifikasyonunda kullanımını sağlamak veya enterkonnekte sisteme bağlanması için çalışmalar devam etmektedir. Bu sistemlerden en büyüğü, Kaliforniya'da 354 MW pik gücü üreten bir tesis olup 1985 ile 1991 yılları arasında kurulan 9 adet Güneş Elektrik Üretim Sistemi (SEGS) ile donatılmıştır. Bu tesis 1 milyon metrekareden fazla güneş kolektöründen ibarettir. SEGS tesislerinde üretilen elektriğin maliyetinin % 25'ini bakım ve üretim masrafları oluşturmaktadır. Düşük fosil yakıt fiyatlarından dolayı, elektrik üreten konvansiyonel (fosil yakıt) tesislerle, elektrik ağına bağlı güneş enerjili elektrik tesislerinin rekabet etmesi günümüzde oldukça zordur.

Çanak sistemler, güneşi izlerler ve güneş enerjisini yutacak olan alıcıya odaklarlar. Yüksek verimlerinden dolayı bu sistemlerde Stirling makineleri tercih edilmektedir. Son on beş yıl içerisinde 2 kW ile 50 kW arasında büyüklüğe sahip, 8 farklı çanak alıcı ABD, Almanya, Japonya ve Rusya'daki şirketler tarafından imal edilmiştir. Üretici firmalar, bu sistemleri, su pompalaması ve uzak bölgelerde enerji temini için ihraç etmektedirler. Bu tür uygulamaların en iyi örneği Kythnos adası olup 2001 yılından beri yenilenebilir kurulu güç ile sakinlerine enerji sağlamaktadır. Ancak bir dizel jeneratör ile de yedeklenmektedir.



Şekil 2.7. Kythnos adası



Benzer bir uygulama Ege Üniversitesi tarafından Gökçeada da gerçekleştirilmiştir. (bakınız Bölüm 5.3.1)

2.3.8. Güneş Enerjisinin Yoğunlaştırılması

Yoğunlaştırılmış güneş enerjili güç sistemleri, güneşten gelen enerjiyi çeşitli ayna düzenekleri kullanarak yüksek sıcaklıkta ısı enerjisine dönüştürürler. Isı daha sonra bilinen yöntemlerle elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sistemler başlıca iki ana kısımdan oluşur. Birinci kısımda güneş enerjisi toplanır ve ısı enerjisine dönüştürülür. İkinci kısımda ise ısı elektrik enerjisine dönüştürülür. Yoğunlaştırılmış güneş enerjili güç sistemleri hem evsel enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde düşük güçler için (10 kW), hem de 100 MW'a kadar merkezi enerji nakil sistemini besleyecek şekilde büyük güçler için tasarlanır. Geliştirilmiş bazı sistemlerde fazla gelen güneş enerjisi, bulutlu havalarda ve geceleyin kullanım için depolanır. Birçok sistem diğer enerji kaynaklarıyla örneğin doğal gazla birlikte çalışır. Bu birleşik sistemler "hibrit güç sistemleri" olarak da bilinir ve yüksek güç verirler.

Birçok bölgede yoğunlaştırılmış güneş enerjili güç sistemlerinin kurulabilmesi için yeterli güneş enerjisi mevcuttur. Bu sistemler, "fotovoltaik" dönüşüm sistemlerinde olduğu gibi yaygın güneş radyasyonundan ziyade direkt güneş ışınımını kullanırlar. Dünyanın birçok bölgesi yoğunlaştırılmış güneş enerjili sistemlerinin kullanılması için önemli bir uygulama alanıdır. Üç farklı tipte yoğunlaştırılmış güneş enerjili güç sistemi vardır. Bunlar; parabolik oluk, ayna/motor ve güneş kulesi sistemleridir. Bu sınıflandırma güneş enerjisini toplama biçimine göre yapılmıştır.

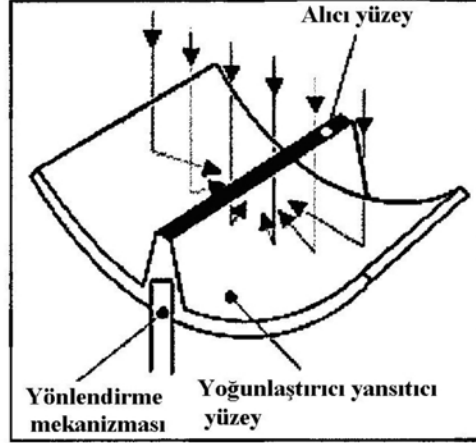
2.3.9. Parabolik oluk sistemleri:

Güneş enerjisi; oluk şeklinde parabolik eğri yüzeye sahip bir yansıtıcı eleman yardımıyla yoğunlaştırılır. Yansıtıcı yüzey üzerinde parabolik eğri boyunca hareket eden yutucu bir boru mevcuttur. Şekil 2.8.'de bu sistem görülmektedir. Güneşten gelerek boru üzerine yoğunlaştırılan ışınlarla boru içerisindeki çalışma sıvısı ısıtılır. Daha sonra ısı enerjisi yardımıyla üretilen buhar, bir buhar türbin-jeneratör sisteminden geçirilerek elektrik enerjisi üretilir. Bu sistemler, gece boyunca ve güneşin olmadığı saatlerde de düzenli bir şekilde elektrik üretebilmesi için ayrıca bir termal enerji depolama sistemlerine de sahip olmalıdır. Genelde parabolik oluk sistemleri hibrit sistemler olup, bulutlu havalarda ve geceleyin sürekli enerji üretimini sağlamak için fosil yakıt kullanan sistemler birlikte kullanılmaktadır. Burada fosil yakıt olarak doğal gaz veya kömür kullanılır. Parabolik oluk sistemlerinde yoğunlaştırma oranı 10'dan 100'e kadar çıkabilirken sıcaklık da 400°C'a kadar çıkabilir.

Bir kolektör tarlası, kuzey - güney eksenine paralel dizi şeklinde sıralanmış birçok çanakta oluşur. Bu düzenek, güneş ışınlarının gün boyunca doğudan batıya doğru tek eksenle izlenmesine ve sürekli olarak yutucu boru üzerine odaklanmasına imkan verir. Parabolik oluklardan oluşan bir kolektör tarlası sistemi ile ticari olarak toplam kapasitesi 350 MW'dan daha büyük sistemler oluşturmak mümkündür. Bu tip güneş enerjili elektrik sistemlerinde ısı transfer akışkanı olarak termal yağ kullanılır. Bu ısınmış yağ boru hatları yardımıyla bir seri ısı eşanjörüne gönderilerek 390°C sıcaklığa kadar ısıtılmış buhar elde edilmesine olanak sağlar. Süper ısıtılmış buhar bir türbinden geçirilerek elektrik enerjisi üretilir. Bu sistemler üzerindeki araştırmalar devam etmektedir. Çalışmalar daha ziyade toplayıcı içinde buharın direkt üretilmesine yönelik olmaktadır. Böylece daha düşük üretim maliyetine ulaşılması hedeflenmektedir. Güneş enerjili hib-



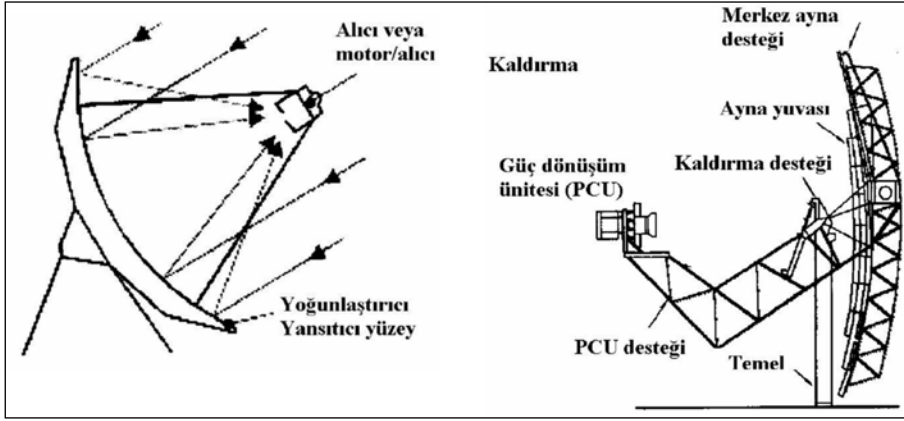
rit sistemler de bir diğer araştırma konusudur. Bu konuda; özellikle İsrail, Almanya ve İspanya 'da çalışmalar yapılmaktadır [1]. Bu teknolojiyi ayrıca; evlerde, restoranlarda, okullarda, küçük üretim atölyelerinde, çamaşırhanelerde de kullanmak mümkündür.



Şekil 2.8. Parabolik oluk sistemi

2.3.10. Çanak/motor sistemleri:

Çanak motor sistemleri ; kolektör, toplayıcı ve bir motordan oluşan başlı başına bir ünitedir. Güneş enerjisi, çanak biçimli bir yüzey tarafından bir alıcı yüzey üzerine nokta şeklinde yoğunlaştırılır. Alıcı yüzey de bu toplanan enerjiyi ya termal enerjiye dönüştürür ve direkt ısı enerjisi olarak kullanılmasını sağlar ya da bir motor içerisindeki çalışma akışkanına aktarır (Şekil 2.9.). Motor ise ısıyı mekanik güce çevirir. Soğukken sıkıştırılmış akışkan, güneş enerjisi yardımıyla ısıtılır ve bir türbin veya silindirik piston sisteminde genişlerken iş üretir. Bu mekanik güç bir jeneratör veya bir alternatör yardımıyla elektriksel güce dönüştürülür. Çanak-motor sistemleri güneşi iki eksenle izlerler. İdeal yoğunlaştırıcı şekli paraboliktir. Üç ya da tek bir yansıtıcı yüzeye veya birçok yansıtıcıdan oluşan bir yüzeye sahiptir. Alıcı yüzey ve motor tipi için başta Stirling motor ve Brayton alıcısı olmak üzere birçok seçenek vardır. Tek bir çanak motor sistemi ile 25 kW kadar güç üretmek mümkündür. Amerika ve Avrupa'da kırsal bölgelerde 7,5 – 25 kW boyutunda uygulamalar yapılmaktadır. Daha fazla güç için çanak sistemlerini birleştirmek gerekmektedir. Bu tip sistemler doğal gazla çalışan sistemlerle birleştirildiğinde hibrit sistemler olarak sürekli güç üretebilecek duruma getirilirler. Çanak-motor sistemleri; yüksek verimli, ayarlanabilir, bağımsız operasyonlu ve hibrit sistemlerle beraber çalışabilen bir sistem olarak karakterize edilir. Diğer güneş enerjili sistemlerden farklı olarak çanak-motor sistemleri yüksek elektrik dönüşüm verimine sahiptir (% 29,4). Bu sistemler kırsal bölgelerin enerji ihtiyacını karşılamak için önemli bir alternatif olma durumundadır.



Şekil 2.9. Çanak-motor sistemleri

Yansıtıcı yüzey cam veya plastik olup gelen güneş radyasyonunu bir nokta üzerine yansıtır. Çanak-motor sistemlerinde yansıtıcı yüzeyin boyutu kullanılan makinenin gücü ile belirlenir. Örneğin ortalama 1.000 W/m^2 'lik bir güneş radyasyonu için 25 kW gücünde bir Çanak/Stirling sistemi kullanılması durumunda yoğunlaştırıcının çapı yaklaşık 10 m olarak seçilir. Yoğunlaştırıcıda alüminyum veya gümüş yansıtıcı bir yüzey kullanılır bunun da üzerinde cam veya plastik tabaka vardır. Düşük fiyatlı yansıtıcı polimer filmler henüz sınırlı bir başarıyla kullanılmaktadır. Çanak yoğunlaştırıcılar küçük bir odak uzaklığına sahiptir. Düşük demir ihtiva eden camlar yansıtmayı artırmaktadır. Kalınlık ve demir içeriğine bağlı olarak gümüşlü güneş aynaları ile yansıtma oranı % 90–94 arasında sağlanır. En ideal yoğunlaştırıcı şekli paraboloiddir. Yoğunlaştırma oranı 2.000 ve üzeridir. Güneşin iki eksenli izlenmesi iki şekilde olur. Bunlar, azimut-yükseklik izleme ve kutupsal izlemedir. Azimut yükseklik izlemede; çanak, dünya azimutuna paralel olarak döner, diğer hareket ise buna dik olarak gerçekleşir. Bu, kolektörde sol-sağ ve yukarı-aşağı şekilde bir dönme sağlar. Dönme oranı gün boyunca değişir. Ancak bu değişim kolayca hesaplanır. Büyük çanak motor sistemlerinde çoğunlukla bu yöntem izlenir. Kutupsal izleme yönteminde kolektör; dünyanın kendi dönme eksenine paralel bir eksen etrafında 15° /saat olacak şekilde sabit bir hızla döndürülür. Diğer dönme ekseninde ise, sapma eksenini kutupsal eksene diktir. Bu eksen etrafındaki hareket yavaş olup yıl boyunca $\pm 23,5^\circ$ olarak değişir. Küçük boyutlu çanak motor sistemlerinin büyük çoğunluğu bu sistemi uygulayarak. Alıcılar, yoğunlaştırıcı tarafından yansıtılan enerjiyi absorbe ederek makinedeki çalışma sıvısına aktarırlar. Yutucu yüzey, genellikle yoğunlaştırıcının odak noktasının arkasında bulunur. Odağa radyasyon ve konveksiyonla meydana gelen ısı kayıplarını düşürmek için bir menfez yerleştirilir. Stirling motor, yoğunlaştırılmış güneş enerjisini yüksek verimle alır ve bunu yüksek basınçlı bir gaz (helyum veya hidrojen) aktarır. Brayton çevrimli bir sistemde ise akışkan düzenli olmakla birlikte göreceli olarak daha düşük basınçlıdır. Çanak-motor sistemlerinde kullanılan motorlar geleneksel sistemlerde olduğu gibi ısıyı mekanik güce çevirirler. Yani çalışma sıvısı soğukken sıkıştırılır, sıkıştırılmış akışkan ısıtılır, Bir türbin veya piston silindir sisteminde genişlerken iş üretilir. Mekanik enerji bir jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüşür. Çanak-motor sistemlerinde birçok termodinamik çevrimi ve çalışma sıvısını kullanmak mümkündür. Bunlar örnek olarak su veya organik çalışma sıvısı kullanan Rankine çevrimini, açık ve kapalı Brayton çevrimini ve Stirling çevrimini verebiliriz. Otto ve dizel motor çevrimleri bu sistemler için



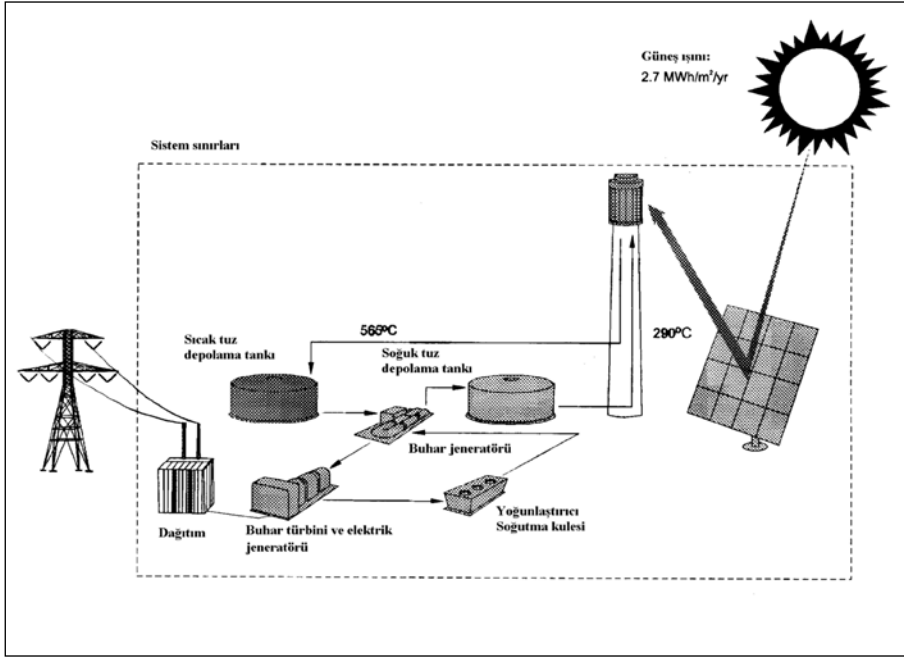
uygun değildir. Çanak Stirling sistemlerinde elektriksel güç yaklaşık 25 kW, Brayton çevrimlerinde yaklaşık 30 kW'dır.

2.3.11. Güneş kulesi:

Güneş kulesi sisteminde güneşten gelen direkt ışınlar, geniş bir alana yayılmış yüzlerce hatta binlerce ayna (bunlar heliostat olarak da bilinir) yardımıyla kule üzerindeki toplayıcı üzerine yoğunlaştırılır. Toplayıcı içerisinde dolaştırılan tuzlu eriyiğin, bu yoğunlaşan enerji yardımıyla sıcaklığı artırılır. Bu tuzlu eriyiğin ısı enerjisi daha sonra elektrik enerjisi üretmek amacıyla bir geleneksel buhar türbin-jeneratör sisteminde kullanılır. Tuzlu eriyik ısıyı verimli bir şekilde tutar. Böylece ısı, saatlerce veya hatta günlerce elektrik enerjisi üretilmeden muhafaza edilir. Şekil 2.10.'da bir güneş kulesi sistemi görülmektedir.

Tuzlu eriyik 277°C sıcaklıkta soğuk depolama tankından kule üzerindeki bir toplayıcı içerisine pompalanır. Burada 777°C'a kadar ısınır ve bir sıcak tanka gönderilerek depolanır. Güce ihtiyaç duyulduğunda sıcak tuzlu eriyik bir buhar üretme sistemine pompalanarak yüksek sıcaklıkta buhar üretilmesinde kullanılır. Buhar üreticiden çıkan tuzlu eriyik tekrar soğuk tanka gönderilerek depolanır ve yeniden toplayıcı sisteme gönderilir. Bir termal depolama ile birlikte güneş kulesi sistemi yıllık % 65 kapasite faktörü ile çalışır. Bunun anlamı, yılın % 65'inde ilave bir enerji kaynağı kullanmadan çalışabilirler. Enerji depolamadan güneş teknolojilerinin yıllık kapasite faktörleri % 25 civarındadır. Güneş kulesi, bu depolama sistemi ve daha uzun süre çalışabilmesi özellikleri nedeniyle diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinden ayrılır.

Bu sistemler; ısı transfer akışkanı, ısı depolama ortamı ve güç dönüşüm sistemine bağlı olarak farklı şekillerde tanımlanırlar. Güneş kulesi sistemlerinde ısı transferi akışkanı olarak su/buhar, eriyik nitrat tuzu, sıvı metaller veya hava kullanılır. Termal enerji depolama, faz değiştiren maddeler veya seramik briketler yardımıyla sağlanır. Genelde Rankine buhar çevrimi uygulanmakla birlikte diğer bir alternatif olarak açık çevrimli Brayton güç dönüşüm sistemi de kullanılabilir. Güneş kulesi sistemlerinde yoğunlaştırma oranı 300 ile 1.500 arasında değişirken, sıcaklık 550°C'dan 1.500°C'a kadar çıkabilir. Maksimum güç 10 MW ve üzeridir



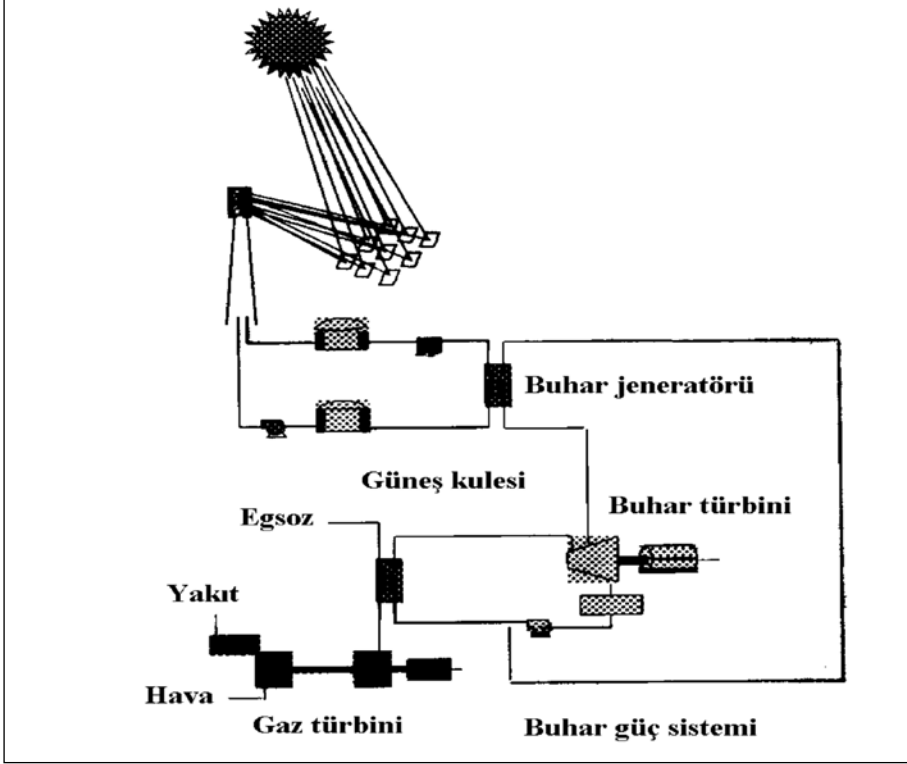
Şekil 2.10. Güneş kulesi sistemi

Isı transferi akışkanı olarak genelde iki farklı akışkan kullanılmaktadır. Bunlar su ve erimiş tuzlardır. Su ısı transferi için en eski ve en ucuz çözümdür. Tuz eriyikleri, bulutlu havalarda ve geceleri ısını uzun süre sakladığı için çok iyi bir enerji depolayıcı malzemedir. Erimiş tuzlar genellikle % 60 sodyum nitrat ve % 40 potasyum nitrat ihtiva eder. Tuz yaklaşık 700°C'da erir. 1.000°C'da ise hala eriyik halindedir. İzolasyonlu bir kapta uzun bir süre tutularak ihtiyaç olduğu anda suyu buharlaştırmak için hazır bekletilir. Bu tip bir enerji depolamanın verimi % 99 civarındadır. % 1'lik kayıp ise izolasyon kayıplarıdır. Günümüzde güneş kulesi sistemlerinde nitrat tuzu ve havanın ısı transfer akışkanı olarak kullanılması konusunda araştırmalar devam etmektedir. Nitrat tuzunun depolama amaçlı kullanılması durumunda, güneşsiz ve bulutlu günlerde ve güneş battıktan sonra da gerekli güç üretilir. Çalışmalarda hedef nitrat tuzlu sistemlerle 100–200 MW'lık güçler üretmek olmaktadır. Günümüzde sistemin maliyeti yüksek olduğu için az sayıda güneş kulesi vardır. Bu sistemlerin kurulabilmesi için bölgenin uzun süre ve çok yoğun güneş ışınımı alması gerekir.

İlk güneş kulesi sisteminde; buhar türbininde kullanılan buhar direkt olarak üretilmiştir. "Solar One" sistemi 1982 yılından 1998 yılına kadar dünyanın çalışan en büyük güneş kulesi sistemi olmuş, toplayıcı içerisindeki su buhara dönüştürülerek Rankine çevrimli bir buhar türbini sisteminde kullanılmıştır. Burada her birinin yansıtıcı yüzey alanı 39,3 m² olan 1.818 adet heliostat adı verilen güneşi izleyen aynalar kullanılmıştır. Dünyada Hindistan, Mısır ve Güney Afrika güneş kulesi sistemlerinin kurulması için aday ülkeler durumundadır. Teknolojik olarak 400 MW güce kadar güneş kulesi sistemi yapmak mümkün olup enerji depolamalı güneş kulesi sistemlerinde yıllık kapasite faktörü % 65'e kadar çıkabilmektedir. Bu teknolojinin kullanılmasındaki önemli sorun büyük bir yüzey alanına ve çok miktarda suya ihtiyaç duyulmasıdır. Çöllerde yeterli güneş enerji-

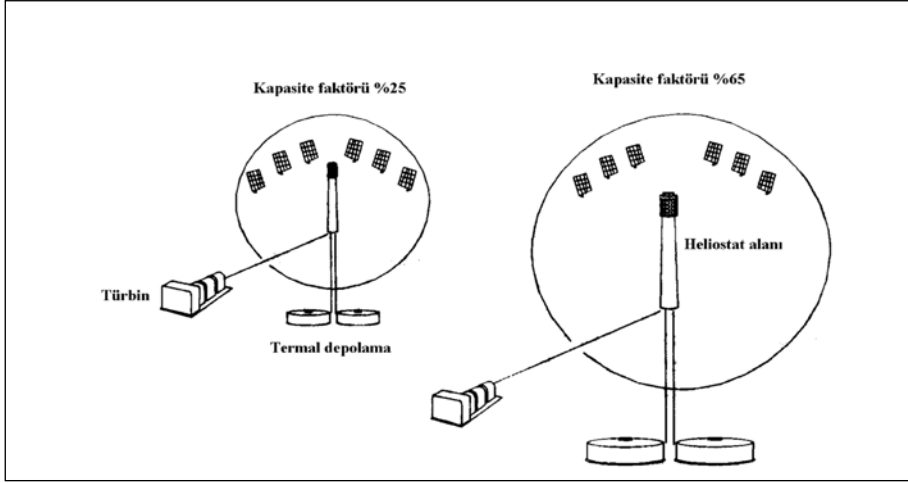


si ve alan olmasına karşılık buralarda su temini zordur. Güneş kulesinde gerekli yüzey alanı hidrolik sistemlerle karşılaştırıldığında daha azdır. Şekil 2.11.'de bir güneş kuleli hibrit sistem görülmektedir. Burada hem buhar hem de gaz türbini mevcut olup gaz türbininde sadece fosil yakıt kullanılmaktadır. Buhar türbininden güç üretiminde ise hem güneş enerjisi hem de fosil yakıt kullanılmaktadır.



Şekil 2.11. Güneş kuleli hibrit sistem

Şekil 2.12.'de farklı kapasite faktörlerinde tasarlanmış iki güneş kulesi sistemi görülmektedir.



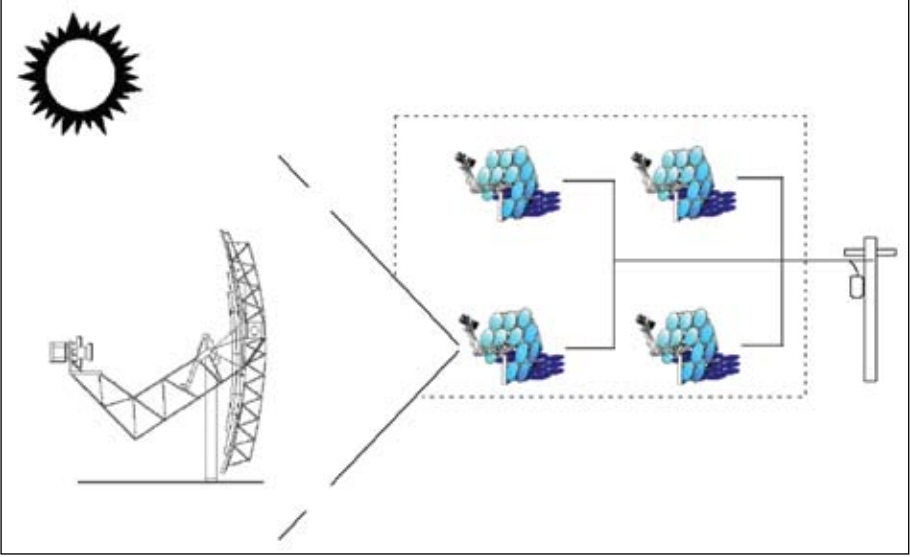
Şekil 2.12. Farklı kapasite faktörlerinde tasarlanmış güneş kuleleri

Kapasite faktörünü verilen bir türbin boyutunda artırmak için şu yollar izlenir. a) heliostat sayısını artırmak, b) termal depolama tankını büyütmek, c) kuleyi yükseltmek, d) alıcı boyutlarını büyütmek. Böylelikle kapasite faktörünü % 25'den % 65'e çıkarmak mümkün olacaktır.

Yoğunlaştırılmış güneş gücü teknolojileri, büyük ölçekli güç sistemlerinde (10 MW ve üzerinde) oldukça ekonomik olup kurulu gücün maliyeti hızla düşmektedir.

2.4. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ STIRLING MOTORLARI İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ (4)

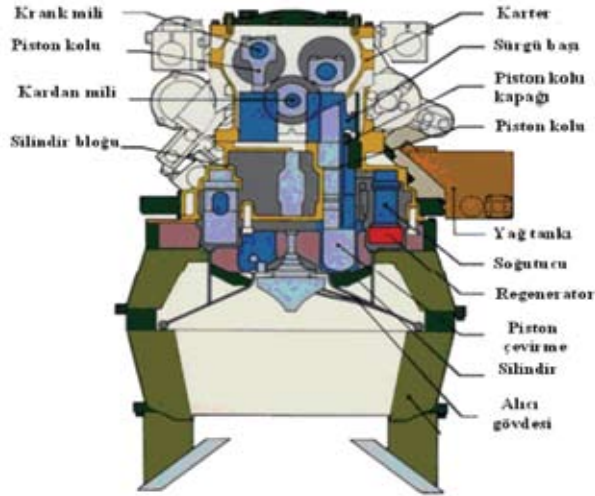
Güneş ışınlarını ısı enerjisine ve elektrik enerjisine çevirmede kullanılan diğer bir yöntem de çanak şeklindeki aynalara düşen ışınları belli bir noktada odaklamaktır. Parabolik çanak kolektörler olarak adlandırılan bu sistemler yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırmaktadır. Bu kolektörlerin yüzeyleri de parabolik oluk kolektörlerin yüzeyleri gibi yansıtıcı aynalarla kaplanmıştır. Gelen güneş enerjisi bu aynalar vasıtası ile odaktaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılmaktadır. Gazın soğurduğu ve verdiği ısı arasındaki fark mekanik enerjiye yani harekete dönüşmektedir. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Jeneratörün pervanelerine Stirling motorundan elde edilen hareket aktarılarak dönme sağlanmaktadır. Yüksek verimli Stirling motorlarında çevrim gazı olarak hidrojen kullanılmaktadır.



Şekil 2.13. Stirling motoru destekli çanak kolektörler

2.4.1. Stirling Motorları

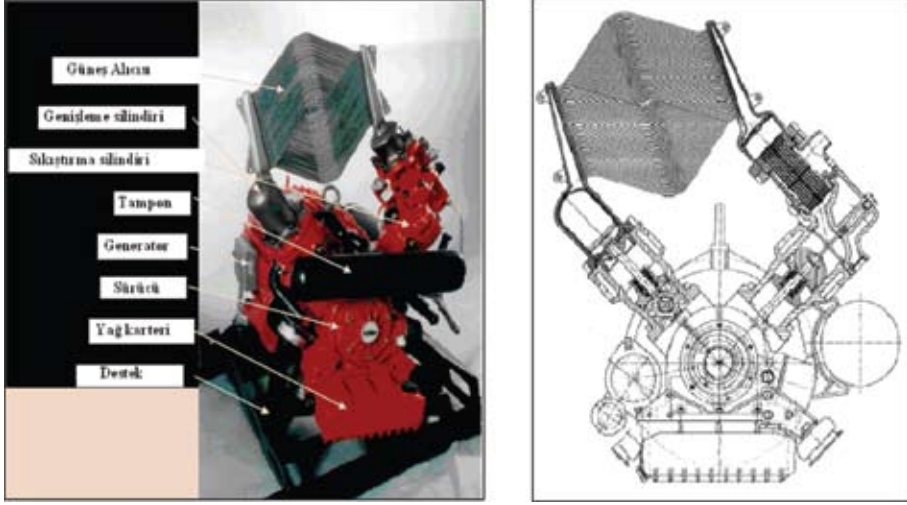
Stirling motorları; farklı sıcaklıktaki iş akışkanının genişletilmesi ve sıkıştırılması işlemlerinin kapalı ve rejeneratif bir termodinamik çevrim olan Stirling çevrimi boyunca tekrarlandığı termal sistemlerdir. Şekil 2.14.'de bir Stirling motorunun içyapısı görülmektedir.



Şekil 2.14. Stirling motoru

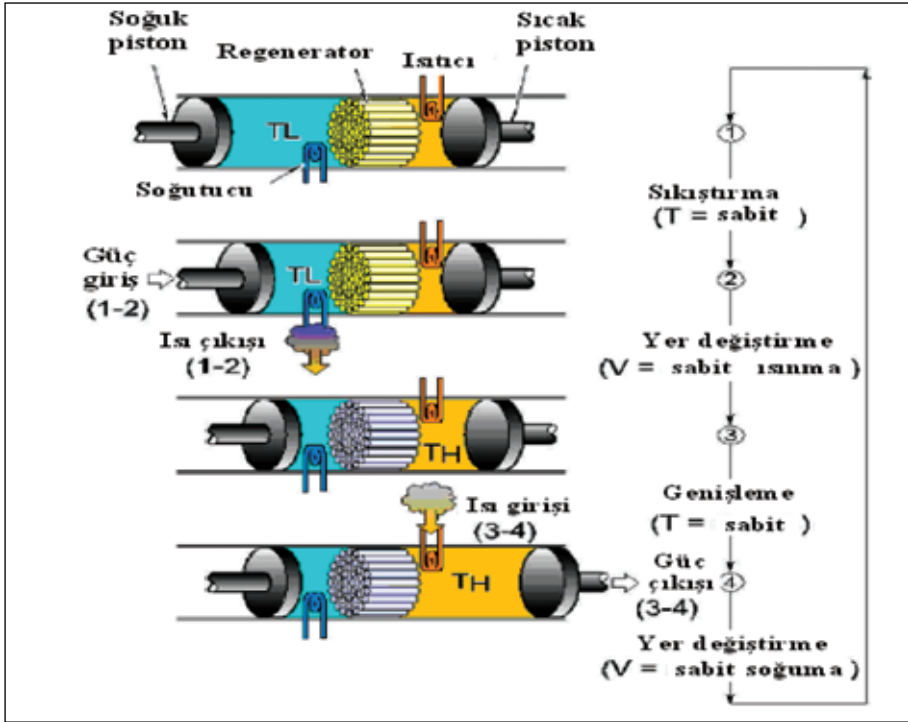
Stirling motorları teorik olarak en yüksek verime sahip olan motorlardır. Bunun yanı sıra sessiz ve titreşimsiz çalışmaları, özel bir yakıtı veya enerji kaynağına bağlı kal-

madan kullanılabilmeleri, fosil yakıtlarda kullanıldıklarında temiz ve soğuk yanma gazlarının atılması, yeterli tork ve özgül güç değerleri ile basit tasarımları araştırmacıları bu motorlar üzerinde çalışmaya yönelten başlıca nedenlerdir.



Şekil 2.15. Stirling motorunun bölümleri

Stirling motorlarında güç, dört tersinir hal değişiminin (izotermal genişleme, sabit hacimde rejenerasyon, izotermal sıkıştırma, sabit hacimde rejenerasyon) arka arkaya tekrarlanması sonucu elde edilmektedir. Genel olarak Stirling motorları farklı sıcaklıklara sahip iki bölmeden oluşmaktadır ve iş akışkanının bu iki bölme arasındaki hareketi ile hal değişimleri meydana getirilmektedir. İş akışkanının hareketi bu bölmelerde bulunan pistonlar tarafından sağlanmaktadır. Bu motorlarda ısı transferi bölme girişlerine yerleştirilmiş olan ısıtıcı ve soğutucular tarafından sağlanmaktadır. İki bölme arasında bulunan regenerator tel veya seramik bir örgü veya ısıl kapasitesi yüksek gözenekli bir tapa, ısıl enerjinin geçici olarak depolanması işlevini yürütmektedir.

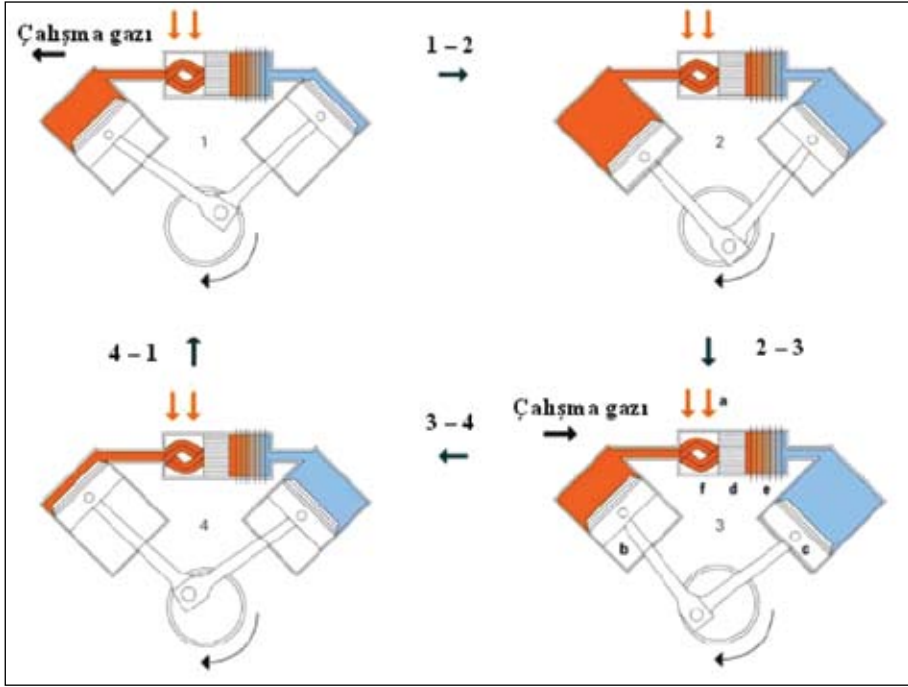


Şekil 2.16. Stirling motorunda gerçekleşen operasyonların şematik olarak gösterimi

Şekil 2.16., Stirling çevrimli bir motorun silindir içerisindeki dört temel prosesini göstermektedir. Burada, bu sabit sıcaklık ve sabit hacim proseslerini belirten birkaç mekaniksel konfigürasyon bulunmaktadır.

Bu proseslerin birçoğu pistonlar ve silindirlere gerektirmektedir. Bazıları ise, bir yer değiştiricisi kullanmaktadır. Bu yer değiştiriciler, çalışma gazı hacmini değiştirmeden yer değiştiren bir pistondan oluşmaktadır. Birçok motor dizaynlarında güç, dönen bir kranktan elde edilmektedir.

Çevrim sürecinde termal enerji depolayan gaz, regenerator boyunca ilerleyerek, yüksek sıcaklık seviyesine ulaşmaktadır. Daha sonra gaz, bir alıcı boyunca dış bir sıcaklık kaynağıyla ısıtılarak izotermal olarak genişleme silindiri içerisinde genişlemekte ve krank miline mekanik iş sağlamaktadır.



Şekil 2.17. Stirling motorunun çalışma prensibi

Başka bir gösterimle bu prosesin çalışma prensibi Şekil 2.17.'de verilmektedir. Şekilde **a**; güneş yansıması, **b**; sıkıştırma silindiri, **c**; işletme silindiri, **d**; regeneratörü, **e**; gaz soğutucu ve **f**; ise alıcıyı göstermektedir.

1–2 çevriminde gazın ısıtılması ve çalışma gazının genişlemesi gerçekleşmektedir. 2–3 çevriminde, çalışma gazının yer değiştirmesi ve sıkıştırma silindiri ve regeneratörde depolanan ısıya geçişi gerçekleşmektedir. 3–4 çevriminde ise soğuk çalışma gazının sıkıştırılması meydana gelmektedir. 4–1 çevriminde ise, çalışma gazı yer değiştirerek genişleme silindiri regeneratördeki ısı kazanım bölümüne geçmektedir.

2.4.2. Stirling Destekli Çanak Kolektörler

Stirling destekli çanak kolektörleri, genellikle tek bir üniteden oluşmakta olup; bir kolektör, bir alıcı ve bir motor ile birleştirilmiştir. Güneşin enerjisi, çanak şeklindeki bir yüzey tarafından toplanarak enerjiyi emen ve motorun çalışma akışkanına transfer eden alıcıya aktarılır. Motor ısı enerjisini mekanik enerjisine dönüştürür ve daha önce Stirling motorunun çalışma prensibine dayalı prosesler gerçekleştirilerek türbinde veya jeneratörde iş elde edilir. Böylece bu mekanik iş de elektrik enerjisine dönüştürülür.

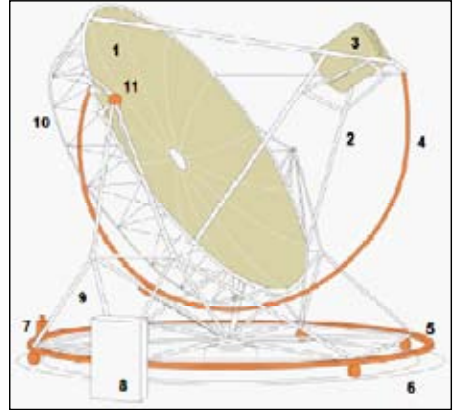


Şekil 2.18. Stirling destekli çanak kolektör

Stirling destekli çanak kolektörler genel olarak aşağıda belirtilen komponentlerden oluşmaktadır:

- Parabolik Güneş Yoğunlaştırıcı,
- İzleme Sistemi,
- Alıcı. (Generatörle birlikte Stirling motoru)

Parabolik çanak, gelen güneş ışınımını yoğunlaştırıcının odak noktasına konumlandırılmış olan bir alıcıya yansıtmaktadır. Güneş ışınımı ısı değiştirici tarafından emilmekte ve Stirling motorundaki helyum veya hidrojen çalışma gazının sıcaklığını yaklaşık 650°C 'ye çıkarmaktadır. Bu sıcaklık Stirling motoru yardımıyla mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Bir elektrik generatörü, motorun krank miline bağlanmış olup; mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir.



Şekil 2.19. Stirling destekli çanak kolektörünün bölümleri

Şekil 2.19.'da Stirling destekli çanak kolektörünün bölümleri verilmektedir. Burada; **1**; Yoğunlaştırıcı tabakası, **2**; Stirling motoru desteği, **3**; Stirling ünitesi, **4**; Sürme yayı yüksekliği, **5**; Sürme yayı azimutu, **6**; Mesnet, **7**; Azimut sürüşü, **8**; Kabin, **9**; Dönüş tablası, **10**; Dönüş desteği ve **11**; Yükseklik mesnetini göstermektedir.

2.4.3. Parabolik Güneş Yoğunlaştırıcı

Parabolik güneş yoğunlaştırıcıları 12 bölümden oluşmaktadır ve her bölüm konstrüksiyon kolaylığı bakımından dörde bölünmüştür. Bu bölümler fiberglastan yapılmış olup çelik yapı üzerine konumlandırılmıştır. Parabolik yoğunlaştırıcının tasarımı alıcı bölüme yani Stirling motora yakıt iletimi yapmasından dolayı çok hassastır. Stirling motorun çalışması için, sıcaklıkların mümkün olduğunca yüksek olması arzu edilmektedir. Bu durum parabolik tabakanın 12 eşit parçaya bölünerek tam bir parabolik şekil elde edilmesiyle oluşturulabilmektedir. Tabakanın etrafı sıkı bir şekilde konstrüksiyon kısmına bağlantılı olup; aynı zamanda Stirling destek yapısına da bağlı bulunmaktadır. Zayıf olarak anotlanmış, elektrik ile kaplanmış, iyi cilalanmış, 0,4 mm kalınlığındaki alüminyum folyo tabakaları bölümlerin ön yüzüne döşenmekte ve yaklaşık % 94 oranında yansıtıcılık sağlamaktadır.

2.4.4. İzleme Sistemi

Parabolik yoğunlaştırıcılar her zaman güneşe doğru bir yönelim gerektirmektedir. Dolayısıyla bir yatay ve bir düşey izleme sistemi gerekli olmaktadır. Bundan dolayı basit hareketli bir çelik konstrüksiyon altı adet tekerlek üzerinde konumlandırılarak, küçük bir servo motor vasıtası ile yatay ve düşey yönelimleri sağlanmaktadır.

2.4.5. Alıcı (Stirling motoru)

Sistemde tüm bu elemanlardan başka daha önce de bahsedildiği üzere güneşten elde edilen ısıyı çeşitli prosesleri gerçekleştirmek amacıyla kullanan bir Stirling motoru yer almaktadır. Kısaca sistemdeki Stirling motoru elde edilen ısıyı mekanik enerjiye dönüştürerek daha sonra da elektrik enerjisi elde edilmesine yardımcı olmaktadır.

2.4.6. Dünyadaki Örnekler

Suudi Arabistan'da kurulan çanak kolektör sistemi 50 kW kapasiteli olup; çanak çapı 17 m'dir.



Şekil 2.20. Suudi Arabistan'daki çanak kolektör sistemi

Stuttgart Üniversitesi'nin kampüsünde kurulan prototip Stirling motoru destekli çanak kolektörü sistemi 9 kW kapasitelidir.



Şekil 2.21. Stuttgart Üniversitesi kampüsündeki çanak kolektör sistemi

Şekil 2.22.'de İspanya Almeria'da kurulan çanak kolektör sistemi görülmektedir.



Şekil 2.22. İspanya Almeria'da kurulan çanak kolektör sistemi

Şekil 2.23.'de ise yine İspanya'da kurulan 10 kW kapasiteli Stirling motoru destekli başka bir çanak kolektör sistemi görülmektedir.

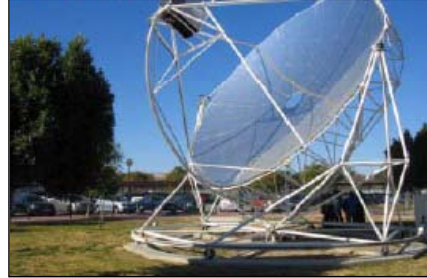


Şekil 2.23. İspanya Almeria'da kurulan çanak kolektör sistemi

Şekil 2.24.-a'da İtalya Milano'da, Şekil 2.24.-b'de İspanya Sevilla'da, Şekil 2.24.-c'de Almanya Wurtzburg'da ve Şekil 2.24.-d'de ise Fransa Odellio'da kurulmuş olan Stirling motoru destekli çanak kolektör sistemleri görülmektedir.



Şekil 2.24.-a



Şekil 2.24.-b



Şekil 2.24.-c



Şekil 2.24.-d



2.5. FOTOVOLTAİK PİLLER ve UYGULAMA ALANLARI (5)

2.5.1. Fotovoltaik Pili Uygulamaları

Güneş enerjisinin fotoelektrik dönüşümünde kullanılan fotovoltaik piller, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir. Fazla elektron bulunan n-tipi yarıiletken ile fazla boşluk bulunan p-tipi yarıiletken yan yana gelerek tek bir kristal meydana getirmesi durumunda fazla elektronların boşluklara atlamasıyla doğru akım meydana gelir. Güneş pillerinin verimleri tasarım, madde yapısı ve imalat şartlarına bağlı olarak % 6–35 arasında değişir. Güneş pillerinin 35 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında artış görülmektedir. Güneş pilleri pahalı olmasına karşın, hiç bir hareketli parça olmaması ve sorunsuz olarak en az bakımla 25–30 yıl kullanılabilmesinin yanı sıra çalışma süreleri boyunca doğaya hiç bir kirlenici atık bırakmamaları üstünlükleridir.

Güneş pillerini oluşturan hücreler ışığı emen, elektronları uyaran ve böylece akım taşımak için boşluklar oluşturan iki veya daha fazla özel hazırlanmış yarıiletken madde katmanı içerir. İki ayrı özelliğe sahip yarıiletken maddenin temas yüzeyi, elektronların bir devrede dolaşmasının sağlayacak gerilimi oluşturur. Bu gerilimi kullanmanın bir yolu cihazda iki veya daha fazla ince yarıiletken madde katmanı kullanmaktır. Bu hücrelerin alanı bir kaç cm² den 3–4 m² ye kadar değişmekte ve silikon, galyum arsenit, şekilsiz silikon, bakır indiyum diselenit, kadmiyum tellürit ve birçok farklı yarıiletken maddeden yapılmaktadır. Birçok hücreyi bir modüle bağlamak daha yüksek bir güç çıkışı sağlar ve hücreler için koruyucu kaplama oluşturur.

Fotovoltaik piller, modüller halinde olduğundan ihtiyaca göre boyutlandırılabilir. Yeni sistemlerin tasarımı, kuruluşu ve çalıştırılması veya var olan sistemlere ek yapılmasında geçen süre diğer konvansiyonel güç üretim tekniklerinde gereken sürenin küçük bir kısmıdır. Ayrıca bu sistemlerin basitliği düşük çalışma ve bakım maliyeti sağlar. Fotovoltaik piller ile jeneratörleri çalıştırma işleminde, hiç bir hareketli parça olmaması dolayısıyla bakım, tamir ve yedek parça maliyetleri daha düşüktür. Çalışma maliyeti sıfır olup yakıt masrafının olmaması birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Tipik bir sistemin kullanım süresi yaklaşık 20 yıldır. Güneş pili sistemlerinin maliyeti, temel olarak iki kısımda incelenebilir. İlk güneş pili modüllerinin maliyeti, ikincisi invertörler, elektronik denetim aygıtları, depolama, kablolama, arazi, altyapı hazırlama gibi sistem destek elemanlarının maliyetidir. Genelde güneş pillerinin maliyeti toplam sistem maliyetinin yarısını oluşturmaktadır. Ancak maliyet hesabında çevre etkileri dikkate alınmamaktadır.

2.5.1.1. Fotovoltaik pillerin uygulama alanları:

Fotovoltaik pillerin uygulama alanları, kırsal bölgelerin elektrifikasyonu, zirai uygulamalar (süt, gıda korunması), haberleşme cihazları, uyarı ve sinyalizasyon sistemleri, meteoroloji aletleri, park ve otoyolların aydınlatması, su pompalanması ve küçük tip el aletleri olmak üzere sıralanabilir. Fotovoltaik pillerin diğer uygulama alanı ise güneş santralleridir.

En fazla fotovoltaik üretim kapasitesi Almanya, İtalya, İsviçre ve İspanya'dadır. PV teknolojisi temiz teknoloji olduğundan, karbondioksit vergisi ve emisyon yönünden gelecek yıllarda fosil yakıtlara göre daha cazip duruma gelecektir.



Fotovoltaik pillerin diğer hızla gelişen bir kullanım alanı da çatı ve dış yüzey uygulamalarıdır.

İngiltere'de Ford Firması fabrikasının çatısına yerleştirdiği 100 kW gücündeki güneş pilleri ile yılda 110.000 kW saat enerji üretmektedir. Piller fabrika çatısının % 8'ini kaplamaktadır. Pillerin kullanımı ile 30 yıllık pil ömrü içinde, fabrikasının işletilmesindeki karbon dioksit salınımı 3.000 ton azalacaktır. Avrupa'daki bu tür fabrika yapıları içinde en büyük uygulamalardan biri olan bu uygulama projesinin maliyeti 1,5 milyon İngiliz Sterlini'dir. Proje, BP-Solar firmasınınca yürütülmüş ve güneş panelleri, bu firmanın Madrid'deki tesislerinde üretilmiştir. Dünyanın en geniş alanlı güneş pili çatısı, yılda 1.000.000 kW h'lik bir elektrik enerjisini üreten sistem, Almanya'da kurulmuştur. Toplam 7.916 m²'lik alanı kaplayan 7.812 güneş modülünün ve sistemin maliyeti 14 milyon DM.'dir

2.5.2 FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLER

2.5.2.1. Yarıiletkenler ve Fotovoltaik Etki

Bir yarıiletken, izolatör (çok düşük iletkenlik) ile bakır gibi yüksek iletkenliğe sahip iletkenin sınırları arasında kalan bir iletkenlik düzeyine sahiptir. Bir maddenin, yük akışına veya akıma karşı direnci iletkenliği ile ters orantılıdır. İletkenlik düzeyi ne kadar yüksek ise, direnç düzeyi o kadar düşüktür.

Yarıiletken devre elemanlarının yapımında en çok kullanılan malzemeler silisyum (Si) ve germanyumdur (Ge). Bu malzemelerin atomlarının dış kabuklarında dörder valans elektronu bulunur. Bu tipten bir malzeme, içindeki yabancı atomlardan arıldıktan sonra gerektiği şekilde kristalleştirilirse, düzgün bir kristal yapı meydana getirir. Bu kristal yapıda, bir Si atomunda (veya Ge), her valans elektronunun kullanılmasının sonucu olarak, komşu atomlar arasında bağlayıcı kuvvetler oluşur. Isıl uyarma ile bu elektronlar yerlerinden koparak "serbest elektron" haline geçebilir. Kristal yapı içinde rastgele dolaşan bu elektronlar bir elektriksel alan uygulandığında, bu alana zıt yönde yani negatif uçtan pozitif uca doğru sürüklenerek bir elektrik akmasına sebep olurlar.

Isıl uyarma ile (başka bir şekilde enerji alarak) yerinden kopan bir elektronun bir yerden ayrılması ile meydana gelen elektron noksanlığı, o yerde bir pozitif yükün bulunması şeklinde yorumlanarak bazı olayların açıklanması kolaylaştırılmıştır. Bu pozitif yüke "delik" denir. Delikler de komşu atomlardan çalınan elektronlarla dolarak kristal yapı içinde rastgele hareket ederler. Bir elektriksel alan uygulandığında delikler de alanın belirlediği yönde yani pozitif uçtan negatif uca doğru sürüklenerek bir akım akmasına neden olur. Deliklerle elektronların, alanın etkisi altında hareket yönleri zıt olduğu halde taşıdıkları yükler de zıt işaretli olduğundan, akıttıkları akım aynı yönde ve pozitiften negatife doğrudur.

2.5.2.2. Katkı malzemeler (n tipi ve p tipi):

Düzgün kristal yapıya sahip bir yarıiletkene dış yörüngelerinden beşer valans elektronu bulunan yabancı atomlar {P (fosfor), As (arsenik),...} katılırsa, bu "katkı atomları" kristal yapıya, sanki birer yarıiletken atomu imiş gibi, dört dış yörünge elektronları ile komşu atomlara bağlanarak yerleşirler. Açıkta kalan beşinci elektronlar kolaylıkla ait oldukları atomun çevresinden ayrılarak yapı içinde rastgele dolaşabilen "serbest elektron" haline geçerler. Bu yolla ortaya çıkan serbest elektronların sayısı, yapıya katılan 5 valans elektronlu atomların sayısı kadardır. Birer elektronlarını serbest bırakarak kris-



tal yapıya yerleşmiş olan bu atomlar yerleri belirli ve sabit olan +1 pozitif yüklü iyonlar olarak yapı içinde kalırlar. Kristal yapı içinde bu serbest elektronlarla, hareketsiz pozitif iyonlardan başka, yarıiletken atomlarından ısı ısıtma sonucu kopan elektronlarla, bunların kopması sonucu ortaya çıkan delikler vardır. Bu durumda, 5 valans elektronlu yabancı atomlar katılmış bir yarıiletkende akım taşıyıcısı olarak çok sayıda elektron ve az sayıda da delik bulunacaktır. Çoğunlukta bulunan taşıyıcılar negatif yüklü olduğu için bu tip yarıiletken "n tipi yarıiletken" denir.

Has yarıiletken (içinde yabancı katkı bulunmayan iletken) dış yörüngesinde üçer valans elektronu bulunan yabancı atomlar {Al (Alüminyum), B (Bor), ...} katılırsa, bu atomların kristal yapıya yerleşebilmeleri için yakınlardaki yarıiletken atomlarından birer elektron almaları gerekir. Böylece, kendileri yapı içinde yerleri belirli, sabit olan birer negatif iyon haline geçerlerken aldıkları elektronlardan kalan delikler pozitif yükler olarak kristal yapı içinde rastgele dolaşmaya başlarlar. Bu durumda ortaya çıkan pozitif akım taşıyıcıları ısı ısıtma ile doğmuş olan serbest elektron ve deliklere eklenirler ve bu defa pozitif taşıyıcılar çoğunlukta olduğu için bu tip yarıiletkenler "p tipi yarıiletken" olarak adlandırılır.

2.5.2.3. p-n jonksiyonu:

Bir yarıiletken parçanın bir bölgesi p tipi, bir bölgesi n tipi olacak şekilde katılırsa p tipi bölgede çok sayıda bulunan delikler n tipi bölgeye doğru ve n tipi bölgede çok sayıda bulunan elektronlar p tipi bölgeye doğru yayılmaya başlarlar. Hareket edebilen taneciklerin yüksek yoğunlukta bulundukları yerden alçak yoğunlukta bulundukları yerlere doğru bir şekilde yayılmaları olayına difüzyon denir. Difüzyon başladıktan sonra p bölgesinin n bölgesi ile birleştiği bölgede negatif yük fazlalığı, n bölgesinin p bölgesine yakın olan kısımlarında ise pozitif yük fazlalığı oluşur. Bunun sonucu, bölgelerin temas kısmına yakın yerlerde bir elektrik alanı meydana gelir. Alan difüzyon ile doğru orantılı olarak artar. Bir süre sonra alan tarafından elektron ve delik difüzyonu engellenir. Denge kurulduktan sonra, p-n jonksiyonunun yapısı tamamlanmış olur.

2.5.3. Güneş Pilleri ve Çeşitleri

Üzerine güneş ışınımı düşünce direkt elektrik üreten güneş pilleri, fotovoltaik tesir esasına göre çalışır. Tamamen yarıiletken teknolojisine dayanır. Fazla elektron bulunan (n-tipi) yarıiletken ile fazla boşluk bulunan (p-tipi) yarıiletkenin yan yana getirildiği zaman tek bir kristal meydana getirmesi ve fazla elektronların boşluklara atılmasıyla doğru akım meydana gelir. Hücreler birbirine seri ve paralel bağlanarak akım şiddeti ve gerilim artırılır.

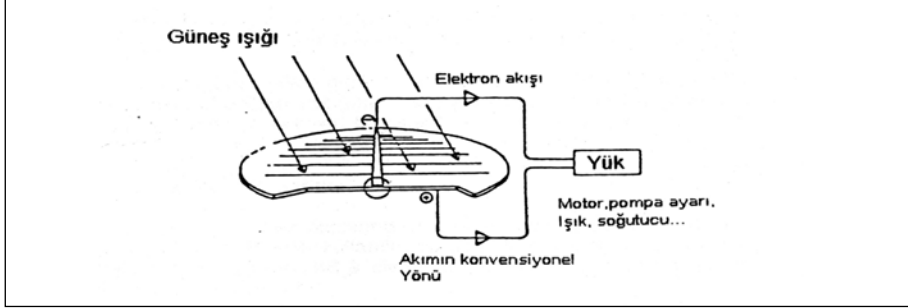
Güneş pillerinin verimleri % 3 – 25 arasında değişir. Bu piller uzay programları için geliştirilmeye başlanmış 1955 yılından sonra uzay araçlarında ve daha sonraki yıllarda da genellikle fazla güç gerektirmeyen ve bilinen diğer yollardan elektrik üretimi zor olan güç merkezlerinden uzak yerlerde (deniz fenerleri, yelkenli botlar, telefon ve telsiz, otomatik meteoroloji aletleri, demir ve karayolu geçitleri, orman gözetleme kuleleri, küçük tip el aletleri vs.) kullanılmaya başlamıştır.

2.5.3.1 Kristal silisyum piller

Silisyum fotovoltaik elemanlarda kullanılan ana materyaldir ve birçok güneş pili de kristal silisyum olarak yapılır. Kristal silisyumun iki çeşidi vardır:

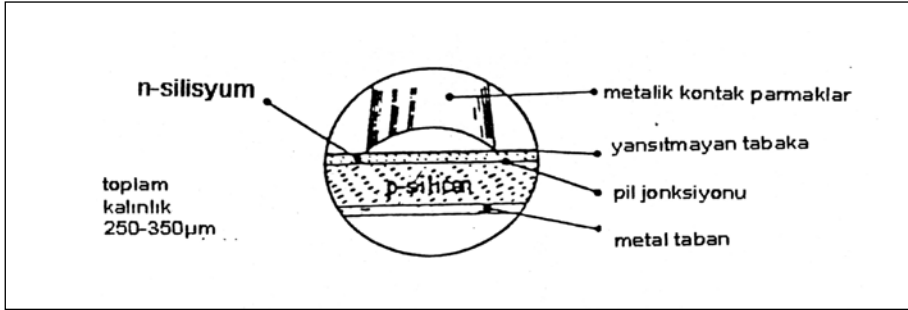
- a) Monokristal
- b) Multikristal veya Polikristal

Şekil 2.25.'de p-n eklemlili bir pilin yüke bağlanması görülmektedir.



Şekil 2.25. Bir güneş pilinin yüke bağlantı şekli

Şekil 2.26.'da ise Kristal Silikon fotovoltaik pilin yapısı görülmektedir.



Şekil 2.26. Kristal Silikon fotovoltaik pilin yapısı

Monokristal silisyum pil için, p bölgesi yüksek saflıktaki silikonun Bor'la katkılanması ile oluşturulur. Kalınlığı tipik olarak 1 µm'dir. N bölgesi ise Arsenik ile katılır. Kalınlığı tipik olarak 800 µm'dir.

2.5.3.2 İnce-Film piller

İnce-Film güneş pillerinde hidrojenli amorf silisyum (a-Si:H) ve polikristal silisyum (poly-S) maddeler kullanılır. Bu tip pillerin verimliliği genelde kristal silisyum pillerden daha düşüktür (% 6-9 civarında). Buna karşılık kristal pillere göre birçok üstünlükleri vardır:

1. Üretimi basittir
2. Üretimi için yüksek sıcaklığa gerek yoktur (300°C' den az).
3. Daha az madde kullanılarak üretilirler. (film kalınlığı 1 µm veya daha azdır).
4. Düşük sıcaklıkta üretimi olduğu için daha ucuz tabakalar (cam gibi) kullanılarak üretilir.



5. Kolay biçimde birleştirilerek yüksek gerilim elde edilebilir.

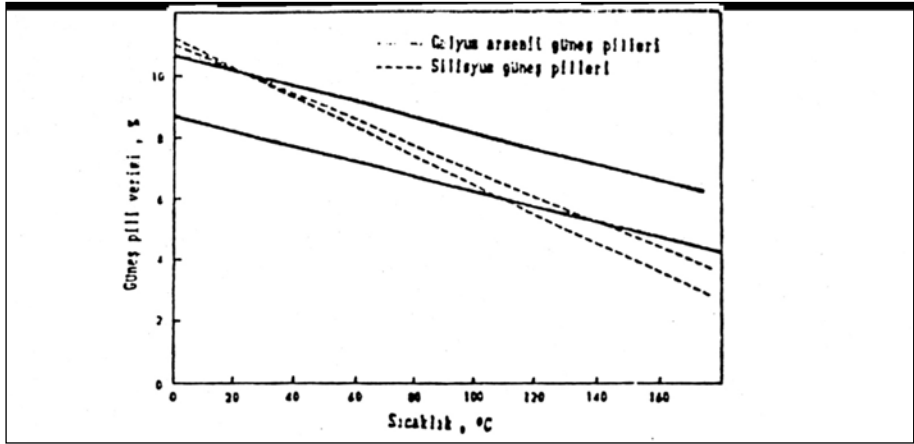
İnce-Film pillerinin çeşitli şekillerde bağlanmasıyla (akım veya gerilimi arttırmak için) modüller oluşturulabilir.

2.5.3.3 Diğer malzemeden yapılan güneş pilleri

Yapılan araştırmalar, silisyumdan başka malzemelerin de güneş ışınımı altında elektrik enerjisi ürettiğini göstermiştir. Bu malzemelerin en çok kullanılanları şunlardır:

GaAs, CdTe ve CdS.

Özellikle GaAs ile ilgili araştırmalar monokristal malzemeleri de ilgilendirir. Bunun yanında CdTe ile ilgili yapılan araştırmalar sadece monokristalleri değil, ince-film malzemelerini de ilgilendirir. Verimlilikleri yüksektir. Aşağıdaki şekilde, bir silisyum güneş pili ile GaAs güneş pilinin sıcaklık-verim değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 2.27. GaAs pil ve Silisyum pilin sıcaklık-kazanç fonksiyonlarının karşılaştırılması

Aşağıda güneş pili çeşitleri ve karşılaştırılması özetlenmiştir:

Pil Tipi: Katkısız pil

Kazanç Verimliliği (%) : 23,1

Avantajları:

Kullanışlı ve sağlam

Kararlı

Verimliliği yüksek

Dezavantajları:

Pahalı malzemeye gereksinim duyması

İncelen yapı

Yüksek maliyet

Pil Tipi: Polikristal silikon
Kazanç Verimliliği (%) : 18,0

Avantajları:

Kullanışlı ve sağlam

Kararlı

Verimliliği iyi

Katkısız pile göre daha ucuz

Dezavantajları:

Pahalı malzemeye gereksinim duyması

İncelen yapı

Verimliliği katkısız pile göre daha az

Pil Tipi: Galyum-Arsenik
Kazanç Verimliliği (%) : 29,2

Avantajları:

Teorik olarak en yüksek verimlilik

Yüksek sıcaklıklarda kullanım imkanı

Dezavantajları:

Çok pahalı

Kullanım malzemesinin az bulunması

Son yıllarda katı panellerin yanı sıra esnek panel üretimi ve kullanımı artmış ve özellikle binalarda yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.



Şekil 2.28. Esnek Güneş Panelleri

2.5.4. Güneş Pili Modülü Seçimi

Tasarım parametreleri

a) Yerel güneşlenme miktarı: Sistemin kurulacağı yerin iklimsel şartlarına bağlı olan bir faktördür. Genelde güneş ışınımı verilerinin tam değerini saptamak için, sistemin kurulacağı yerin aylık güneş ısı verileri kullanılır. Çünkü güneş ısı aydan aya daha çok değiştiği için güneş ısısının düşük olduğu aylarda yükü beslemek için yeterli güç üretilmeyebilir. Bunun için elimizdeki verilerin % 10 değişeceği düşünülmelidir. Ayrıca bu verilerin, kurulan devrenin ölçülerine ve pozisyonuna göre de değiştiği göz önüne alınmalıdır. Yerel güneşlenme miktarı sistemin kurulacağı yere en yakın meteoroloji istasyonundan elde edilebilir.



b) Yerel sıcaklık: Tipik güneş pillerinde, sıcaklık artışıyla verimin düştüğü daha önce vurgulanmıştır. Sistem tasarlanırken, sistemin kurulacağı yerin yerel sıcaklık değişimi bilinmelidir.

c) Sistemin kayıpları: Bu faktör, güneş pilinin kirlenmesi sonucu oluşan kayıpları, hat ve iletim kayıplarını, akümülatör veya depolama ünitesi kayıpları ile kontrol sistemi ve korozyon kayıplarını kapsamaktadır.

d) Diğer sistem kayıpları: Yukarıdaki kayıplara ek olarak, sistemde, çevirici ve kıyıcıdan ek olarak meydana gelen kayıplar da mevcuttur. DC/AC çevirici için tüm bu kayıplar yaklaşık olarak yükün % 23' ü seviyesindedir. DC/DC çevirici için ise, bu kayıplar yükün yaklaşık % 29' u civarındadır.

Güç seçimi

Güneş pili modülü üç aşamada belirlenir:

1- a) Yükün gereksinimi olan güç Wh cinsinden belirlenir.

b) Yük besleme gerilimi AC ise çeviricinin kayıp katsayısı 1,3 civarındadır.

c) Güç süreklilik çarpanı bulunur.

d) 1aX1bX1c bulunur (Wh/gün).

2- Pillerin yerleştirileceği bölgenin güneşlenme katsayısı, hazırlanmış haritadan bulunur.

3- 1 değeri ile 2 değeri çarpılarak seçilen bölge için gerekli güneş pili gücü watt olarak hesaplanır.

2.5.5. Güneş Pilinden Elde Edilen Enerjiyi Depolayan Bataryaların Özellikleri

Elektrik enerjisinin batarya ile depolanması yaygın bir metottur. Güneş pilinden elde edilen elektrik enerjisini depolayan bataryaların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bunlar:

- Kurulduğu yerde en az beş yıl ömrü olmalı ve beş yılın sonunda maksimum kapasiteden en fazla % 15 kaybı olmalı.
- Bataryanın kazancı en az % 95 olmalı.
- 25°C' dekideşarj kayıp miktarı toplamdeşarj miktarının % 4–5' inden fazla olmamalı.
- Hızlıdeşarj için dayanıklı bir yapıya sahip olmalı.
- İstenilenşarj akımı, bataryanınşarj kapasite akımının % 1' inden daha az olmalı
- Paralel bağlantıya uygun bir yapıya sahip olmalı.
- Elektrolit kayıplarına dayanıklı olmalı.
- Portatif olmalı.
- Kurulurken (sisteme eklenirken), hasara uğramamalı.

Yukarıdaki özelliklere uygun batarya tipi dört tanedir. Bunlar:

- Sıvı elektrotlu kurşun-asit bataryalar.
- Kuru bataryalar



- 3) Nikel-Kadmiyum bataryalar (Ni-Cd)
- 4) Sodyum-sülfür bataryalar (Na-S)

Sıvı elektrotlular sabit bir yerde kullanılır. İlk baştaki iç dirençleri kuru olanlarına göre daha düşüktür. (0,0001 Ω). Ömürleri ve kapasiteleri daha yüksektir. Ayrıca bakıma ihtiyaç duyarlar ve fazla hareket ettirilmemeleri gerekir.

2.5.6. Güneş Pillerinin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

- Enerji iletim tellerine ihtiyaç duymaz. Enerji ihtiyacı olan her yere kurulabilir.
- Güneş pili sistemini kurmak hızlı ve basittir. Sistemin kapasitesi ihtiyaca göre ayarlanabilir.
- Sistem modül halinde ise modüllerden birinin bozulması durumunda diğerleri enerji üretebilir. Uzun ömürlüdür (En az 20 yıl).
- Sessiz ve çevreyi kirliletmeden çalışır.
- Güneş pillerinin ana maddesi olan silisyum, doğada çok bulunan bir maddedir.

Dezavantajları:

- İlk kuruluş maliyeti yüksektir (Fakat son yıllarda yapılan çalışmalarla maliyet hızla düşmektedir).
- Elde edilen akım, doğru akım olduğundan konvertör ile birlikte kullanılması gerekebilir.
- Üretilen enerjiyi depolamak için bir akümülatöre ihtiyaç vardır.
- 1 kW'lık güç elde etmek için yaklaşık 10 m² alana ihtiyaç vardır.

2.6. FOTOVOLTAİK UYGULAMALAR (6)

2.6.1. Güneş Santralleri

Güneş elektrik santralleri PV (fotovoltaik) tipi ve termik elektrik tipi olarak ikiye ayrılmaktadır. 1970'lerin sonlarında güneş termik santralleri kurulmaya başlanmıştır.

1975–80 döneminde 1 MW'ın altındaki deneme uygulamalarından sonra ABD California Mojave Çölü'nde kurulan 10 MW'lık Solar One adlı güneş termik elektrik santrali ilklerden biridir. Aynı yıllarda Güney Fransa'da 2,5 MW'lık SES–5 Santrali, İspanya Almeria'da 1,2 MW'lık CESA–1 Santrali, İtalya'da Adriano'da 1 MW'lık Themis Santrali, o dönem Sovyetler Birliği Azak Denizi kıyılarında 5 MW'lık EURELIOS Santrali ve Japonya Nio'da 1 MW'lık Güneş Işığı Santrali ilk güneş termik elektrik santralleridir. [10]

Güneş termik elektrik santralleri; heliostat (yansıtıcı düz ayna) tarlalı ve merkezi güneş kuleli, uzunlamasına silindirik odaklı kolektör tarlalı ve dağınık çanak kolektör tarlalı tiplerde olmaktadır. Toplanan ısı enerjisi ile sıvı akışkan buharlaştırılmakta, klasik termik santrallerindeki benzer biçimde buhar türbini ve jeneratör ikilisinden elektrik üretilmektedir. Bu buhar su buharı olabildiği gibi kolektör devresinde yağ kullanan ve ısıyı düşük sıcaklıkta buharlaşan özel bir akışkana eşanjörle aktaran, özel akışkan buharı ile çalışan türbinlerde vardır. Sistemde bir ısı deposu yer almaktadır. Güneş termik santralleri ileri teknoloji ürünü olup, bir bakıma deneme süreçleri sürmektedir. Bu teknolojinin kazanımı bilinçli bir teknoloji transferini gerektirir.



Güneş PV santrallerine gelince, 1982'de California'da 1 MW'lık Edison Lugo PV Santrali kuruldu. Bunu Los Angeles-San Francisco arasında kurulan 6,5 MW'lık Carisa Plains Santrali izledi. Ayrıca Sacramento'da 2 MW'lık bir başka PV santrali yapıldı. Amerika'nın dışında başka ülkelerde de PV santralleri bulunmakla birlikte, toplam kurulu güçleri güneş termik santrallerinin % 10'u düzeyini aşmamaktadır. Bunun çeşitli nedenleri olmakla birlikte, PV üreticilerinin merkezi santraldan çok oto produktörler için uygun oluşu, ayrıca birim kurulu güç maliyetinin termik tiplerden 3,7–5,2 kat daha yüksek bulunuşu başta gelen nedenlerdir.

2.6.2. Güneş ve Rüzgar Santralleri İçin Maliyetler:

Rüzgar türbinlerinin birim fiyatları daha çok 750–1.250 US \$/kW olup, bu fiyatın 1.700 US \$/kW'a çıktığı makineler vardır. Ancak, son yılların trendi birim fiyatların sürekli aşağı çekilmesi biçiminde olmuştur. Temel ve inşaat masrafları ile birlikte kurulu güç maliyeti genelde 2.000 US \$/kW değerinin altında kalmaktadır. Oysa Luz tipi güneş/doğal gaz kombinasyonlu santrallarda birim kurulu güç maliyeti 200 MW ve daha büyük güçlerde 2.000 US \$/kW olup, 80 MW'lık ünitelerde bu maliyet 3.100–3.700 US \$/kW düzeyine sıçramaktadır. Gerek burada açıklanan birim kurulu güç ve gerekse daha önce açıklanmış olan birim enerji maliyetleri açısından rüzgardan elektrik üretimi, güneşten elektrik üretiminden ucuz olup, rüzgar elektrliği konvansiyonel elektrik rekabet edebilir boyutlardadır.

2.6.3. PV Teknolojisinin Avantajları:

PV Sistemlerinin çekici birçok özelliği vardır. Birincisi, modülerdir, yani ihtiyaç ne kadar büyük ve küçük olursa olsun, sistemler spesifik bir uygulamanın güç ihtiyacına göre optimize edilebilir ve bir kaç watt'tan yüzlerce watt'a kadar elektriksel güç üretim kapasitesine sahiptir. Sistem modüler olduğu için, fazlar ve segmentler şeklinde kurulabilir, böylece kuruluş süresi minimuma indirgenir. Yeni sistemlerin tasarımı, kuruluşu ve çalıştırılması veya var olan sistemlere ek yapılmasında geçen süre, hidro, nükleer veya fosil yakıt gibi diğer konvansiyonel güç üretim tekniklerinde gereken sürenin küçük bir kısmıdır. PV sistemleri, çabuk kurulabilen ve yakıt ihtiyacı olmayan güç kaynaklarıdır.

PV sistemlerinin basitliği, düşük çalışma ve bakım maliyeti sağlar. PV generatörleri hiç hareket eden parçası olmayan katı madde elektronik cihazları olduğundan bakım, tamir ve yedek parça maliyeti gerçekten sıfırdır. Böylece uzun vadede bir fotovoltaik sistemin maliyeti diğer güç kaynağı teknolojilerinden daha düşüktür. Çalışma maliyeti sıfırdır çünkü yakıt masrafı da yoktur ve bu sistemler uzun süre çalışabilir. Tipik bir sistemin kullanım süresi yaklaşık 20 yıldır.

Fotovoltaik, müşterilere ve benzer enerji üreticilerine güvenli, ekonomik, atık çıkarmayan ve kolaylıkla bulunabilen kaynak sağlar: Güneş ışığı bilinen en bol bulunan enerji kaynağıdır. Her gün doğan güneş kadar emniyetli ve güvenlidir. Bir yakıt kaynağı olarak yenilenebilir ve taşınabilir. Güneş enerjisi çok elverişli bir enerji kaynağıdır, çünkü Türkiye'nin her yerinde elde edilebilir, böylece üretim ile tüketim yerleri arasında güç aktarımı için büyük yatırımlar gerektirmez ve yaşadığımız ekosistemi tehlikeye sokacak zararlı yan ürünler üretmez.



2.6.4. PV teknolojinin uygulama alanına yönelik bir örnek: Fotovoltaik Sulama Sistemi

PV sulama sisteminin başlıca bileşenleri, pompa, pompayı çalıştıran elektrik motoru ile motora elektrik enerjisi temin eden fotovoltaik elemanların oluşturduğu PV Generatördür. Dilimize “Güneş Pili” olarak yerleşmiş Güneş Hücresi (solar cell) veya Fotovoltaik Eleman ile bunlardan oluşan Solar Modül, PV Generatör, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Bu yoldan elde edilen elektrik enerjisi Doğru Akım (DC) karakterinde olduğundan, elektrik motoru olarak Doğru Akım Motoru veya PV Generatör ile motor arasına bir evirici (DC/AC invertör) bağlanarak Alternatif Akım (AC) Motoru kullanılır.

Başlıca iki tip PV sulama sistemi kullanılmaktadır:

1. Durgun su - akarsu tipi.
2. Derin kuyu tipi.

PV generatörün doğrudan doğru akım motoruna bağlandığı (a) tipi sistemlerde, motopomp ünitesi genelde yüzer tip olup, 260–520 Wp gücünde bir PV generatör ile düşük kot farklarında (0,5 m’de 40 m³/h maksimum, 10 m’de 3 m³/h) , nispeten yüksek debi elde etmekte kullanılır. Evirici aracılığı ile trifaze AC motoru kullanılan (b) tipi sistemlerde ise motopomp ünitesi dalgıç tip olup, 560–1.400 Wp gücünde bir PV generatör ile nispeten yüksek kot farklarında, değişik tipte pompa ve PV generatör güçleri ile 4–120 m arasında 250–9 m³/h debi elde edilmektedir.

Güneş enerjisi ile çalışan bütün sistemlerin önemli bir ortak bileşeni enerji deposudur. Güneş enerjisi arzının kesikli olması ve genelde tüketim talebine paralel gelişmemesi, sistemde bir enerji deposunu gerektirmektedir. Fotovoltaik sulama sisteminde en basit depolama alternatifi, gerekli potansiyel enerjiyi sağlayacak yüksekliğe yapılmış bir su deposudur. Ancak, sistemde akümülatör kullanılarak elektrik enerjisi depolanması halinde gerekli olan PV generatör gücü azalacağından, daha ekonomik bir sulama elde edilebileceği de bazı araştırmacılarca belirtilmektedir.

Pompa, su deposu ve borularının hesaplanarak yerleştirilmesi bilinen sulama tekniklerine uygun olarak yapılır. Fotovoltaik sulama sistemlerinde önemli olan PV generatörün yerleştirilmesidir. Bunun için önce bir pusula yardımı ile Güney bulunu ve PV generatörün gün boyunca, kısmen de olsa, gölge altında kalmamasına dikkat edilerek yeri seçilir ve ön yüzü güneye dik olarak yönlendirilmiş biçimde yerleştirilir. Gelen güneş enerjisinden optimum yararlanılabilmesi için PV generatörün yatay ile yaptığı açı da önemlidir. Bu açı bir gönye yardımıyla sistemin bulunduğu enlem açısına eşit olarak ayarlanır. PV generatörün elektriksel bağlantılarının, ön yüzünün siyah bir örtüyle kapalı olarak yapılması çalışma emniyeti bakımında önemlidir.

Güneş enerjisinin toplanması için gerekli alanı belirlemek çok önemlidir. Meinel ve Ralph her ikisi de Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşüm veriminin % 10 civarında olduğunu farz ederek yaklaşık 67.000 kW’lık elektrik enerjisi üretecek olan Güneş enerjisi için 1 mil karelik (2,6 x 10⁶ m²) bir alanın gerekli olduğu neticesine varmışlardır. Bu yüksek değerler güneş enerjisinin düşük akım yoğunluğunda olmasından ileri gelir.



Güneş enerjisinin toplanması ile ilgili teknik problemler hemen hemen çözümlenmiştir. Enerji bol olmasına rağmen bunu toplama maliyeti yüksektir. Sonuçta Güneş enerjisinin kullanımı bir sermaye yoğun yatırımdır. Enerjinin maliyeti güneş toplayıcılarının çok geniş alanlar gerektirmesinden dolayı buna bağlı olan yatırım maliyetine bağlıdır.

2.6.5. Fotovoltaik Enerjinin Verimi

Bir enerji kıtlığında güneş enerjisi çok çekici olacaktır. Henüz enerji fiyatlarını artıracak ciddi bir enerji darboğazı yaşanmadığından güneş ilk bakışta pahalı görülmektedir. Çünkü enerjimizi enerji birimleriyle değil ekonomik birimlerle değerlendirmekteyiz. Termik enerji üretim sektörü ürettiği enerjisinin % 29'unu kendisi tüketmektedir ki bu büyük bir rakamdır. Diğer bir deyişle üretilen enerjinin % 29'u enerji üretmek için kullanılmaktadır. Yani dönüş enerjisi oranı 1/3 tür. Kullanım zamanı boyunca tipik bir güneş modülünün, güneşli iklim şartlarında, imalat kuruluş ve enerji üretimi süresince kullandığı enerjinin 20 katından fazlasını üretir. Yani dönüş enerjisi oranı 1/20'dir. Eğer gerçekten enerji darboğazı nedeniyle enerji fiyatları yükselseydi, enerji plancıları dönüş enerjisini para yerine Joule, Watt, Therm veya Kalori cinsinden hesaplasaydı güneş çok popüler bir enerji kaynağı olacaktı.

Fotovoltaik pil teknolojilerinin karşılaştırılması aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 2.3. – Fotovoltaik teknolojilerinin verim, alan gereksinimi ve elektrik enerjisi üretimi açılarından karşılaştırılması

	İnce Film	Polikristal	Monokristal	Hibrit
Hücre Verimliliği	% 8 – 12	% 14 – 15	% 16 – 17	% 18 – 19
Modül Verimliliği	% 5 – 7	% 12 – 14	% 13 – 15	% 16 – 17
1 kWp modül için alan gereksinimi	Kaneka 15,5 m ²	Sharp 8 m ²	Sharp 7 m ²	Sanyo 6 – 6,5 m ²
	Unisolar 16 m ²			
1 kWp modül için m ² başına yıllık enerji üretimi (güney tarafa 30° ile bakan)	50 – 52 kWh/m ²	100 kWh/m ²	107 kWh/m ²	139 – 150 kWh/m ²

2.6.6. Ekonomik Faktörler:

Güneşten üretilen elektrik çok pahalı olmakla sık sık eleştirilir. İlk bakışta, eğer konvansiyonel güç santrallerinin planlanmış maliyetleri ile karşılaştırılırsa böyle gözükabilir. Halbuki planlanmış bütçesinin bazı alanlarında maliyeti aşmayan bir konvansiyonel güç santrali bulunması nerdeyse imkansız olduğundan güneşin çok pahalı olduğu eleştirisi kesin bir gerçek gibi ele alınmamalıdır. Planlanmış bakım bütçelerinin, ana harcama bütçelerinin veya işletme bütçelerinin gerçekleşen harcamalarla aşılmadığı çok seyrek görülmüştür. Aşırı maliyetin yanında konvansiyonel güç santralleri kendilerini beklenmedik üretim problemlerinin ortasında



bulurlar; yakıt fiyatları artar, barajlar çamurlanır, ısı basıncı boşa gider, reaktörler bakım gerektirir ve çevre bilincine olan eğilimin, pahalı atık yönetim zorunluluğunu yasal olarak gündeme getirmesi ciddi bir maliyet unsuru daha oluşturmıştır. Bu maliyetlerin, başlangıçta planlama aşamasına dahil edilmeleri her zaman olası değildir. Ancak yatırım tamamlandıktan sonra tüketici, endüstri ve sonunda ülkemiz bu maliyetlerin yüküne katlanmak zorunda kalmaktadır.

Bir PV sisteminin hayat döngüsü maliyeti sistemin kuruluşu aşamasında belirlenebilir. Bu özellik diğer enerji kaynakları için belirgin olmayan bir faktördür. Böylece kullanıcı, enerji fiyat değişikliklerinden, yakıt kaynağındaki bölünmelerden, nakliye, üretimden ve emisyonları kontrol eden çevresel düzenlemelerdeki ana değişimlerden korunmuştur. Maliyet riskleri hesaplanabildiği için uzun vade riskleri büyük ölçüde azaltılmıştır.

Görünen bakım ihtiyacı ve kirlenici yan ürünler bulunmadığından güneş üretim kapasitesine yapılacak bir yatırım bu “saklı” gelecek sorumluluklarından uzaktır. PV’de bir yatırım ileriki 20 yıl içinde belirlenmiş maliyeti olan, temiz, emin, güvenilir bir enerji kaynağını temsil etmektedir.

Böylece konvansiyonel güç üretimi saklı maliyetlerin açığa çıkmasıyla daha da pahalı olmaya, dünya ekonomileri tarafından daha fazla PV hücreleri üretildikçe PV maliyeti ise azalmaya devam etmektedir.

Eğer geleceğe bakarsak, PV teknolojisinin spesifik konvansiyonel teknolojilerden maliyet itibarıyla ne zaman daha etkili olabileceğini tahmin edebiliriz. Bu, büyük oranda konvansiyonel teknolojilerin gizli maliyetlerinin meydana çıkmasına ve bu da ekosistemin ne kadar çabuk bozulacağına bağlıdır. Bu gizli çevresel maliyetin dikkate alınması ne kadar çok ertelenirse çevremize gelecek olan zarar o kadar büyük olur. O zaman verilen zararın giderilmesi mümkün olsa da, çok zor ve masraflı olacaktır.

2.7. YOĞUNLAŞTIRILMIŞ FOTOVOLTAİK (CPV) TEKNOLOJİSİ [8], [9], [10].

2.7.1. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Teknolojinin Ana Hatları

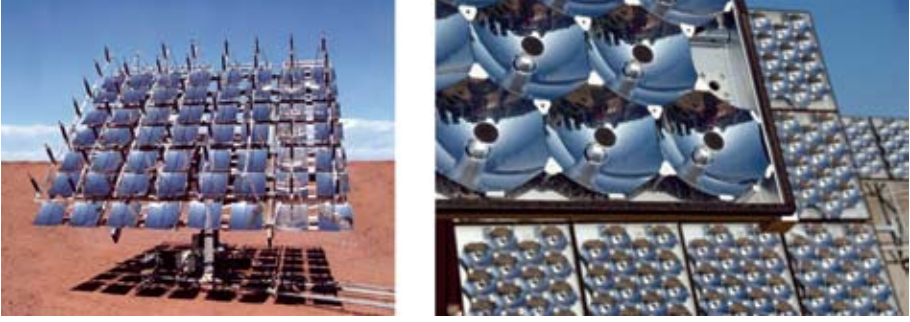
Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik (CPV = Concentrated Photovoltaic) teknolojisi son yıllarda gelişme gösteren bir güneş enerjisi uygulamasıdır. Bu teknoloji geleceğin umut verici teknolojilerinden biri olarak görülmektedir.

Bu teknolojinin temelinde yoğunlaştırılmış güneş radyasyonunun birkaç katmandan oluşan bir güneş hücresine uygulanması yatmaktadır. Böylece güneş ışığı tayfının farklı bölgelerindeki enerjiden maksimum faydalanma yoluyla verimi yüksek seviyelere kadar çıkarmak amaçlanmaktadır. Ayrıca kullanılan silisyum miktarını azaltarak tasarruf sağlamak da diğer bir amaçtır. ABD ve İspanya’da ticari uygulamalar yapılmaktadır.

Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik (CPV) sistemleri geleneksel fotovoltaik teknolojilerde olduğu gibi ışık enerjisini elektrik enerjisine çevirirler. Teknolojideki fark geniş bir alandaki güneş ışığını her hücreye odaklayan bir optik sistemin eklenmesinde yatmaktadır. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik 1970’li yıllardan beri bilimsel olarak kabul görmüş bir teknoloji olmasına rağmen ticari uygulanabilirliğe yeni ulaşmıştır. Güneş Enerjisi alanına giren en son teknolojidir ve büyük çapta uygulandığında petrol, doğal gaz ve kömür gibi



geleneksel üretim yöntemleriyle başa baş gidebilme kapasitesi dahil bir çok heyecan verici olanaklar sunmaktadır.



Şekil 2.29. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemler

Bu teknolojiye Fresnel ve/veya Çubuk (Rod) mercekler ve aynalar kullanılarak güneş ışınımı yoğunlaştırılmaktadır. Kullanılan güneş hücreleri ise yüksek sıcaklıklara dayanıklı çok eklemlili (multi-junction) özel güneş hücreleridir. Bu teknoloji uzun güneşlenme sürelerine sahip kuru bölgeler için çok uygundur. Özellikle ekvatorial bölgeler ve çöller bu teknoloji için en çok düşünülen alanlardır. Güneş hücreleri yanında kullanılan mercek ve aynaların da yüksek sıcaklıklara ve sistemin kurulduğu iklim koşullarına dayanıklı malzemelerden üretilmeleri ve kaliteli olmaları gerekmektedir.

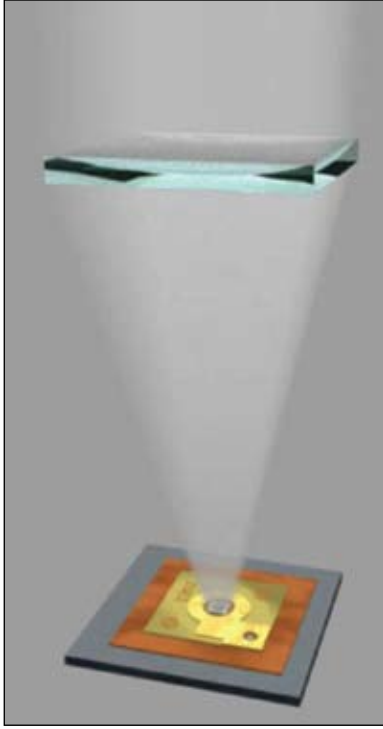
Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik sistemleri, güneşin pozisyonuna göre güneş ışığını yoğunlaştırıp hücre üzerine düşüren “teleskoplar” olarak düşünülebilir. CPV sistem tasarımlarındaki büyütme oranı çok değişkendir, bu yüzden üç ayrı sistem sınıfı geliştirilmiştir:

- Düşük Yoğunlaştırma :Yoğunlaştırma oranı 10x'dan küçük.
- Orta Yoğunlaştırma :Yoğunlaştırma oranı 10x ile 100x arasında
- Yüksek Yoğunlaştırma :Yoğunlaştırma oranı 100x'dan büyük ama genellikle 1000x'dan küçük.

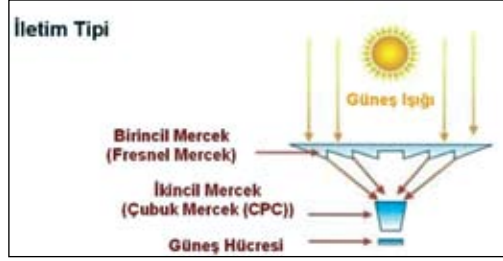
Bugün kullanılan iki ana yoğunlaştırıcı optik sistem bulunmaktadır: Mercek kullanan kırılma (iletim) tipleri ve bir veya daha fazla ayna kullanan yansıma tipleri. Seçilen optik sistemden bağımsız olarak amaç güneş ışığını hücrenin hassas yüzeyine odaklayarak daha az fotovoltaik malzemeden daha fazla enerji elde etmektir.

Sadece Fresnel mercek kullanan sistemlerde hücrenin küçük bir bölümü, dengesiz dağılmış ışınımın yoğunlaşması sonucu aşırı ısınır ve hücre zarar görebilir. Ayrıca, güneşin hareketine bağlı olarak ışık toplama pozisyonundaki küçük değişiklikler verimi olumsuz etkileyecektir. Öte yandan, çubuk mercekli bir sistemde ışığı güneş hücresinin tüm yüzeyine düşürerek hücreyi daha verimli ve etkili kullanmak mümkündür.

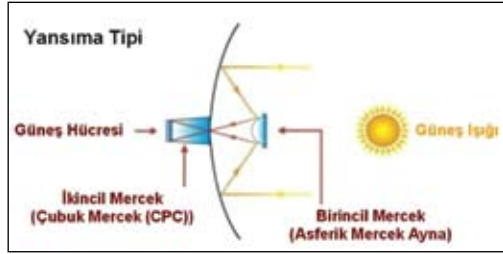
Fresnel mercek farklı kırılma açılarına sahip ve eşmerkezli dizilmiş bir prizma grubundan oluşur. Bitişik olmayan kırılma yüzeyli bir prizma grubu olduğundan her prizma diğerlerinden bağımsız olarak tasarlanıp üretilir. Merceğin şekli düz olduğundan daha hafif ve ince mercekler gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır.



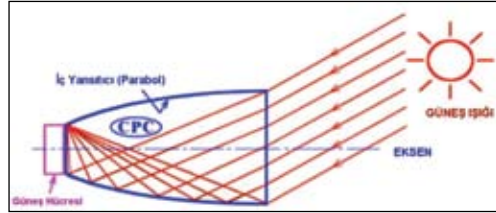
Şekil 2.30. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemde Fresnel Mercek ve Güneş Hücresinin Temsili Görünümü



Şekil 2.31. İletim Tipi Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemin Şeması



Şekil 2.32. Yansımaya Tipi Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemin Şeması



Şekil 2.33. CPC Tipi Çubuk Mercek Şeması

Çubuk merceklerin en çok kullanılan çeşidi Bileşik Parabolik Yoğunlaştırıcıdır (CPC=Compound Parabolic Concentrator).

Aynaların merceklerle beraber kullanıldığı sistemler ise yansımaya tipi olarak adlandırılmaktadır. Bunlarda genellikle asferik ve/veya parabolik aynalar merceklerle beraber kullanılmaktadır.

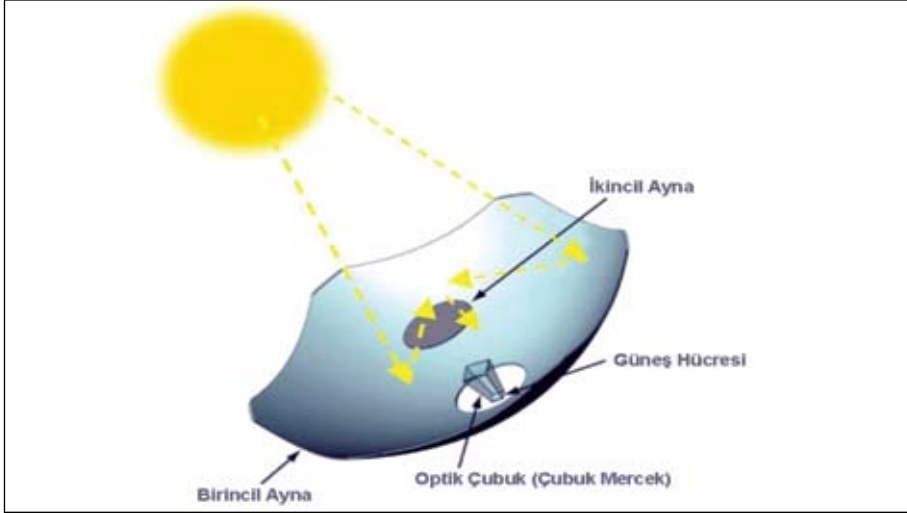
2.7.2. Yoğunlaştırmanın Faydaları

Yoğunlaştırmanın iki temel faydası vardır.

Birincisi maliyettir ; Yoğunlaştırıcı sistemlerde aynı alana sahip optik ekipman fotovoltaik hücrelerden daha ucuzdur. Temel düşünce her birimdeki hücre alanı miktarı azaltılabilirse toplam sistem maliyetinin düşeceği. Yüksek yoğunlaştırma durumun-



da, 500 santimetre kareden fazla bir alana düşen güneş ışığını yakalayan bir optik sistem tarafından beslenen 1 santimetre karelik bir hücre, normalde 500 cm²'lik alanı kaplayan hücrelerin yaptığı işi yapar. Bu yaklaşımda güneş hücreleri artan güneş ışığıyla orantılı olarak daha fazla enerji üretirler. Dolayısıyla yukarıdaki örnekte fotovoltaiik hücre sadece doğrudan güneş ışığına maruz kalmaya oranla 500 kat daha fazla enerji üretecektir. Bu her enerji birimi başına bir hücrenin maliyetinin 1/500 oranında azalacağı anlamına gelir.



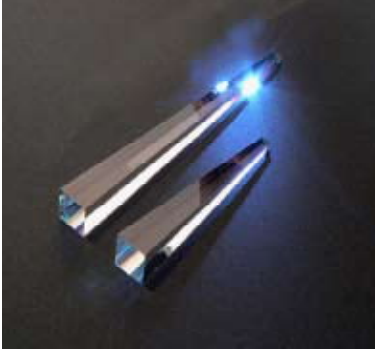
Şekil 2.34. – Yukarıdaki şekilde yoğunlaştırma için yansıma tipi, aynalara dayalı bir optik sistem kullanılmıştır. Güneş ışığı birincil ayna tarafından toplanıp ikincil ayna üzerine odaklanmakta, ikincil ayna da ışığı optik çubuğun tabanında bulunan fotovoltaiik hücre üzerine yoğunlaştırmaktadır.

İkincisi; üretilebilirlik ve güvenilirliktir. Yoğunlaştırıcı sistemler mekanik düzeneklerdir. Otomotiv ve disk sürücü sanayilerinde kullanılanlar gibi ucuz ve sahada kanıtlanmış malzeme ve üretim yöntemlerinden faydalanabilirler. Bu tür bir sistemde genellikle cam ve alüminyum gibi çok bulunan malzemeler kullanılırken daha az güneş hücresi malzemesi kullanılır. Dolayısı ile yoğunlaştırıcı sistemler, fotovoltaiik hücre gibi özelleşmiş malzemelerin arz kısıtlamalarından piyasanın daha az etkilenmesini sağlar. Ticari uygulamalar anlamında teknoloji yeni olmasına rağmen, conta, kaplama ve diğer pek çok yoğunlaştırıcı bileşenin güvenilirliği diğer sanayi dallarında kanıtlanmıştır, test ve kalite kontrol kriterleri de oturmuştur. Bu kanıtlanmış teknoloji ve bilginin kullanımı kısa sürede büyük çapta yoğunlaştırıcı sistemlerin üretilmesine olanak sağlayacaktır.

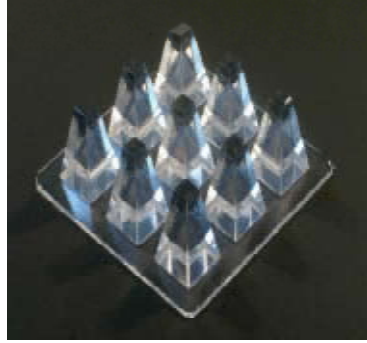
2.7.3. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaiik Teknolojide Kullanılan Güneş Hücreleri

CPV uygulamalarında, özellikle de yüksek yoğunlaştırma tasarımlarında kullanılan fotovoltaiik hücreler, geleneksel fotovoltaiik sistemlerde kullanılan ve çoğu kristal silisyum olan hücrelerden farklıdır. “Çok-eklemlı” (multi-junction) veya “III-V” hücreler olarak anılan CPV hücreleri aslen uzay araştırmalarında kullanılmak amacıyla üretilmişlerdir. Halen dünyadaki güneş enerjisi uygulamalarında da kullanılmaktadırlar. Bu hücreler geleneksel silisyum hücrelere göre çok daha yüksek enerji dönüşüm verimleri sağlarlar. Günümüzde yaklaşık % 35 olan bu verimlerin gelecek birkaç yıl içinde % 45 civarı-

na çıkarılması planlanmaktadır. Bu yüksek verimler tipik olarak % 13–18 dolaylarındaki silisyum hücre verimleriyle kıyaslandığında değerleri daha iyi anlaşılmaktadır. Bu tip hücreleri kullanan CPV tasarımlarının verim düzeyleri geleneksel fotovoltaik sistemlere göre bir hayli yüksektir ve yeni verim artırma teknikleri yanında yeni hücre teknolojilerinin de uygulanmasıyla gelecekte verimin daha da yükseltilmesinin önü açıktır.



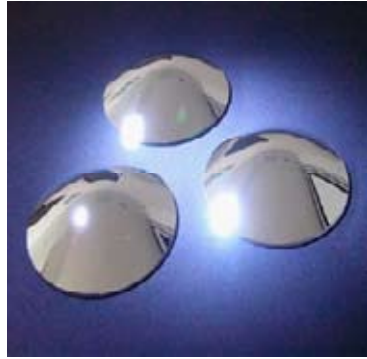
Şekil 2.35.-a



Şekil 2.35.-b



Şekil 2.35.-c



Şekil 2.35.-d

Şekil 2.35. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Sistemlerde kullanılan mercek ve aynalardan örnekler. (a) ve (b) Çubuk Mercekler. (c) Bileşik Parabolik Yoğunlaştırıcı (CPC). (d) Asferik Ayna (Kaynak: Isuzu Glass (<http://www.iszuglass.com/>))

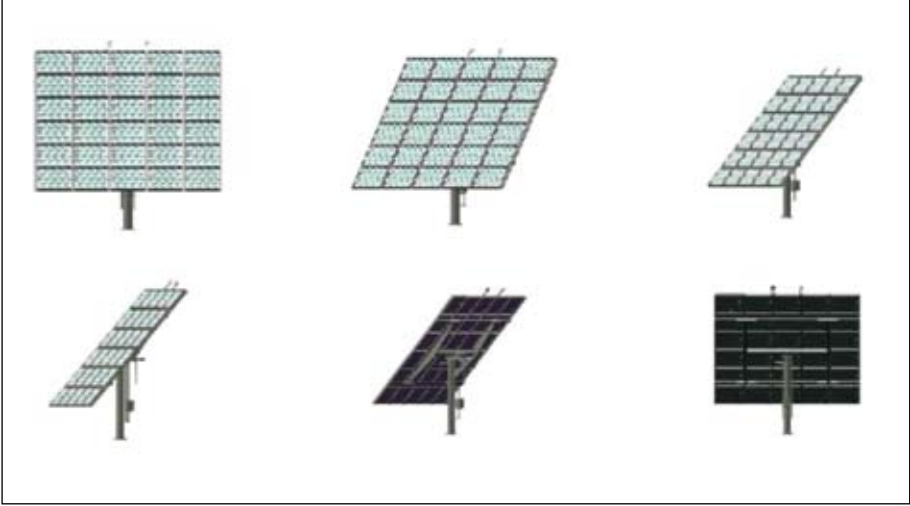
2.7.4. Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Teknolojinin Dezavantajları ve İzleme

Yoğunlaştırıcıların en büyük dezavantajı “alış açısı” veya görüş alanıdır. Yoğunlaştırıcı optik sistemler aslen birer teleskop olduklarından gökyüzünün küçük bir bölümünü görürler. Yoğunlaştırma seviyesi arttıkça bu açı da küçülür. Sonuç olarak, 3x'nin üzerinde yoğunlaştırma oranlarına sahip yoğunlaştırıcıların güneşi bir veya iki eksende izlemeleri gereklidir. Yüksek yoğunlaştırma oranlarında gereken hassasiyetin artmasından dolayı yaklaşık 20x'nin üzerinde yoğunlaştırma oranlarına sahip tüm yoğunlaştırıcılar güneşi iki eksende takip etmek zorundadırlar. Ayrıca dikkate değer bir nokta da güneşi



alış açısı ne kadar küçük olursa o kadar az yayılmış (difüz) ışığın (bulutlarda kırılan veya toz parçacıklarından saçılan ışık) görülebileceği, bunun sonucunda da enerji üretiminin düşeceği. En uygun sonuçları almak için orta ve yüksek yoğunlaştırma oranlarına sahip sistemler doğrudan güneş ışığı miktarının fazla olduğu açık ve güneşli iklim şartlarına sahip yerlere kurulmalıdır.

Bulutlu havalara aşırı duyarlı olması ve çıkış gücündeki ani dalgalanmalar bu teknolojinin dezavantajları olarak sayılabilir. Bu sorunları çözmek amacıyla çalışmalar yürütülmektedir.



Şekil 2.36. CPV teknolojisinde paneller gün boyu güneşi takip eden izleme sistemleri üstüne monte edilmiştir. Bu, yüksek verimli hücreler hareket eden güneşi takip edebilmelidir. Hassas izleme teknolojisi CPV teknolojisinde çok önemlidir.

2.7.5.Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Teknolojinin Diğer Güneş Enerjisi

Teknolojileri ile Karşılaştırılması

CPV güneşi temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanan pek çok güneş enerjisi teknolojilerinden biridir. Ancak bu teknolojilerin her biri, farklı uygulama ve çalışma koşullarına elverişlidir. Önemli olan doğru uygulama için doğru güneş enerjisi teknolojisini seçmektir. Geleneksel fotovoltaik denenmiş ve olgunlaşmış bir teknolojidir. CPV'den daha düşük verime sahip olmasına rağmen geleneksel fotovoltaik sistemler doğrudan güneş ışığına ihtiyaç duymaz, bu yüzden bulutlu ve sisli iklim koşullarında iyi bir seçimdir. Ayrıca izleme gerekmediğinden çatı üstü uygulamaları için çok uygundur. Ancak geleneksel fotovoltaik sistemler sıcak iklimlerde sıcaklığa bağlı verim düşüklüğünden etkilenmekte ve anma değerinden % 20'ye varan oranlarda daha az enerji üretmektedirler. Ayrıca teknoloji gelecekte sınırlı verim artırma imkanıyla karşı karşıyadır ve fazla miktarda fotovoltaik malzemeye bağlı olması yüzünden geçen yıllarda görülenlere benzer arz kısıtlarına karşı duyarlıdır. Maliyet düşürme imkanları da sistemin çoğunu oluşturan silisyumun maliyetiyle sınırlıdır.



İnce film teknolojisinde, kadmiyum tellür ve amorf silisyum gibi güçlü ışık emici özellikleri olan ve sadece 1 mikron kalınlığında olması yeterli görülen malzemeler kullanılmaktadır. Maliyet düşürme açısından büyük potansiyeli olmasının yanında bu malzemeler inşaat malzemesi gibi kullanılarak enerji üreten binaların yapılmasına da olanak vermektedir. Ancak % 8 – 10 dolaylarındaki tipik verim düzeyleriyle ince filmler daha verimsizdir, bu da aynı miktarda elektrik enerjisi üretmek için gereken arazi veya yüzey alanının diğer fotovoltaik teknolojilerine göre çok daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca ince filmlerde kullanılan kadmiyum gibi bazı malzemeler daha az çevre dostudur, bu da kullanım ömrünün sonunda ekipmanın geri dönüştürülmesi ve atılmasında daha dikkatli ve ayrıntılı bir planlamanın yapılmasını gerektirmektedir.

Bir diğer önemli teknoloji Yoğunlaştırılmalı Güneş Isıl (CSP = Concentrating Solar Power) teknolojisidir. CSP ile yüksek sıcaklık kolektörleri aynalar veya mercekler kullanarak elektrik enerjisi üretimi için buhar oluşturmak amacıyla güneş ışığı yoğunlaştırılır. CSP bir fotovoltaik teknoloji değildir. CSP santralleri geleneksel elektrik üretim santralleriyle aynı yaklaşımı uygular, ancak buhar türbinlerini çalıştırmak için fosil yakıtlar yerine güneş ışığını kullanırlar. CSP piyasada kendini kanıtlamış olmasına ve büyük tesislerde epey düşük elektrik üretim maliyetlerine sahip olmasına rağmen bazı dezavantajları vardır. Tesisler büyük boyutlarda olmak zorundadır (100 MW dolaylarında veya daha büyük) ve inşaat süresi uzundur. Arazi kullanımı daha yoğundur ve çevreye verilen rahatsızlık da daha fazladır. Bir yoğunlaştırma teknolojisi olarak CSP çöller gibi fazla güneş alan geniş arazilerde kurulmalıdır. Ancak CSP çok miktarda su kullanmaktadır (MWh başına 850 galon (3,2 m³) veya daha fazla) Bu durum da özellikle fazla güneş alan bölgelerde, su kısıtı olması nedeniyle üzerinde daha fazla düşünülmesi gereken bir konudur.

Güneş enerjisi dünya enerji krizine bir çözüm olarak yeni uygulamaya konulmuştur. Fotonları yakalama ve yüksek verim seviyelerinde elektriğe dönüştürme tekniklerini ilerletme amaçlı kayda değer araştırmalar sürmektedir. Burada temel nokta hangi güneş enerjisi teknolojisinin diğerlerine galip geleceği değil, güneş enerjisinin bir yedek teknolojiden büyük küresel potansiyele sahip bir ana enerji kaynağına doğru gelişmesini sağlamak için her güneş enerjisi teknolojisinin en yetkin olduğu alanlarda potansiyellerinin en üst noktaya çıkarılmasıdır. Güneş enerjisi geleceği parlak bir teknolojidir ve kısa bir zamanda çok düşük maliyetli, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olma potansiyeline sahiptir.

2.8. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE HİDROJEN ÜRETİMİ (7)

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir bölümü kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıt kaynakları sınırlı olup, çevre açısından zararlı emisyonlara (karbondioksit, kükürt dioksit, azot oksit emisyonları vb gibi) neden olmaktadır. Dolayısıyla, dünyanın giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirlilemeden ve sürdürülebilir olarak karşılayabilecek en önemli alternatif enerji taşıyıcısının hidrojen olduğu düşünülmektedir. Hidrojen, karbon ve sülfür içermediği için yanma sırasında poliaromatik hidrokarbonlar ve SO₂ oluşmamaktadır. Hidrojen bir yakıt olarak yakıt pillerinde değerlendirildiğinde yalnızca su açığa çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar evrende bol miktarda bulunan hidrojenin, bir yakıt için gerekli özelliklerin birçoğuna sahip olduğunu göstermektedir.

Motor ve araç teknolojisi açısından alternatif olarak seçilen yakıtın; kullanımı, depolanması, doğal dengenin korunması ve fosil yakıt türleri ile rekabet edebilir bir karakteristi-



ğe sahip olmasını gerektirmektedir. Hidrojenin birçok yönüyle ekolojik açıdan avantajlı olduğu bilinmektedir. Hidrojen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile (rüzgar, güneş, biyokütle vb.) elde edilebilmektedir. Hidrojen geleceğin en önemli enerji taşıyıcısıdır. Ayrıca hidrojen diğer fosil yakıtlarla kullanılabilirliği de sahiptir. Bu özelliğiyle de birçok avantajlar sağlamaktadır. Bunlar arasında;

- Yakıt/hava karışım oranının düşürülmesi sonucu NO_x ve CO emisyonlarının azalması ve ısı verimliliğinin artması,
- Yakıt karışımının alev hızının artması, gibi hususlar yer almaktadır.

Günümüzde gelişmiş ülkelerde birçok uygulama için hidrojenden faydalanılmaktadır. Amonyak ve metanol üretimi, petrol rafinasyonunda gerçekleştirilen hidroparçalama ve sülfür giderme prosesleri hidrojenin başlıca kullanım alanlarıdır. Ayrıca cam ve metal sanayinde indirgen atmosfer yaratmak için, yağ sanayinde hidrojenasyon için ve uzay çalışmalarında roket yakıtı olarak da hidrojenden faydalanılmaktadır. Son yıllarda hidrojenin içten yanmalı motorlarda ve yakıt pillerinde bir yakıt olarak kullanımı yönünde de önemli araştırma ve uygulama çalışmaları yapılmakta olup, sonuçlar umut vericidir.

Bugün gelişmiş ülkelerde yoğunlaşan bu araştırmalar artık ticari ve endüstriyel bir boyuta taşınmış olup; birçok başarılı projenin tanıtımı yapılmaktadır. Örneğin, BMW Firması bu alanda ilk iki yakıtlı (benzin ve hidrojen) aracı pazara sunmak üzeredir. Yakın bir gelecekte yakıt pilli araçların da üretimine geçileceği beklenmektedir.

Fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olması ve fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliği problemleri (CO_2 , SO_x , NO_x vb emisyonları) nedeniyle alternatif enerji kaynakları ve kullanımı üzerine araştırmalar hız kazanmıştır. Alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliği değerlendirilirken, söz konusu kaynağın dünyanın enerji ihtiyacına ne oranda katkı sağlayabileceği ve kullanım sırasında çevresel açıdan ne oranda zararlı olup olmadığı en önemli iki parametredir.

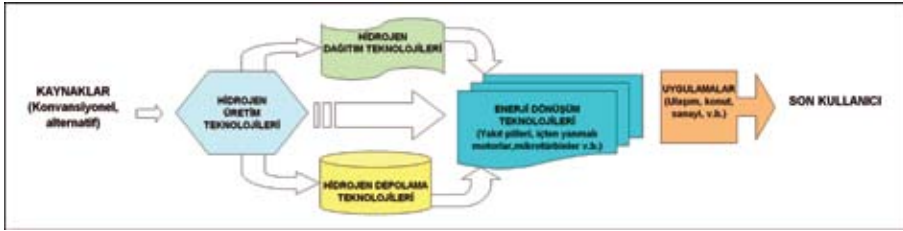
Hidrojen sentetik bir yakıt olup, üretim kaynakları son derece bol ve çeşitlidir. Bunların en başta gelenleri arasında su, kömür ve *doğal gaz* sayılabilir. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim ağırlık başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (120.000 kJ/kg). Sıvı haline dönüştürüldüğünde gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ünü kaplar. Saf oksijenle yandığında sadece su ve ısı açığa çıkar. Hava ile yandığında ise azot oksitler açığa çıksa da diğer yakıtlara göre kirliliği son derece azdır. Bu açılardan hidrojen, geleceğin ikincil enerji kaynağı olma yönünde önemli bir avantaja sahiptir.

Hidrojen *doğal gaz*, petrol ürünleri, kömür gibi fosil yakıtlardan ve sudan elde edilmektedir. Elektroliz yöntemi ile sudan hidrojen üretimi oldukça pahalıdır. Günümüzde hidrojen üretimi için en çok kullanılan diğer yöntemler, *ototermal dönüşüm reaktör sistemleri* (*autothermal reforming*), kısmi oksidasyon (partial oxidation) sistemleri ve su buharı ile katalitik dönüşüm sistemleri (steam reforming) şeklindedir.

Dünya genelinde üretilen hidrojenin % 48'i doğal gazdan üretilmektedir. Bunun nedeni doğal gazın hidrojen oranı yüksek, nispeten ucuz, temiz, şebeke altyapısı yeterli ve rezervleri yüksek bir yakıt olmasıdır. Ayrıca doğal gazdan hidrojen üretim sistemleri de diğer kaynakları kullanan sistemlere nazaran daha basit ve yatırım maliyeti daha düşük olan sistemlerdir.

Üretim esnasında, hidrojen ile birlikte karbon monoksit, karbondioksit ve reaksiyon sırasında ürüne dönüşmemiş metan açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan karbon monoksit, yüksek ve düşük sıcaklık $\text{CO-H}_2\text{O}$ reaksiyonları ve seçici karbon monoksit reaksiyonları ile hidrojen ve karbondioksit dönüştürülmektedir. Doğal gazın yanı sıra diğer hidrokarbon yakıtlardan da (metanol, LPG, Nafta, Benzin) su buharı ile katalitik olarak hidrojen üretilmektedir. Hidrokarbon yakıtın ortalama molekül ağırlığı arttıkça hidrojen üretim prosesinde zorluklar da (koklaşma, buharlaştırma için enerji ihtiyacı v.b. gibi) artmaktadır. Hidrokarbon yakıtın sülfür içeriği de proseste önemli katalizör zehirlenmesi problemlerine yol açmaktadır. Hidrojen, hidrokarbon yakıtların su buharı oksidasyonu üretim yöntemine alternatif olarak, saf oksijen veya hava ile kısmi oksidasyon, piroliz ve ototermal reforming (kısmi oksidasyon ve su buharı oksidasyonu bir arada) reaksiyonları ile de üretilmektedir.

Yakıt pili teknolojileri, yüksek verimleri ve düşük emisyon değerleri nedeni ile hidrojenin kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü önemli bir enerji dönüşüm ve üretim teknolojisidir. Geliştirilmiş olan yakıt pilli mikro kojenerasyon sistemlerinin temelde, yakıt dönüştürme sistemi, yakıcı, enerji koşullandırma sistemi ve yakıt pilinden oluştuğu görülmektedir. Teknoloji olarak ergimiş karbonatlı yakıt pilleri (EKYP), katı oksit yakıt pilleri (KOYP) ve PEM (Proton Exchange Membrane) yakıt pillerinin yoğun olarak çalışıldığı görülmektedir. İki farklı alternatif üzerine odaklanılmıştır; Enerji taşıyıcısı olarak hidrojen, bu teknolojiler sayesinde önemini giderek arttırmaktadır. Ancak gerçek anlamda *hidrojen ekonomisine* geçiş için stratejik ve teknolojik anlamda halen çözümlenmesi gereken önemli konuların olduğu değerlendirilmektedir. Şekil 2.37.'de hidrojen teknolojilerinin temel bileşenleri verilmiştir.



Şekil 2.37. Hidrojen ekonomisi bileşenleri

Fotoliz ya da başka bir deyişle güneş enerjisi yardımıyla sudan hidrojenin doğrudan ayrılması fotobiyolojik sistemlerle, fotokimyasal düzeneklerle veya fotoelektrokimyasal pillerle gerçekleştirilebilir. Bu amaçla redoks katalizörleri, kolloidal yarı iletkenler, immobilize enzimler ve mikroorganizmaların kullanımı gibi konularda çok yoğun araştırmalar devam etmektedir.



YARARLANILAN KAYNAKLAR

(1) Dr. Çiğdem TIRIS – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

(3) Dr. Çiğdem TIRIS – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

Bölüm 2.1 ve 2.3 için yazarın yararlandığı kaynaklar

[1] M.Tiris, Ç.Tiris, Y. Erdallı, “Güneşli Su Isıtma Sistemleri”, TÜBİTAK-MRC, ISBN 975-403-082-0, Kocaeli, 1997.

[2] Ç.Tiris, M.Tiris, “Türkiye’de Üretilen Güneş Kollektörlerinin Sınıflandırılması”, Güneş Günü Sempozyumu ve Fuarı, İzmir, 1998.

[3] Ç.Tiris, M.Tiris, “Kollektör Yutucu Yüzeyi Optik Özelliklerinin Toplam Isı Kayıp Katsayısına Etkisi”, Güneş Günü Sempozyumu ve Fuarı, İzmir, 1998

[4] Ç.Tiris, H.M.Söhmen, “Türkiye’de Üretilen Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Güneş Kollektörleri”, Güneş Günü Sempozyumu 99 Bildiriler Kitabı, 30-35, Kayseri, 1999.

[5] M.Tiris, Ç.Tiris, İ.E.Türe, “Optimisation of solar collectors”, Recent Advances in Solar Energy Technologies, July 1996, İstanbul.

[6] M.Tiris, Ç.Tiris, A.Yazar, “Comparison of Indoor and Outdoor Solar Collector Performance Test According to ISO 9806”, World Renewable Energy Congress V, Italy, September 1998.

[7] M.Tiris, Ç.Tiris, “Experimental and Theoretical Studies on Basin Type Solar Still”, World Renewable Energy Congress V, Italy, September 1998.

[8] M.Tiris, Ç.Tiris, M.A.C.Chendo, M.J.Patching, “Qualification Test For Solar Absorber Surface Durability”, EUROSUN 98, Slovenia.

[9] Ç.Tiris, M.Tiris, “Kollektör yutucu yüzeyi optik özelliklerinin toplam ısı kayıp katsayısına etkisi”, Termodinamik, Cilt 7, Sayı 73, 76-78, 1998.

[10] M.Tiris and Ç.Tiris, “Optimum collector slope and model evaluation: study for Gebze, Turkey”, Energy-The International Journal, V.39, pp.167-172, 1998.

[11] Ç.Tiris and M.Tiris, “Effect of collector orientation on solar energy availability”, Energy Conversion and Management, V.39, pp.843-852, 1998.

[12] Ç.Tiris, M.Tiris, Y.Erdallı ve H.M.Söhmen, “Experimental studies on solar still coupled with flat-plate collector and single basin still”, Energy Conversion and Management, V.39, pp.853-856, 1998.

[13] M.Tiris, Ç.Tiris and İ.E.Türe, “Analysis of monthly-average daily solar data for Gebze, Turkey”, Applied Energy, 1996



[14] Ç. Tırıs, M. Tırıs, H.M.Söhmen ve Y.Erdallı, "Effect of different absorber materials on still productivity", Energy-The International Journal, 1996

(2) H.Mete SÖHMEN Yüksek Kimyager – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

Bölüm 2.2 için yazarın yararlandığı kaynaklar

[1] F.Kadırgan, H.M.Söhmen, İ.E.Türe, Ş.Süzer, J.Wetherilt, A.Yazar, Renewable Energy, "An Investigation On The Optimization Of Electrochemically Pigmented Aluminium Oxide Selective Collector Coatings", pp.203-206, No: 2-3, Vol. 10, 1997

[2] "Thin Film Coatings For Selective and Protective Surfaces (TU-Coating), Final Report, Marmara Research Centre, Energy Systems and Environmental Research Institute, December 1998"

(4) Ersin ÜRESİN Mak.Yük.Müh. – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

Bölüm 2.4 için yazarın yararlandığı kaynaklar

[1] Washom, B., "Parabolic Dish Stirling Module Development and Test Results," Paper No. 849516, Proceedings of the IECEC, San Francisco, CA (1984).

[2] Andraka, C.E., et. al., "Solar Heat Pipe Testing of the Stirling Thermal Motors 4-120 Stirling Engine," Paper No. 96306, Proceedings of the IECEC, Washington, D.C. (1996).

[3] Key, T., "Solar Thermal Electric Technology:2006", EPRI-Electric Power Research Institute, 1012731 Technical Update, March 2007.

[4] Geyer, M., Dish Stirling Activities at Schlaich Bergermann und Partner, Workshop at NREL March 7, 2007

(5) Dr. Çiğdem TIRIS – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

(6) Dr. Çiğdem TIRIS – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

Bölüm 2.5 ve 2.6 için yazarın yararlandığı kaynaklar

[1] El-Wakil, M. M. / Power Plant Technology / Mc.Graw Hill International Additions.

[2] Boylestad, Robert. Nashelsky, Louis / Electronic Devices and Circuit Theory, Fifth Edition.

[3] Suttton, G.W. / Direct Energy Conversion / Mc.Graw Hill, 1966.

[4] Hammonds, M. / Solar Photovoltaic Energy for the 1990' s Energy World / September 1990



- [5] Kuwano, Ykinori. / Sanyo Electric Company, Ltd. / Hashiridani, Hirikata, Osaka / Japan.
- [6] Özcan, Veysel. Elektrik 1997 / 5 . Sayfa: 150
- [7] Türkiye'nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları / Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını / Ağustos 1984 / Baskı: Önder Matbaba / Sayfa: 62
- [8] Coody, Güneştrik A. Ş. / 3e / Mayıs 1994. / Sayfa: 29
- [9] Tırıs, Mustafa. Tırıs, Çiğdem. Erdallı, Yücel. / Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri / Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü / Gebze / Kocaeli 1997.
- [10] Allocca, A., John., Stuart, Fc. D. Allen. / Transducers Theory and Application.
- [11] Başçetinçelik, Ali. Toros, Haşim. Öztürk, Hüseyin. Öztekin, Serdar. / Güneş Enerjisi ve Çevre Bildirileri / IV. Türk - Alman Enerji Sempozyumu / Sayfa: 47,48
- [12] Çolak, Metin. Arsel, İsmail. / Güneş Enerjisi ve Çevre Bildirileri / IV. Türk - Alman Enerji Sempozyumu / Sayfa: 75, 76
- [13] Karakaş, Tamer. / Güneş Enerjisi ve Çevre Bildirileri / IV. Türk - Alman Enerji Sempozyumu / Sayfa: 247 - 252
- [14] Kılıç, Abdurrahman. Öztürk, Aksel. / Güneş Enerjisi / İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi / Kipaş Dağıtımcılık / Sayfa: 203- 221
- [15] Ültanır, Mustafa Özcan. Bilim ve Teknik / Mart 1996 / Sayfa: 50
- [16] Ercümert, Taner. / Enerji Dünyası. / Ağustos 1995 / Sayı: 4 / Sayfa:12
- [17] Şen, Zeki. / İTÜ Vakıf Dergisi / 4. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayın Organı / Sayfa: 24
- [18] Mendilcioğlu, Mustafa. / TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası / Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 7. Ulusal Kongresi / 8-14 Eylül 1997 / ANKARA
- [19] K. W., Kanngisser., W., Kopatz, DIB.R., / Electrical Energy Supply with Application of Storage Equipment In An Isolated Power System / 330-04 / Cigre Symposium 11-85, Dakar, 1989.
- [20] Leblebici, D. /Elektronik Devreleri/ Cilt:1 / İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Matbaası / 1983
- [21] Duffie, J.A., Beckman W.A., "Solar Engineering of Thermal Processes", Third Edition, John Wiley&Sons, Inc., 2006.



(7) Dr. Atilla ERSÖZ – TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü

Bölüm 2.8 için yazarın yararlandığı kaynaklar

[1] Tübitak Mam Enerji Enstitüsü, Polimer Elektrolit Membranlı Yakıt Pili Modül Bileşenlerinin Geliştirilmesi Ve Üretimi Projesi, Hidrojen Üretim Depolama-Dolum-Dağıtım Ara Raporu, 2005.

[2] Tübitak Mam Enerji Enstitüsü, TPAO Hidrojen Üretimi Etüt-Fizibilite Projesi, Proje Sonuç Raporu, 2007

Bölüm 2 için yararlanılan diğer kaynaklar

8. SolFocus (<http://www.solfocus.com/en/index.php>)
9. Amonix (<http://www.amonix.com/>)
10. Isuzu Glass (<http://www.isuzuglass.com/>)
11. IEA-PVPS (<http://www.iea-pvps.org/>)
12. EPIA (<http://www.epia.org/>)
13. SEPA (<http://www.solarelectricpower.com/>)
14. Flexible Solar Cells, Mario Pagliaro, Giovanni Palmisano, and Rosaria Ciriminna, 2008, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
15. UFTP (<http://www.trpvplatform.org/>) **Solar House: A Guide for the Solar Designer, Terry Galloway, 2004, Elsevier**
16. Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Edited by: Tom Markvart and Luis Castafier, 2003, Elsevier
17. **“Environmentally Conscious Alternative Energy Production”, Edited by Myer Kutz, 2007, John Wiley & Sons, Inc.**
18. “Grid Connection of Photovoltaic Systems”, Achim Woyte, December 2003.
19. “Wind and Solar Power Systems”, Mukund R. Patel, Ph.D., P.E., , 1999 by CRC Press LLC
20. **“THE SOLAR ECONOMY** Renewable Energy for a Sustainable Global Future“, *Hermann Scheer, 2005, Earthscan*
21. **“RENEWABLE RESOURCES AND RENEWABLE ENERGY”, A GLOBAL CHALLENGE**, Edited by Mauro Graziani, Paolo Fornasiero, 2007 by Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press
22. Solar Hydrogen Energy, J.O.M Bockris, T.N. Veziroğlu, D.Smith, Optima 1990 FUEL CELL RESEARCH TRENDS, , Nova Science Publishers, Inc. 2007
23. Global market outlook for photovoltaics until 2013, EPIA, 2009
24. Solar Generation V – 2008, EPIA, 2009
25. Home power 131 / june & july 2009

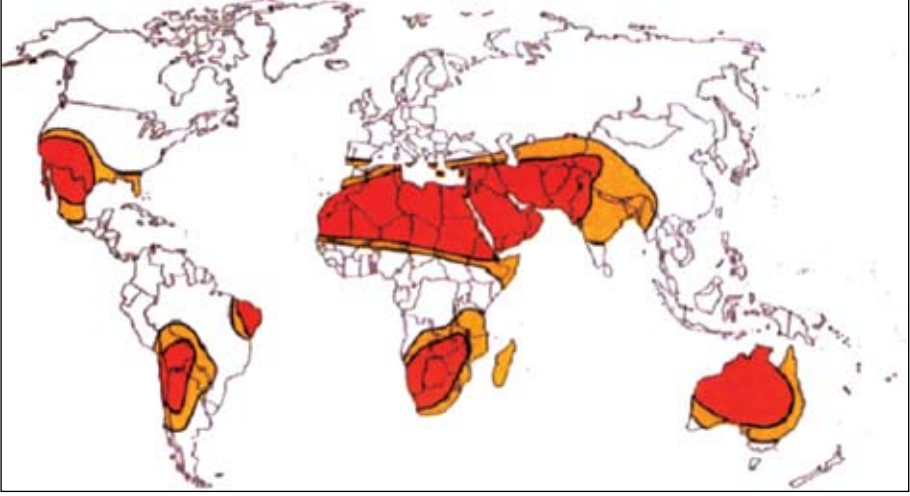


3. DÜNYA'DAKİ GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ GELİŞMELER

3.1. DÜNYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Dünya'nın ana enerji kaynağı güneştir. Dünyaya bir günde güneşten gelen enerji miktarı, günlük tüketimin yaklaşık 15.000 katıdır.

Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisi, güneşin görüldüğü her metrekarede 1.367 Watt'dır. Dünyanın dönüşünden güneş yörüngesinin asimetrik oluşundan ve atmosferin yapısından dolayı bu büyük miktardaki enerji yeryüzüne ulaşamamaktadır. Güneş enerjisinin bir bölgedeki miktar ve kalitesi oraya yapılacak güneş enerjisi sistemleri için büyük önem taşımaktadır. Dünya'daki güneş ışınımının (insolation) kuvvetli olduğu bölgeler aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.1. Dünya'da Yüksek Güneş Işınımına Sahip Bölgeler.

(Kaynak: *Global locations suitable for harnessing solar thermal power*, Pharabod and Philibert, 1992)

3.2. DÜNYA GENELİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU

Son 10 yılda, dünyada güneş elektrik enerjisi kapasite artışı yaklaşık % 1000 olarak gerçekleşmiştir.

2007 yılında, güneş enerjisi ile birlikte yenilenebilir enerji kapasitesini arttırmaya, santral inşasına, araştırma ve geliştirmeye dünya çapında 100 milyar ABD dolarından fazla bir para harcanmıştır. Bu çok önemli bir dönüm noktasıdır. Yenilenebilir enerji üretim kapasitesi 2007 yılında dünya'da yaklaşık 240 GW'a yükselmiştir. Bu, 2004'e göre % 50'lik bir artış demektir. 2007 itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları küresel enerji kapasitesinin % 5'ine ve küresel enerji üretiminin % 3,4'üne karşılık gelmektedir. (Kendi başına küresel enerji üretiminin % 15'ini karşılayan büyük hidroelektrik santraller bu rakamın dışındadır.)



Yenilenebilir enerji üretim kapasitesinde en büyük pay 2007 yılında dünya çapında % 28 büyüyerek tahmini 95 GW'a ulaşan rüzgar enerjisine aittir. Rüzgar üretim kapasitesi 2006'ya göre 2007'de % 40 daha fazla artış göstermiştir.

Dünyadaki en hızlı büyüyen enerji teknolojisi 2006 ve 2007 yıllarında toplam kurulu güçte yıllık % 50'den fazla artarak tahmini 7,7 GW'a ulaşan şebekeye bağlı güneş fotovoltaik (güneş pili) teknolojisidir. Bu, dünya çapında 1,5 milyon evin çatı güneş pilleri ile şebekeye enerji verdiği anlamına gelmektedir. 2009 yılı dünya güneş fotovoltaik enerjisi kapasitesinin 12 GW 'ı aşacağı tahmin edilmektedir.

Çatı güneş ısı kolektörleri dünyada 50 milyon eve sıcak su ve giderek artan sayıda eve de ısıtma sağlamaktadır. Var olan güneş sıcak su/ısıtma kapasitesi 2006'da % 19 artarak dünya çapında 105 gigawatt-termal (GWth) güce ulaşmıştır. Ayrıca dünyada 2,5 milyon evde güneş aydınlatma sistemleri kullanıldığı düşünülmektedir. Dünyadaki güneş kaynaklı sıcak su kapasitesinin % 70'inden fazlası gelişmekte olan ülkelerdedir.

Son yıllarda yenilenebilir enerji endüstrisi; birçok yeni şirketin kurulmasına, şirket değerlerindeki büyük artışlara ve pek çok halka arza tanıklık etmiştir. Sadece en büyük 140 adet halka açık yenilenebilir enerji şirketinin hesaba katılması durumunda bile bu şirketlerin toplam sermaye değeri 100 milyar USD'nin üzerindedir. Şirketler ayrıca yeni gelişen pazarlara girme hızını da arttırmışlardır. En büyük endüstriyel büyüme İnce-Film Güneş Fotovoltaik, Yoğunlaştırıcı Isıl Güneş Enerjisi Üretimi ve İleri/İkinci Üretim Biyoyakıtların dahil olduğu bazı yeni gelişen ticari teknolojilerde olmaktadır. Dünya çapında yenilenebilir enerji kurulum, işletme ve bakımı 2006'da 1,1 milyonu biyoyakıt üretiminde olmak üzere 2,4 milyondan fazla kişiye iş olanağı sağlamıştır. Dünyada 27 Avrupa ülkesi, 29 ABD eyaleti (ve Washington D.C.) ve 9 Kanada vilayeti dahil olmak üzere en az 66 ülkede yenilenebilir enerji konusunda siyasi hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler genellikle 2010–2012 periyodunu kapsamaktadır. Ancak giderek artan sayıda ülke hedef yılı olarak 2020 yılını almaktadır. Halen Avrupa Birliği'nde 2020'ye kadar % 20'lik bir yenilenebilir enerji kullanma hedefi ve Çin'in 2020'ye kadar % 15'lik yenilenebilir birincil enerji hedefi mevcuttur. Çin dışında diğer pek çok gelişmekte olan ülke yeni hedefler belirlemiş veya var olan hedefleri güncellemiştir. Avrupa Birliği'nin 2020'ye kadar ulaşım sektöründe % 10'luk biyoyakıt kullanma hedefi gibi yenilenebilir enerjinin gelecekteki payı konusunda pek çok ülkenin belirlenmiş hedefleri vardır.

Yenilenebilir enerjiyi teşvik politikaları da son yıllarda çok artmıştır. 37'si gelişmiş ve geçiş durumundaki ülke ve 23'ü gelişmekte olan ülke olmak üzere en az 60 ülkenin yenilenebilir enerjiyi teşvik eden politikaları belirlenmiş durumdadır. En yaygın politika garantili alım tarifesidir. 2007 yılı itibarıyla en az 37 ülke ve 9 eyalet/vilayet garantili tarife politikalarını benimsemiş olup bunların yarısından fazlasında uygulama, yürürlüğe konulmuştur. Ülkelerin yeni garantili tarife politikalarını yürürlüğe sokması ve mevcut olanları da gözden geçirip düzeltmeleri ile birlikte garantili tarifeler konusunda dünya çapındaki uygulama süreci artarak devam etmektedir. En az 44 eyalet, vilayet veya ülke yenilenebilir yükümlülükler veya kota politikaları olarak da adlandırılan yenilenebilir portföy standartlarını (RPS=Renewable Portfolio Standards) yürürlüğe sokmuşlardır.

Sermaye yatırım sübvansiyonları veya indirimleri, vergi teşvikleri ve kredileri, satış vergisi ve KDV muafiyetleri, enerji üretim ödemeleri veya vergi kredileri, iki yönlü sayaç, kamu yatırımı veya finansmanı, halka açık rekabetçi fiyat teklifi de dahil olmak üzere



diğer pek çok politika desteği şekli vardır. Gelişmekte olan ülkelerin çoğu bu politika ve programları yürürlüğe sokarak, güçlendirerek son yıllarda yenilenebilir elektrik teşvik unsurlarını artırmışlardır. Güneş kaynaklı sıcak su uygulamaları da son yıllarda artan şekilde teşvik edilmektedir. Yeni inşaatlara güneş kaynaklı sıcak suyun dahil edilmesi zorunluluğunu getiren kurallar hem ulusal, hem de yerel olarak giderek artan şekilde uygulanmaktadır. Çoğu hükümetler ayrıca sermaye sübvansiyonları önermekte ve/veya güneş kaynaklı sıcak su teşvik programları yürütmektedirler.

Ulusal ve eyalet/vilayet düzeyinin altında dünyanın pek çok yerindeki belediyeler de kendi tüketimleri veya tüm şehrin tüketiminde yenilenebilir enerjinin gelecekteki payı için genelde % 10–20 aralığında hedefler saptamışlardır. Bazı şehirler karbon dioksit indirimi hedefleri belirlemişlerdir. Çoğu şehirler güneş kaynaklı sıcak su ve güneş pillerini teşvik eden politikalar yürürlüğe sokmuşlar ve yenilenebilir enerjiyi içeren şehir planlaması çalışmaları yürütmektedirler.

Pazar Kolaylaştırma Organizasyonları (MFOs=Market Facilitation Organizations) da yenilenebilir enerji pazarlarını, yatırımlarını, endüstrilerini ve politikalarını; ağ yapısı oluşturma, pazar araştırması, eğitim, proje kolaylaştırma, danışmanlık, finansman, politika tavsiyesi ve diğer teknik yardımlar yoluyla desteklemektedirler. Dünya üzerinde halen; sanayi birlikleri, sivil toplum kuruluşları, çok taraflı ve iki taraflı gelişim ajansları, uluslararası ortaklık ve ağlar ile hükümet ajansları dahil olmak üzere böyle pek çok organizasyon bulunmaktadır.

3.3. SEÇİLMİŞ GÖSTERGELERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yenilenebilir enerji kullanımında tüm Dünya'da büyük artışlar gözlemlenmektedir. Bu değişim aşağıdaki tablolardan da anlaşılmaktadır.

Tablo 3.1. Seçilmiş göstergeler

Seçilmiş Göstergeler	2005	2006	2007 (tahmini)
Yeni yenilenebilir kapasite yatırımı (yıllık, milyar US\$)	40	55	71
Yenilenebilir güç kapasitesi (mevcut, büyük hidroelektrik hariç, GW)	187	207	240
Yenilenebilir güç kapasitesi (mevcut, büyük hidroelektrik dahil, GW)	930	970	1010
Rüzgar gücü kapasitesi (mevcut, GW)	59	74	95
Şebekeye bağlı güneş pili gücü kapasitesi (mevcut, GW)	3,5	5,1	7,8
Güneş pili üretimi (yıllık, GW)	1,8	2,5	3,8
Güneş kaynaklı sıcak su kapasitesi (mevcut, GWth)	88	105	128
Etanol üretimi (yıllık, milyar litre)	33	39	46
Biyodizel üretimi (yıllık, milyar litre)	3,9	6	8
Politik hedefleri olan ülkelerin sayısı	52		66
Garantili tarife politikaları olan eyalet/vilayet/ülkelerin sayısı	41		46
Yenilenebilir portföy standardı politikaları olan eyalet/vilayet/ülkelerin sayısı	38		44
Biyoyakıt talimatları olan eyalet/vilayet/ülkelerin sayısı	38		53

* Kaynak: Renewables 2007-Global Status Report



Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya birincil enerji arzı içindeki 2000 – 2040 yılları arasındaki tahmini gelişmesi Tablo 3.2'de görülmektedir.

Tablo 3.2. 2040 Yılına Kadar Yenilenebilir Enerji Gelişim Tahmini -EREC
(<http://www.erec.org/documents/publications/2040-scenario.html>)

	2001	2010	2020	2030	2040
Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Mtep)	10038,5	11752	13553	15547	17690
Biyokütle	1080	1291	1653	2221	2843
Büyük Hidroelektrik	222,7	255	281	296	308
Küçük Hidroelektrik	9,5	16	34	62	91
Rüzgar	4,7	35	167	395	584
Fotovoltaik	0,2	1	15	110	445
Güneş Isıl	4,1	11	41	127	274
Güneş Isıl Enerji	0,1	0,4	2	9	29
Jeotermal	43,2	73	131	194	261
Deniz (gel-git/dalgı/okyanus)	0,05	0,1	0,4	2	9
TOPLAM YEK	1364,5	1682,5	2324,4	3416	4844
YEK Katkısı	% 13,6	% 14,3	% 17,1	% 22,0	% 27,4

Tablo 3.3. 2030'a kadar küresel fotovoltaik piyasa için üretimi tahminleri

2030'a kadar küresel fotovoltaik piyasa için güneş enerjisi üretimi senaryo sonuçları				
	Mevcut Durum	Senaryolar		
	2007	2010	2020	2030
İleri Senaryo				
GW olarak yıllık kurulumlar	2,4	6,9	56	281
GW olarak toplam kurulu güç	9,2	25,4	276	1.864
TWh olarak elektrik üretimi	10	29	362	2.646
Elektrik tüketimine fotovoltaik katkı – referans senaryo (IEA)	% 0,07	% 0,16	% 2,05	% 8,90
Elektrik tüketimine fotovoltaik katkı – alternatif senaryo	% 0,07	% 0,20	% 2,18	% 13,79
Milyon olarak şebekeye bağlı fotovoltaikten enerji sağlayan kişi/hane halkı sayısı	5,5	18	196	1.280
Milyon olarak şebekeye dışı fotovoltaikten enerji sağlayan kişi/hane halkı sayısı	14	32	757	3.216
Bin kişi cinsinden istihdam	119	333	2.343	9.967
Milyar Euro cinsinden piyasa değeri	13	30	139	454
Milyon ton cinsinden yıllık karbon dioksit emisyon indirimi	6	17	217	1.588
Milyon ton cinsinden toplam karbon dioksit emisyon indirimi	27	65	976	8.953
Ortalama Senaryo				
GW olarak yıllık kurulumlar	2,4	5,3	35	105
GW olarak toplam kurulu güç	9,2	21,6	211	912
TWh olarak elektrik üretimi	10	24	283	1291
Elektrik tüketimine fotovoltaik katkı – referans senaryo (IEA)	% 0,07	% 0,14	% 1,20	% 4,34



Elektrik tüketimine fotovoltaik katkı – alternatif senaryo	% 0,07	% 0,17	% 1,70	% 6,73
Milyon olarak şebekeye bağlı fotovoltaikten enerji sağlayan kişi/hane halkı sayısı	5,5	14	136	584
Milyon olarak şebekeye dışı fotovoltaikten enerji sağlayan kişi/hane halkı sayısı	14	59	837	2.023
Bin kişi cinsinden istihdam	119	252	1.462	3.718
Milyar Euro cinsinden piyasa değeri	13	24	94	204
Milyon ton cinsinden yıllık karbon dioksit emisyon indirimi	6	15	170	775
Milyon ton cinsinden toplam karbon dioksit emisyon indirimi	27	61	639	5.333

*Kaynak: Generation V – 2008 EPIA

Tablo 3.4. 2030'a kadar ileri senaryo için küresel fotovoltaik piyasa değeri tahminleri

İleri Senaryo'ya göre 2030'a kadar fotovoltaik piyasanın değeri (yıllık) (milyon Euro olarak)											
Yıl	Avrupa	Kuzey Amerika	OECD Pasifik	Orta ve Güney Amerika	Doğu Asya	Çin	Güney Asya	Orta Doğu	Afrika	Geçiş Ekonomileri	Toplam
2007	9.655	1.115	1.661	131	143	112	124	50	143	50	13.184
2010	11.610	6.199	4.582	338	370	432	1.762	129	370	129	25.919
2015	22.834	13.159	9.363	1.739	1.504	2.602	4.867	545	1.900	662	59.175
2020	40.342	26.612	17.425	7.831	6.069	12.434	14.580	2.246	8.547	2.894	138.980
2025	53.399	44.009	25.370	22.791	16.942	36.920	34.916	6.324	24.867	8.333	237.870
2030	45.433	59.062	27.260	49.976	36.346	81.779	68.149	13.360	54.519	18.173	454.325
Tüketici ürünleri hariç											

*Kaynak: Generation V – 2008 EPIA

Tablo 3.5. 2030'a kadar iki senaryo için karbon dioksit emisyon indirimleri tahminleri

Güneş Enerjisi Üretim Senaryolarına göre Karbon Dioksit Emisyon İndirimleri				
	İleri Senaryo		Ortalama Senaryo	
	Yıllık CO ₂ Emisyon İndirimleri (Milyon Ton Cinsinden)	Kümülatif CO ₂ Emisyon İndirimleri (Milyon Ton Cinsinden)	Yıllık CO ₂ Emisyon İndirimleri (Milyon Ton Cinsinden)	Kümülatif CO ₂ Emisyon İndirimleri (Milyon Ton Cinsinden)
2006	5	20	5	20
2007	6	27	6	27
2008	9	36	8	35
2009	12	48	11	46
2010	17	65	15	61
2011	23	89	19	80
2012	29	118	27	107
2013	37	155	35	142
2014	48	203	45	188
2015	62	265	58	245
2016	80	344	72	317
2017	107	451	94	412
2018	136	588	116	526
2019	171	759	141	669
2020	217	976	170	839
2021	273	1.249	203	1.042
2022	341	1.590	242	1.284
2023	422	2.012	286	1.570
2024	521	2.533	336	1.906
2025	639	3.172	391	2.297
2026	763	3.955	456	2.752
2027	943	4.897	524	3.276
2028	1.127	6.025	599	3.876
2029	1.341	7.365	682	4.558
2030	1.588	8.953	775	5.333

*Kaynak: Generation V – 2008 EPIA

3.4. 2008 YILINDA DÜNYA PV PİYASASINDAKİ GELİŞMELER

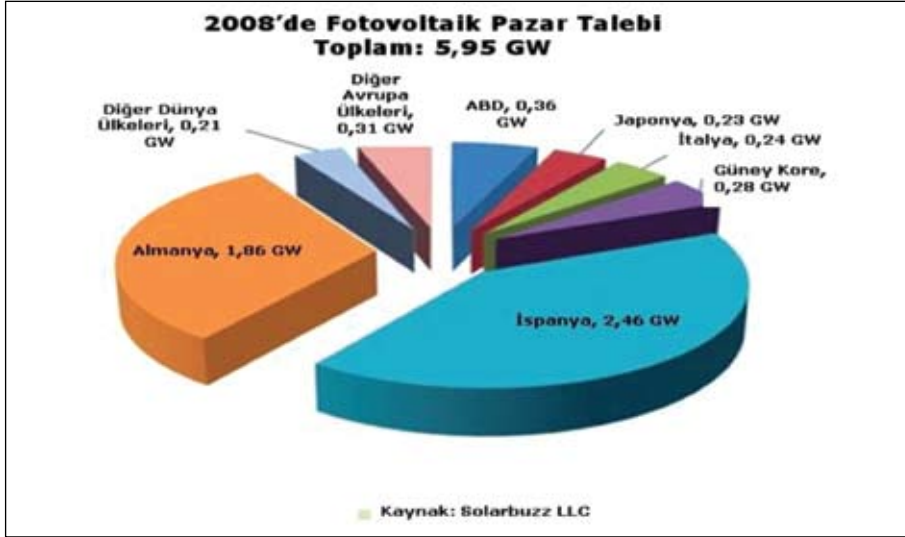
2008 yılında sadece Avrupa Dünya talebinin % 82'sini oluşturmuştur. İspanya'nın % 285'lik artışı, daha önceleri artış hızında birinci olan Almanya'yı ikinci sıraya itmiştir. Üçüncü sırada ise ABD yer almaktadır. (Şekil 3.2.) Şekil 'den de görüleceği gibi Kore bir atılım yaparak dördüncü en büyük Pazar olmuştur, fakat Kore'nin mevcut kurulu gücü göreceli olarak küçüktür. Ardından İtalya ve Japonya gelmektedir.

Talep tarafına bakıldığında 2008 yılında toplam 81 ülkede Dünya PV pazarı talep büyüklüğü 5,95 GW olarak gerçekleşmiştir.

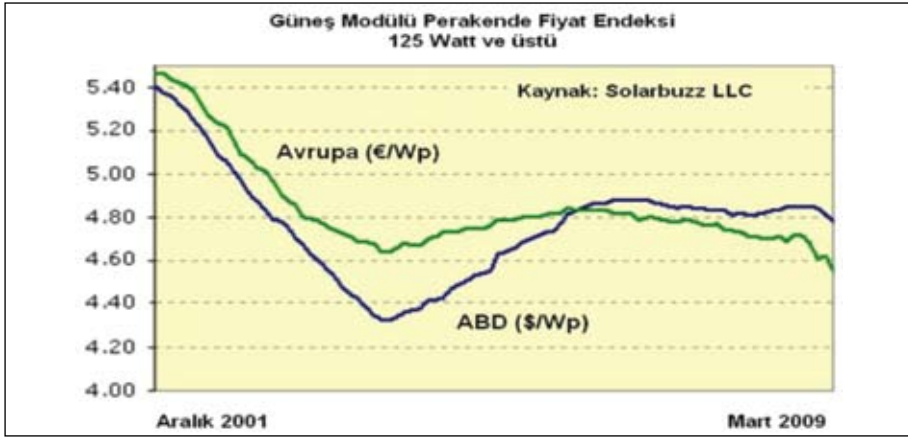
Arz tarafına bakıldığında, 2008 yılında güneş pili arzı toplam 6,85 GW a ulaşmıştır. Bir önceki yıl yani 2007 de arz miktarı 3,44 GW'dır. 2008 yılındaki kapasite kullanım oranı ise % 67 olmuştur. Bu oran 2007 yılında % 64 olmuştur.

İnce film üretimi 2008 yılında % 123'lük bir artışla 0,89 GW'a ulaşmıştır.

Çin ve Tayvan dünya güneş pili üretimindeki oranını 2008 yılında % 44'e çıkarmıştır. Bu oran 2007 yılında % 35 olarak gerçekleşmişti.



Şekil 3.2.



Şekil 3.3. - ABD ve Avrupa PV fiyatlarının yıllar itibarıyla değişimi
(Kaynak: <http://www.solarbuzz.com/>)

2008 yılında polisilisyum üretiminde MW olarak güneş sanayisi büyümesindeki artış oranı % 127 olmuştur. ABD Dünya polisilisyum üretiminin % 43'ünü gerçekleştirmiştir. Ortalama küresel yarıiletken levha kapasitesi 8,30 GW'a çıkmıştır (% 81 artış).

Dolar bazında ağırlıklı ortalama olarak 2008 yılı küresel fabrika çıkış kristal modül fiyatı 2008'in dördüncü çeyreğindeki önemli düşüşe rağmen 2007'ye göre % 3 artmıştır. 2009 ilk çeyrek ön bilgileri 2008 küresel ağırlıklı ortalaması ile karşılaştırıldığında % 24'e kadar (üreticiye bağlı) bir düşüşe işaret etmektedir.

Fotovoltaik sanayisi başarılı bir şekilde özkaynak ve borçlanmada 12,5 milyar USD'den fazla bir yükselişle, bir önceki yıla göre % 11 artarak, 2008'de küresel olarak 37,1 milyar USD gelir elde etmiştir.

2009 yılındaki ekonomik durgunluk nedeniyle 2008 yılındaki artış oranlarına ulaşılması beklenmemektedir.

3.5. ABD

ABD'de, iktidara yeni gelen hükümet enerji politikalarında radikal değişikliklere gitmektedir. ABD Enerji Bakanlığı, "ABD Yeniden Canlandırma Kanunu" (ARRA) kapsamında 93 milyon USD'nin yenilenebilir enerji geliştirilmesi için kullanılacağını açıklamıştır.

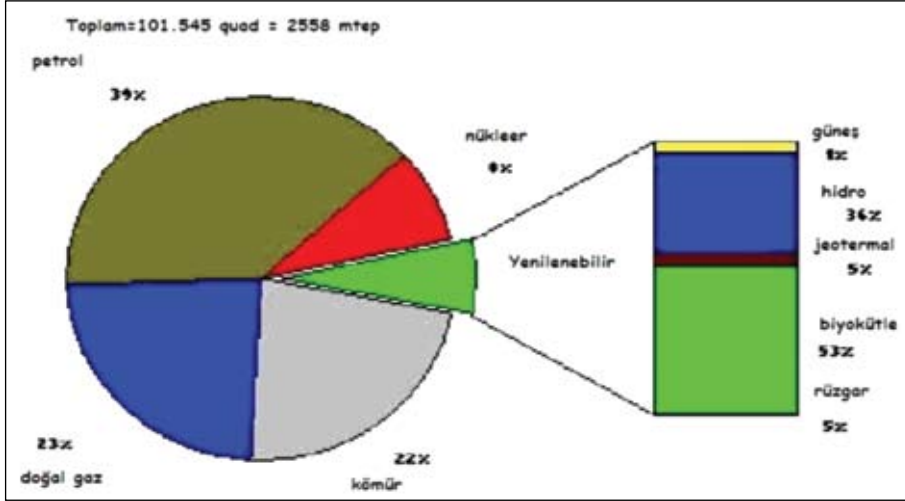
2050 yılına kadar ülkenin elektrik enerjisinin % 69'unun güneş enerjisi santrallerinden karşılanması hedeflemektedir. Bu değişiklik, sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde frenleyecektir. Ancak halen bir taraftan kömür, petrol ve doğalgaz ile çalışan enerji santralleri ve modern yaşamın ayrılmaz parçası olan benzinli araçlar atmosfere milyonlarca ton sera gazı ve zararlı parçacıklar yayarken, diğer taraftan insanlar küresel ısınma ile nasıl baş edeceklerini düşünmektedirler.

Bilim adamları, mühendisler, ekonomistler ve politikacılar, fosil yakıt tüketimini ve emisyonunu az da olsa azaltacak çeşitli çözümler üretme çabasında olmasına karşın bu çözümlerden hiçbirisi mevcut devasa sorunu çözebilecek potansiyele sahip değildir. Fosil

yakıt kıskacından kurtulmak için köklü değişikliklere gereksinim duyan ABD yönetimi, en akılcı çözümün güneş enerjisinde olduğu görüşünü tartışmaktadır.

3.5.1. ABD Güneş Enerjisi Potansiyeli

ABD’de 2007 yılında tüketilen enerjinin % 7’si yenilenebilir enerjiden karşılanmıştır. Aşağıdaki şekilden de görüleceği gibi bu oranın sadece % 1’i güneş enerjisinden sağlanmıştır.



Şekil 3.4. - 2007 ABD enerji arzı içinde Yenilenebilir Enerji Tüketiminin payı ve dağılımı
(Kaynak: <http://www.eia.doe.gov/fuelrenewable.html>)

ABD güneş enerjisinden yararlanma konusunda çok şanslı durumdadır. Çünkü ülkenin büyük bir bölümü güneş ışığından yeterince yararlanmaktadır. Örneğin yalnızca güneybatıda güneş enerjisi ile çalışacak santrallerin kurulması için 650.000 kilometre karelik bir alan bulunmaktadır. Bu bölge 4.500 katrilyon Btu (British thermal units) güneş ışını almaktadır. Şayet bu ışının % 2,5’luk bir oranı elektriğe dönüştürülebilseydi, ülkenin 2006 yılındaki toplam elektrik enerjisi tüketimi karşılanabilecekti.

ABD’nin güneş enerjisine geçmesi için, çok geniş bir toprak parçasını fotovoltaik (PV) paneller ve güneş ışığını odaklayan aynalar için ayırması gerekmektedir. Ayrıca enerjinin ülkenin dört bir yanına taşınması için doğru akım (DC) nakil ana hatlarının kurulması da düşünülmektedir.

Aslında bütün bunlar için teknolojik altyapı hazırdır. Uygulamaya geçmek için hazırlanan “Büyük Plan”ın yürürlüğe girmesi durumunda ABD’nin elektrik tüketiminin % 65’i ve toplam birincil enerjisinin % 35’i 2050 yılına kadar güneş enerjisi ile karşılanabilecektir. Bilim adamları bu enerjinin tüketiciye satış fiyatının bugünkü konvansiyonel enerji kaynaklarına eşit olacağını öngörüyor. Bu da elektriğin kilovat saatinin yaklaşık 5 sent olması anlamına geliyor. Eğer rüzgâr, biyokütle ve jeotermal enerji de aynı anda devreye girerse, yenilenebilir enerji 2100 yılına kadar ülkenin elektrik gereksiniminin



% 100'ünü ve toplam enerji gereksiniminin % 90'nını karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

Federal hükümetin 2050 yılında tamamlanması düşünülen planın finansmanı için yaklaşık 400 milyar dolara ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çok büyük bir yatırım olarak düşünülse de kısa zamanda daha büyük bir miktarda getiri sağlayacaktır. Bilindiği gibi güneş santralleri çok az fosil yakıt tüketir veya hiç tüketmez. Bu da her yıl milyarlarca doların tasarruf edileceği anlamına gelir. Altyapının kurulmasıyla, kömürle çalışan yaklaşık 300 santral, doğalgaz ile çalışan daha büyük 300 santral ve bunların tükettiği yakıt devre dışı kalacaktır. Plan, kısaca, ithal petrole olan bağımlılığı tümüyle ortadan kaldırılmasını ve ABD'nin dış ticaret açığının azaltılarak, Ortadoğu'daki siyasi tansiyonun düşürülmesini öngörmektedir. Bu arada güneş teknolojisi kirlilik yaratmadığı için de enerji santrallerinden 1,7 milyar ton, benzinli taşıtlardan 1,9 milyar ton sera gazı emisyonu ortadan kaldırılacak ve 2050 yılında ABD'nin karbon dioksit emisyonu 2005 yılındaki emisyonunun % 65 altına indirilecektir. Bu da küresel ısınmanın frenlenmesi açısından önemli bir gelişme olacaktır.

ABD "2009 Enerji Görünüm" raporuna^[2] göre referans senaryosunda yenilenebilir enerji kullanımının gelişimi aşağıda verilmektedir.

Tablo 3.6. - ABD 2009 Enerji Görünüm raporu referans senaryosu

ABD	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Kurulu Güç (GWe)									
Hidro	77,42	77,42	77,43	77,43	77,43	77,77	77,77	77,87	77,97
Jeotermal	2,29	2,36	2,37	2,40	2,53	3,01	3,01	3,01	3,30
Atık (Belediye)	3,72	3,77	3,77	3,77	4,42	4,68	4,68	4,68	4,68
Odun ve Biyokütle	6,65	6,82	6,84	6,84	6,91	10,66	12,56	16,97	21,32
Güneş	0,71	1,00	1,19	1,73	2,46	9,04	11,80	12,32	13,54
Isıl Güneş	0,40	0,53	0,53	0,54	0,54	0,79	0,81	0,84	0,86
PV Güneş	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,13	0,21	0,29	0,38
PV Güneş - son kullanıcı*	0,28	0,43	0,61	1,15	1,86	8,12	10,78	11,19	12,30
Rüzgar	11,33	16,23	24,93	29,33	39,73	66,21	66,57	67,84	68,05
Toplam	102,12	107,60	116,53	121,50	133,49	171,37	176,39	182,69	188,86
	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Elektrik enerjisi üretimi (TWh)									
Hidro	289,11	248,31	262,19	260,07	270,49	298,65	298,72	299,30	299,89
Jeotermal	14,57	14,84	16,70	16,83	17,78	21,85	21,86	21,88	24,18
Atık (Belediye)	15,69	16,43	17,27	17,27	22,41	24,41	24,41	24,41	24,41
Odun ve Biyokütle	38,65	38,51	43,05	37,57	40,98	81,38	138,93	196,89	218,36
Güneş	0,95	1,29	2,04	2,93	4,12	15,40	20,11	21,06	23,22
Rüzgar	26,64	32,20	53,10	78,75	112,07	202,95	203,47	207,31	207,75
Toplam	385,61	351,58	394,35	413,42	467,85	644,65	707,50	770,85	797,81

*Şebekeye bağlı olmayanlar hariç

ABD de yenilenebilir enerjiden en fazla şekilde yararlanabilmek için çalışmalar devam etmektedir.

Son yıllarda fotovoltaik (PV) pil ve modüllerin üretim maliyetinin büyük ölçüde düşmesi nedeniyle geniş ölçekli kullanım yolu açılmıştır. Farklı pil çeşitleri bulunmasına kar-



şın, bugün en ucuzu ince kadmiyum tellür tabakalarından yapılan pillerdir. 2020 yılına kadar kilovat saat başına elektriği 6 sente mal etmek için kadmiyum tellür modüllerin verimliliğinin % 14'lere çıkarılması gerekmektedir. Şu andaki modüllerin verimliliği % 10 civarında bulunmaktadır. Verimliliğin artırılması çalışmaları devam ederken, teknolojik gelişmeler de bu süreci hızlandırmaktadır. Ticari verimlilik son 12 ayda % 9'dan % 10'a çıkmış bulunmaktadır. Modüller geliştirildikçe çatılara yerleştirilen PV pillerinin ev sahipleri için giderek ucuzlayacağı da bir gerçektir.

Büyük enerji planı dahilinde 2050 yılına kadar fotovoltaik teknolojisinden 3.000 GW karşılığı enerji sağlanması hedefleniyor. Bunun için 78.000 kilometre kare alana fotovoltaik modüllerin yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu, çok geniş bir alan gibi görünmekle birlikte, kömürle işleyen enerji santrallerinin ihtiyacı olan alandan daha küçüktür.

2050 yılına kadar planın amaçlanan sonuçları vermesi için yukarıda da bahsedilen modüllerin veriminin % 14'lerin üzerine çıkartılması gerekmektedir. Ticari modüllerin verimliliği laboratuvarlarda üretilen güneş pillerinin verimliliğine erişememektedir. Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nda geliştirilen kadmiyum tellür pilleri halen % 16,5 verimliliğe ulaşmış durumdadır.

3.6. AVRUPA BİRLİĞİ'NDE FOTOVOLTAİK SEKTÖRÜN DURUMU

ABD'den sonra Dünyanın en büyük enerji tüketicisi olan Avrupa Birliği son yıllarda yaptığı düzenlemelerle yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönelmiştir.

AB Komisyonu 20 Kasım 1996 tarihinde yenilenebilir enerji konusundaki stratejisinin ilk adımı olarak enerji konusundaki "Yeşil Kitabı" yayınlamıştır. Bu yayında, 2010 yılında topluluk bünyesindeki yenilenebilir kaynakların genel enerji talebinin karşılanmasında % 12'lik bir paya ulaşması hedefi belirlenmiştir. Kitabın amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili en acil ve önemli tartışma konularını ve önlemleri gündeme getirerek, hedefleri, bu hedeflere ulaşılmasının önünde mevcut olan engelleri ve bu engelleri ortadan kaldırmak üzere izlenecek yolları ve kullanılacak araçları belirlemektir.

Yeşil Kitap'ta belirlenen hedef konusunda değişik kesimlerin görüşleri alınarak, söz konusu hedefe ulaşabilmek için uygulanacak stratejiyi tanımlamak üzere 26 Kasım 1997 tarihinde "Geleceğin Enerjisi: Yenilenebilir Enerji Kaynakları" başlıklı Beyaz Kitap yayınlanmıştır.

Yeşil Kitapla başlayıp Beyaz Kitabın yayınlanması ile devam eden süreçte kabul edilen iki önemli Yönerge ile, AB'de yenilenebilir enerjinin hukuki zemini oluşturulmuştur. İç Elektrik Piyasalarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektriğin Teşvik Edilmesine ilişkin 2001/77/EC sayılı Yönerge 27 Eylül 2001 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönergede yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi brüt talebi içindeki payının 2010 yılında % 22'ye çıkarılması öngörülmekte ve bu hedefe ulaşılabilmesi için bir çerçeve oluşturulmaya çalışılmaktadır. Yönerge ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin dahili elektrik piyasasındaki payının artırılmasını teşvik etmek ve enerji sektörünün arz bölümünden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması amaçlanmaktadır. Bu direktif, Beyaz Kitabın "enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların payının % 12'ye çıkarılması" hedefini desteklemek ve Kitabın koyduğu hedefleri gerçekleştirmek için atılmış bir adım olarak nitelendirilebilir. Yönerge uyarınca yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin piyasadaki payını artırmak için tüm üye ülkeler bu kaynaklardan üretilen elektriğin tüketimine yönelik ulusal hedefler



belirlemekle yükümlüdür. Direktif'e göre, belirlenecek ulusal hedefler, AB'nin 2010 yılına kadar toplam elektrik tüketiminin % 22'sinin yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi hedefi ile uyumlu olmalıdır..

Yapılan son değişikliklerden sonra, Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Yönergesinin son haline göre üye ülkelerin zorunlu ulusal hedefler belirlemesi ve 2020 yılına kadar enerji ihtiyaçlarının % 20 sini, ulaşım sektöründe ise % 10'unu yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaları gerekmektedir. Bu yönergeyle ayrıca enerji verimliliğinin % 20 oranında artırılması ve CO₂ salımının da % 20 oranında azaltılması önerilmektedir. Yönerge, ülkelerin yenilenebilir enerji teknolojileri konusunda eylem planları oluşturmalarını ve bu teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılması için idari, hukuki ve finansal düzenlemeler yapmalarını ve halkın bilgilendirilmesini öngörmektedir.

Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Konseyi^[9] (EREC), 2020 yılı itibarı ile AB enerji ihtiyacının % 20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması önerisinde etken olmuştur.

13 Nisan 2000 tarihinde kurulan EREC (European Renewable Energy Council = Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi) biyoenerji, jeotermal, okyanus, küçük hidroelektrik, güneş elektrik (fotovoltaik), güneş ısı ve rüzgar enerjisi sektörlerinde faaliyet gösteren Avrupalı yenilenebilir enerji sanayi, ticaret ve araştırma kurumlarını bir araya getiren bir üst organizasyondur. Bu sayede EREC 40 milyar Euro'luk bir ciroyu temsil etmekte ve 450.000 civarında kişiye iş imkanı sağlamaktadır.

EREC aşağıdaki kar amacı gütmeyen dernek ve federasyonlardan oluşmaktadır:

AEBIOM (European Biomass Association) (Avrupa Biyoyakıt Derneği)

eBIO (European Bioethanol Fuel Association) (Avrupa Biyoetanol Yakıt Derneği)

EGEC (European Geothermal Energy Council) (Avrupa Jeotermal Enerji Konseyi)

EPIA (European Photovoltaic Industry Association) (Avrupa Fotovoltaik Sanayi Derneği)

ESHA (European Small Hydropower Association) (Avrupa Küçük Hidroelektrik Derneği)

ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) (Avrupa Güneş Isıl Sanayi Federasyonu)

EUBIA (European Biomass Industry Association) (Avrupa Biyoyakıt Sanayi Derneği)

EWEA (European Wind Energy Association) (Avrupa Rüzgar Enerjisi Derneği)

EUREC Agency (European Association of Renewable Energy Research Centers) (Avrupa Yenilenebilir Enerji Araştırma Merkezleri Derneği)

EREF (European Renewable Energies Federation) (Avrupa Yenilenebilir Enerjiler Federasyonu)

EU-OEA (European Ocean Energy Association) (Avrupa Okyanus Enerjisi Derneği)

ESTELA (European Solar Thermal Electricity Association) (Avrupa Güneş Isıl Elektrik Derneği)

ve ortak üye olarak

EBB (European Biodiesel Board) (Avrupa Biyodizel Kurulu)



Ayrıca, 31 Mart 2009'da, Brüksel'de Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyinde, Sanayi, Ulaştırma, Araştırma ve Enerji Komite'sinin (ITRE) hazırladığı Binaların Enerji Performans Yönergesi (EPBD) kabul edilmiştir. ITRE raporunda 2018 yılına kadar bitirilmiş yeni binaların net sıfır emisyonlu olması gerektiği belirtiliyor. Avrupa Birliği'nin 2020 yılı Yenilenebilir Enerji Yol Haritasındaki^[10] % 20 yenilenebilir enerji hedefine ulaşılması için araştırma ve geliştirme çalışmalarının hızlandırılması, halkın bilinçlendirilmesi ve yatırımların artması için özel sektörün desteklenmesi gerekmektedir.

Türkiye, Avrupa Birliği'ne (AB) katılmayı ulusal bir politika olarak benimsemiştir. Bu nedenle Avrupa Birliği enerji politikaları Türkiye'yi de bağlamaktadır. Avrupa, kendi tüketimini karşılayacak kadar petrol ve doğalgaz kaynaklarına sahip değildir. Rusya, yakın geçmişte doğal gaz sevkiyatını birçok kez kısıtlayarak AB'nin bu konudaki çaresizlik ve bağımlılığını göz önüne sermiştir. Bu çaresizlik AB'yi alternatif çözümler aramaya, yeni enerji politikalar ve ithal yolları bulmaya yöneltmiştir. Rusya'nın enerjiyi politik bir silah olarak kullanması AB ülkelerinde büyük rahatsızlık yaratmaktadır. Alternatif ithal yolları bağlamında Türkiye AB için vazgeçilmez bir konumdadır. Türkiye üzerinden Avrupa'ya ulaştırılacak Katar ve Irak gazı ve Nabucco gibi alternatif projeler Avrupa Birliği'nin Rusya'ya olan bağımlılığını azaltmaya yöneliktir. Bu tip alternatif çözüm yolları Türkiye'nin Avrupa birliği nezdinde önemini arttırmaktadır. AB'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltmaya yönelik diğer bir seçenek ise, rüzgar, güneş ve hidrojen gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile nükleer enerjiyi kullanmaktır. Çalışmamızın bundan sonraki bölümünde Avrupa'daki güneş enerjisi çalışmalarının ne durumda olduğu anlatılacaktır.

AB enerji ithalatını, ekonomisinin kabul edebileceği düzeye çekmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Rüzgar enerjisinde olduğu gibi güneş enerjisinde de ciddi yatırımlar gerçekleştirilmiştir. 2008 sonu itibarıyla Avrupa Birliği'nin toplam fotovoltaik kurulu gücü 9.533,3 MWp değerine yükselmiştir. Aşağıda bir Avrupa projesi olan EurObserv'Er Barometre verilerine dayanarak Avrupa Birliği ülkelerinde 2008 sonu itibarıyla fotovoltaik sektörünün durumu özetlenmektedir.

3.6.1. AB Kurulu Gücü

2008 yılında 2007'ye göre iki kattan fazla büyüyen dünya fotovoltaik pazarına Almanya ve İspanya liderlik etmişlerdir. Ancak 2009 yılında Avrupa'nın büyüme beklentileri küresel finans krizi ve İspanya pazarındaki yavaşlama nedeniyle sekteye uğramıştır. 2008 yılı sonunda dünyadaki toplam fotovoltaik kurulu gücün % 80'i Avrupa Birliği'ndedir.

2008 yılında Avrupa Birliği ilk tahminlere göre 2007'de 1.825,6 MWp olan yıllık kurulum seviyesini iki kattan fazla (% 151,6) artırarak 4.592,3 MWp'e çıkarmıştır (Tablo 3.7.)

Bu ek kapasite artışı ile, Avrupa çapındaki kapasite 9.533,3 MWp'e ulaşmıştır. (Tablo 3.8.).

Sadece İspanyol piyasasındaki nefes kesici artış bile Avrupa fotovoltaik pazarına büyük oranda ivme kazandırırken, Alman piyasasının istikrarlı büyümesi, daha az oranda da İtalyan, Çek, Portekiz, Belçika ve Fransız piyasalarındaki artışlar bu yüksek performans katkıda bulunmuştur.



Tablo 3.7. – Avrupa Birliği'nde 2007 ve 2008 yıllarında gerçekleşen kapasite artışı

Avrupa Birliği'nde 2007 ve 2008 yıllarında yapılan fotovoltaik güç kurulumu* (MWp cinsinden)						
	2007			2008*		
	Şebekeye Bağlı	Şebeke Dışı	Toplam	Şebekeye Bağlı	Şebeke Dışı	Toplam
İspanya	581,134	9,712	590,846	2.669,916	1,000	2.670,916
Almanya	1.100,000	3,000	1.103,000	1.500,000	5,000	1.505,000
İtalya	69,900	0,300	70,200	197,000	0,300	197,300
Çek Cumhuriyeti	3,107	0,011	3,118	50,329	0,000	50,329
Portekiz	14,254	0,200	14,454	49,982	0,100	50,082
Belçika	17,363	0,000	17,363	49,667	0,000	49,667
Fransa	12,170	0,624	12,794	44,328	0,168	44,496
Yunanistan	1,689	0,786	2,475	8,690	0,640	9,330
İngiltere	3,650	0,160	3,810	3,300	0,200	3,500
Avusturya	2,061	0,055	2,116	2,500	0,000	2,500
İsveç	1,121	0,271	1,392	1,400	0,300	1,700
Hollanda	1,023	0,582	1,605	1,000	0,600	1,600
Bulgaristan	0,002	0,007	0,009	1,320	0,012	1,332
Slovenya	0,660	0,002	0,662	1,120	0,000	1,120
Polonya	0,054	0,146	0,200	0,270	0,730	1,000
Kıbrıs	0,266	0,060	0,326	0,743	0,072	0,815
Finlandiya	0,035	0,444	0,479	0,017	0,533	0,550
Lüksemburg	0,238	0,000	0,238	0,480	0,000	0,480
Romanya	0,030	0,080	0,110	0,120	0,030	0,150
Malta	0,038	0,000	0,038	0,142	0,000	0,142
Danimarka	0,125	0,050	0,175	0,100	0,035	0,135
Macaristan	0,070	0,030	0,100	0,050	0,050	0,100
Slovakya	0,026	0,000	0,026	0,020	0,000	0,020
Litvanya	0,000	0,015	0,015	0,000	0,015	0,015
Estonya	0,000	0,002	0,002	0,000	0,010	0,010
İrlanda	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Letonya	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Toplam AB 27	1.809,016	16,537	1.825,553	4.582,494	9,795	4.592,289
*Tahmin. – Hollanda için çalışma tarihinde 2008 yılında yapılan güç kurulumlarıyla ilgili veri mevcut değildi. Veri EurObserv'ER tarafından tahmin edilmiştir. – Ondalıklar virgülle ayrılmıştır. – Kaynak: EurObserv'ER 2009.						

Tablo 3.8. – Avrupa Birliği'nde 2007 ve 2008 sonlarında toplam kurulu güç

Avrupa Birliği ülkelerinde 2007 ve 2008 sonlarında toplam fotovoltaik kurulu güç* (MWp cinsinden)						
	2007			2008*		
	Şebekeye Bağlı	Şebeke Dışı	Toplam	Şebekeye Bağlı	Şebeke Dışı	Toplam
Almanya	3.811,000	35,000	3.846,000	5.311,000	40,000	5.351,000
İspanya	716,334	17,512	733,846	3.386,250	18,512	3.404,762
İtalya	107,100	13,100	120,200	304,100	13,400	317,500
Fransa	24,481	22,178	46,659	68,809	22,346	91,155
Belçika	21,471	0,053	21,524	71,138	0,053	71,191
Portekiz	15,029	2,841	17,870	65,011	2,941	67,952
Hollanda	48,000	5,300	53,300	49,000	5,900	54,900
Çek Cumhuriyeti	3,754	0,207	3,961	54,083	0,207	54,290
Avusturya	24,477	3,224	27,701	26,977	3,224	30,201
Lüksemburg	23,934	0,000	23,934	24,414	0,000	24,414
İngiltere	16,620	1,470	18,090	19,920	1,670	21,590
Yunanistan	3,310	5,860	9,170	12,000	6,500	18,500
İsveç	1,676	4,566	6,242	3,076	4,866	7,942
Finlandiya	0,153	4,946	5,099	0,170	5,509	5,679
Danimarka	2,690	0,385	3,075	2,790	0,420	3,210
Slovenya	0,925	0,100	1,025	2,045	0,100	2,145
Kıbrıs	0,844	0,430	1,274	1,587	0,502	2,089
Polonya	0,155	0,483	0,638	0,425	1,213	1,638
Bulgaristan	0,055	0,020	0,075	1,375	0,032	1,407
Macaristan	0,220	0,130	0,350	0,270	0,180	0,450
Romanya	0,125	0,175	0,300	0,245	0,205	0,450
İrlanda	0,100	0,300	0,400	0,100	0,300	0,400
Malta	0,096	0,000	0,096	0,238	0,000	0,238
Slovakya	0,026	0,020	0,046	0,046	0,020	0,066
Litvanya	0,000	0,040	0,040	0,000	0,055	0,055
Estonya	0,000	0,010	0,010	0,000	0,020	0,020
Letonya	0,000	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006
Toplam AB 27	4.822,474	118,356	4.825,931	9.405,070	128,181	9.533,250
*Tahmin. – Ondalıklar virgülle ayrılmıştır. – Kaynak: EurObserv'ER 2009.						

Kişi başına fotovoltaik kurulu güç oranı halen her Avrupalı için 19,2 Wp civarındadır (Tablo 3.9.). 2008'de İspanya (75,2 Wp/oturan) Almanya'yı (65,1 Wp/oturan) oturan başına fotovoltaik kapasitede geçerek lider ülke olmuştur. Uzun yıllar bu alanda liderlik yapan Lüksemburg (50,5 Wp/oturan) üçüncülüğe düşmüştür.



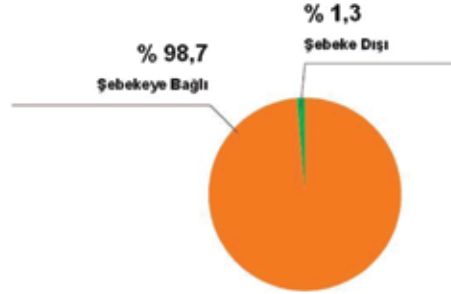
Hem yer üstü, hem de binaya entegre olmak üzere şebekeye bağlı uygulamalar kurulu gücün nerdeyse tamamını oluşturmaktadır (Şekil 3.5.). İzole sahalara, kamusal aydınlatmaya ve yol kenarı emniyet cihazlarına elektrik enerjisi sağlamak amacıyla kullanılan şebeke dışı ada fotovoltaik sistemler 2008 yılı sonundaki toplam kurulu gücün sadece 128,2 MWp'ini oluşturmaktadır.

Tablo 3.9. – Avrupa Birliği'nde
kişi (oturan) başına
fotovoltaik kurulu güç

Her Avrupa Birliği ülkesi için 2008'de oturan başına fotovoltaik güç* (Wp/oturan cinsinden).	
	Wp/oturan
İspanya	75,19
Almanya	65,08
Lüksemburg	50,46
Belçika	6,67
Portekiz	6,40
İtalya	5,33
Çek Cumhuriyeti	5,23
Avusturya	3,62
Hollanda	3,35
Kıbrıs	2,65
Yunanistan	1,65
Fransa	1,43
Finlandiya	1,07
Slovenya	1,06
İsveç	0,86
Danimarka	0,59
Malta	0,58
İngiltere	0,35
Bulgaristan	0,18
İrlanda	0,09
Macaristan	0,04
Polonya	0,04
Romanya	0,02
Litvanya	0,02
Estonya	0,01
Slovakya	0,01
Letonya	0,00
Toplam AB 27	19,16
*Tahmin. – Ondaklıklar virgülle ayrılmıştır. – Kaynak: EurObserv'ER 2009.	

2008 yılı sonunda Avrupa Birliği'nde toplam kurulu güç içinde şebekeye bağlı ve şebeke dışı uygulamaların payları.*

*Tahmin. Ondaklıklar virgül ile ayrılmıştır.
Kaynak: EurObserv'ER 2009



Şekil 3.5. – Avrupa Birliği'nde şebekeye bağlı ve şebeke dışı fotovoltaik tesislerin yüzdeleri



3.6.2. Başlıca Avrupa Birliği Piyasaları

3.6.2.1. İspanya

IDAE (İspanyol Enerji Çeşitlilik ve Tasarruf Enstitüsü) 2008'deki 2.670,9 MWp (1 MWp şebeke dışı kurulum dahil) yeni kurulumla İspanya'nın toplam fotovoltaik kurulu gücünün 3.404,8 MWp'e yükseldiğini söylemektedir. Bu baş döndürücü artışın (2007'ye göre % 352) nedeni önceki yüksek tarifeden yararlanmaktır. Zira Eylül 2008 sonundan itibaren fotovoltaik enerjideki garantili tarife indirimli olarak uygulanmaya başlamıştır. Bu fiyat değişikliğinden önce tarife 25 yıl sabit fiyattan alım garantisiyle 100 kWp'e kadar olan tesisler için 44,04 €/c/kWh, 100 kWp'ten 10 MWp'e kadar olan tesisler için 41,75 €/c/kWh ve 50 MWp'e kadar olan tesisler için de 22,94 €/c/kWh idi. Büyük boyutlardaki yer üstü santraller için oldukça karlı olan bu tarife uygulaması, piyasadaki çok hızlı büyümeyi açıklamaktadır.

1578/2008 sayılı ve 29 Eylül 2008 tarihli Kraliyet Kararnamesi binaya entegre tesisleri (çatı veya cephe) ve yere konumlanmış santralleri iki uygulanabilir tarife grubuna ayırmaktadır.

Binaya entegre tesisler için tarife 20 kWp'e kadar olan uygulamalar için 34 €/c/kWh, 20 kWp'ten 2 MWp'e kadar olanlar için de 32 €/c/kWh'tir. 10 MWp'e kadar olan yer üstü santralleri için ise 32 €/c/kWh ödenecektir.

Bu farklı tarifeler, tesisin devreye alındığı tarihten itibaren 25 yıl süreyle sabit fiyattan alım garantisi vermektedir ve her uygulama türü için devreye alınabilecek yıllık maksimum tesis gücü bir tavanla sınırlanmıştır. Tavan 2009 için 500 MWp (yer üstü santraller için 233 MWp, çatı üstü için 267 MWp), 2010 için 502 MWp (yer üstü santraller için 207 MWp, çatı üstü için 295 MWp) ve 2011 için 488 MWp (yer üstü santraller için 162 MWp, çatı üstü için 326 MWp) olacaktır. Bu yeni mevzuat 2011 yılı sonunda 5.000 MWp çizgisinde olması beklenen İspanya kurulu gücünün büyümesini etkili bir şekilde kısıtlamaktadır.

3.6.2.2. Almanya

Almanya fotovoltaik piyasa uygulamalarında bir liderdir. Alman Güneş Sanayi Birliği (BSW = Bundesverband Solarwirtschaft) 2008 yılında şebekeye bağlantısı yapılan fotovoltaik tesislerin 1.500 MWp civarında olduğunu, buna 5 MWp şebeke dışı tesisin de eklenmesi gerektiğini ifade etmektedir (2007'ye göre 402 MWp artış). Yenilenebilir Enerji Kanunu'ndaki (EEG) son düzenlemelere rağmen Alman piyasaının 2009 yılında büyümeye devam etmesi beklenmektedir.

Haziran 2008'de düzenlenen yeni kanun, 1 Ocak 2009 gibi erken bir tarihte başlamak üzere fotovoltaik garantili tarifelerindeki indirimleri gündeme getirmektedir.

Bu indirim ayrıca on iki ay boyunca kurulan güce paralel olarak fazla veya eksik bir yüzde puanı da içermektedir. Örneğin piyasa 2009'da 1.500 MWp'ten fazla büyürse, garantili tarife indirimi 2010'da yüzde 1 puan arttırılacaktır. Büyüme 1.000 MWp'ten az olursa, indirim miktarı 2010'da yüzde 1 puan azaltılacaktır. Kanun, 1 MWp'ten büyük çatıya entegre santralleri 2009'da 33 €/c/kWh'lik, yani 2008'den 11 Eurocent daha düşük bir tarifeden yararlanmak üzere dördüncü bir kategori olarak belirlemektedir.

Kurulu Wp fiyatlarındaki düşüşler garantili tarifelerdeki indirimleri açıklamaktadır. BSW



100 kWp'e kadar olan bir güneş enerjisi tesisinin maliyetinin (invertör ve montaj dahil) 2006 ikinci çeyreğindeki 5.000 değerinden 2008 yılının son çeyreğinde 4.216 €/kWp'e düştüğünü, 2009 yılı içinde 4.000 euro sınırının altına inebileceğini söylemektedir.

3.6.2.3. İtalya

2008'de İtalya Güney Kore'nin ardından fotovoltaik sektöründe beşinci olmuştur. CESI RICERSA (İtalyan Ulusal Yeni Teknolojiler, Enerji ve Çevre Ajansı ENEA ve İtalyan Elektrik Mühendisliği Test Merkezi CESI'ye ait kamu şirketi) 2008'de ek 197,3 MWp (197 MWp şebekeye bağlı) kurulum yapıldığını ve toplam kurulu gücün 317,5 MWp'e (bunun 304,1 MWp'i şebekeye bağlı) ulaştığını ifade etmiştir.

2007'den beri ülke Avrupa'nın en cazip garantili tarife uygulamalarından birine sahiptir, ancak 2009'dan itibaren yıllık % 2 indirim uygulanacaktır. Sadece ilk 1.200 MWp bu teşvik sisteminde faydalanabilecek, 2016'ya kadar toplam fotovoltaik kurulu güç maksimum 3.000 MWp ile sınırlı olacaktır. İtalya'da şebekeye bağlı PV tesislerinde 1-3 kW arasında olanlara 0,48 €/kWh, 3 - 20 kW olanlara 0,451 €/kWh, 20 kW'dan büyük olanlara ise 0,431 €/kWh tarife uygulanmaktadır.

Bu sistemin sektörün büyümesini gelecek birkaç yıl için teşvik ederek İtalya'yı Avrupa liderleri Almanya ve İspanya'nın seviyesine yükseltmesi beklenmektedir. Piyasa büyümesinin Roma yakınlarındaki 6 MWp'lik Montalto di Castro santrali gibi yüksek kapasiteli projelerle hızlanması beklenirken İtalya'nın fotovoltaik şirketler birliği GIFİ 2009 piyasa büyüme tahminini 300 MWp olarak belirlemiştir.

3.6.2.4. Çek Cumhuriyeti

Çek Cumhuriyeti fotovoltaik sektörün gelişmesini sağlamak için cazip bir mali teşvik sistemi kurmuştur. Yatırımcılar geleneksel bir garantili tarife sistemiyle, piyasa fiyatının üstüne bir çevre primi arasında seçim yapabilmektedirler. Düzenleyici kurum bir sonraki yıl için yıllık tarife ve primi belirlemektedir. 2008'de tek garantili tarife 13.460 CZK/kWh (51,2 €/kWh) ve çevre primi 12.650 CZK/kWh idi.

Bu sistem yerel yatırımcılar yanında yabancı işletmecileri de büyük yer üstü santraller kurma konusunda teşvik etmiş ve sektörde gerçek bir patlama yaratmıştır. Çek Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'na göre Çek fotovoltaik kurulu gücü 2008 yılı sonunda 2007 yılındakinden 50,3 MWp'lik bir artışla 54,3 MWp'e ulaşmıştır. 2009'da kurulu gücün iki kattan fazla artarak sembolik 100 MWp eşğini geçmesi beklenmektedir.

3.6.2.5. Belçika

Belçika'nın aktif ve fotovoltaik dostu politikası meyvesini vermeye başlamıştır. Ülke 2008'de yaklaşık 50 MWp ek kurulum gerçekleştirerek toplam kurulu gücünü 71,2 MWp'e (Flaman Bölgesinde 61,3 MWp, Valon Bölgesinde 9,3 MWp ve Brüksel-Başkent Bölgesinde 566 kWp olmak üzere) çıkarmıştır. 2007 için kurulu güç verileri üç bölgenin enerji düzenleme kurumları tarafından yayınlanan istatistikler toplanarak elde edilmiştir. Bu kurumlar VREG (Flaman Elektrik ve Gaz Düzenleme Kurumu), CWAPE (Valon Enerji Komisyonu) ve Brugel'dir (Brüksel Gaz ve Elektrik). 2008 rakamları yine aynı kurumların tahminleridir.

Her Belçika bölgesinin özel bir yeşil sertifikasyon (GC = Green Certificate) sistemine dayalı kendi teşvik uygulaması vardır.



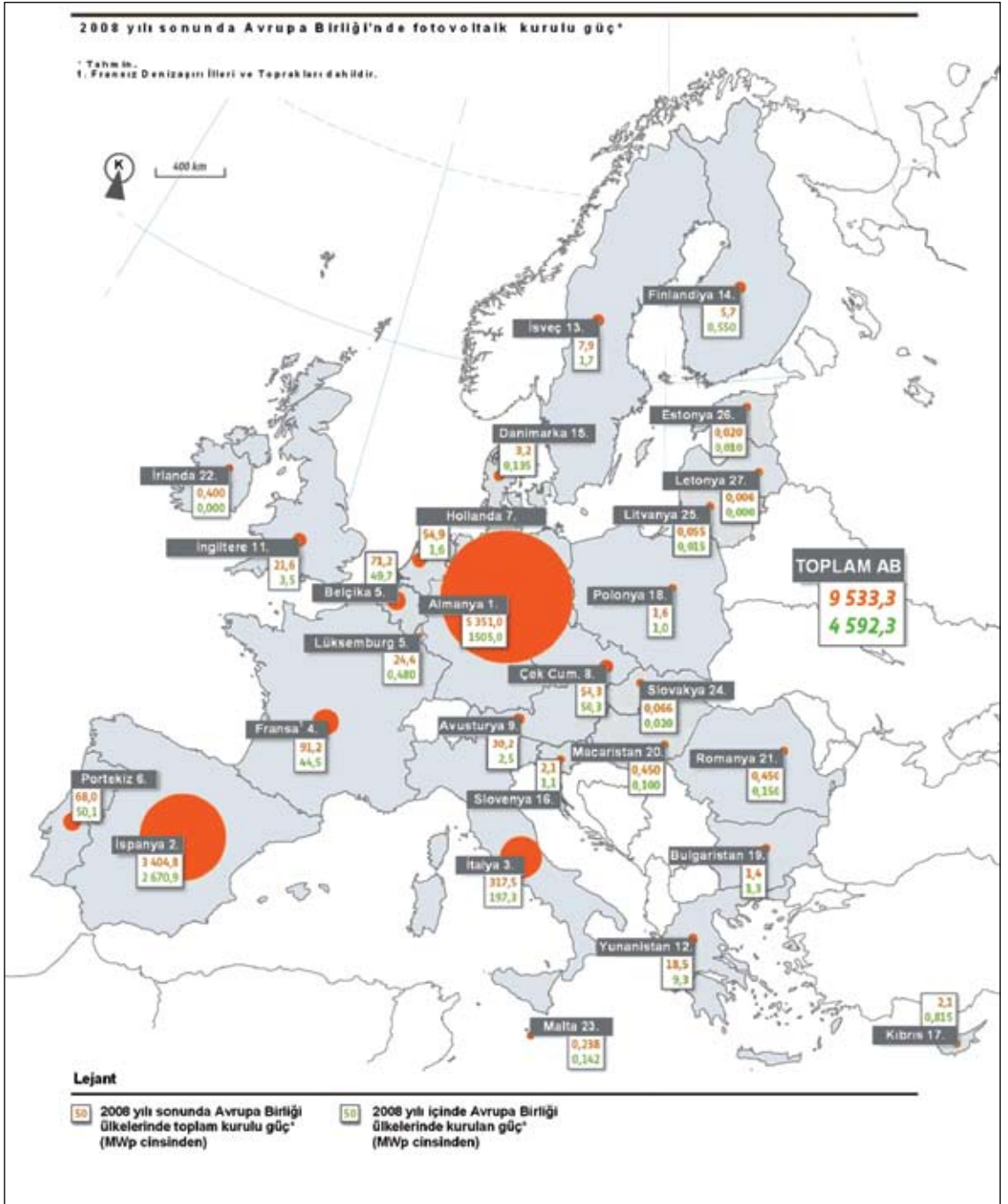
Flanders'de (Flaman Bölgesi) ilgili tesisin büyüklük ve tipine bakılmaksızın fotovoltaik yeşil sertifika fiyatı MWh başına 450 euro (45 €/kWh) olarak belirlenmiştir. Geçen yıldan itibaren Valonya'daki (Valon Bölgesi) her fotovoltaik MWh üretimi üreticiye tesis kurulu gücüne bağlı olarak bir miktar yeşil sertifika alma hakkı vermektedir. İlk 5 kWp kurulu güçten üretilen elektrik 7 GC/MWh, sonraki 5 kWp'ten üretilen 5 GC/MWh ve sonraki 240 kWp'ten üretilen ise 4 GC/MWh, sertifika alma hakkı vermektedir. Bu son durum için bazı şartlar vardır: üretilen elektriğin en az % 50'si iç ihtiyaçta kullanılmalı, tesisin yatırım maliyetinin % 40'ından fazlası sübvans edilmiş olmamalı, bir kojenerasyon santrali inşa etmek teknik olarak mümkün olmamalı ve santral 5 yıldan önce yatırım geri ödemesini garanti edememelidir.

250 kWp kurulu güç değerinin üzerindeki sistemlerde üretilen her MWh yeşil elektrik için 1 yeşil sertifika alınabilecek ve bu durumda sertifika işletmenin ilk 10 yılı için 150 euro garantili fiyattan federal iletim sistem operatörü Elia'ya satılabilecektir.

Pratikte tüm bu yeşil sertifikalar 15 yıl süreyle 65 euro garantili fiyattan Elia'ya ve ayrıca kotalarını karşılamak isteyen elektrik tedarikçilerine satılabilmektedir. Fiyat tedarikçi ile yapılan anlaşmayla belirlenmektedir. Bu fiyat 65 euro (garantili geri satın alma fiyatı) ve 100 euro (tedarikçinin kotasını karşılayamaması durumunda ödeyeceği ceza) arasında olma eğilimindedir. Mekanizmanın uygulanmaya başlandığı 2004 yılından bu yana ortalama anlaşma fiyatı 90 euro civarında olmuştur.

Brüksel Bölgesi de kurulu güç yerine tesisin kurulu yüzey alanına bağlı benzeri bir sistem uygulamaktadır. Kurulan ilk 20 m² panel için üretilen elektriğin değeri 7,27 GC/MWh, sonraki 40 m² kurulu panel için 5,45 GC/MWh ve kalan alan (> 60 m²) için 3,63 GC/MWh'tir.

Federal düzeyde ev sahiplerinin 3.440 euro tavana kadar yaptıkları yatırımları için % 40 vergi indirimi hakları vardır.



Şekil 3.6. – Avrupa Birliği üye ülkelerinde Fotovoltaik Güneş Enerjisi açısından 2008 sonu toplam kurulu güç, 2008 yılı içinde kurulan güç ve ülkelerin toplam kurulu güç sıralamasındaki yeri



3.6.2.6. Fransa

Fransa Elektrik Dağıtım Şebekesi'ne (ERDF, Eski EDF-Dağıtım) ve EDF verilerine göre 31 Aralık 2008'de Fransa'daki şebekeye bağlı fotovoltaik kurulu güç 2007'ye göre 44,3 MWp artışla 68,8 MWp'e ulaşmıştır.. Bu kapasite anakaradaki 10.543 tesis tarafından sağlanan 47,7 MWp (2007'de 11,5 MWp) ile Korsika ve Denizaşırı İller ve Topraklardaki (DOM) 1.250 tesis tarafından sağlanan 21,1 MWp (2007'de 13 MWp) arasında dağılmıştır. Bu rakamlar yalnızca devreye alınmış ve bir şebeke bağlantı anlaşması olan tesisleri kapsamakta ve bağlantı bekleyen santralleri hesaba katmamaktadır. Fransa'da şebekeye bağlanma 6 ay civarında zaman almaktadır. Bu birikme yüzünden şebekeye bağlı kurulu güç ve kurulum piyasası arasındaki fark artmaktadır. Yenilenebilir Enerjiler Konsorsiyumu'nun (SER) güneş bölümü SOLER, 2008 yılı sonu itibarıyla bağlantı bekleyen kurulu güç kapasitesini, mevcut şebekeye bağlı kurulu gücü aşan bir rakam olan 88,5 MWp olarak vermektedir.

Ev sahiplerinin bir garantili tarife, bir entegrasyon primi ve ekipman maliyetinin % 50'sini geri alabilmelerini sağlayan gelir vergisi kredisinden yararlanmalarıyla özel kurulu çatı güneş paneli projeleri bu piyasanın büyümesine büyük katkıda bulunmuşlardır. Ayrıca büyük çatılardaki (alışveriş merkezleri, hangarlar ve depolar) kurulu tesislerin sayısı da hızla artmaktadır.

Temel tarife halen anakarada 32,8 €/kWh, Korsika ve Denizaşırı İller ve Topraklarda 43,8 €/kWh olmasına rağmen anakara Fransa, Korsika ve Denizaşırı İller ve Topraklarda binaya entegre tesislere uygulanan "entegre" tarife 2009'da 60,2 €/kWh'e yükseltilmiştir. Entegre kurulumlar için olan bu yüksek garantili tarife, piyasa büyümesinde büyük rol oynamıştır.

Sektörün büyüme beklentileri hala umut vericidir. ERDF ve EDF'ye göre 2008 sonuna kadarki bağlantı istekleri 526,5 MWp anakaradan ve 607 MWp de Korsika ve Denizaşırı İller ve Topraklardan olmak üzere toplam 1.133,5 MWp'e ulaşmıştır. Ancak özellikle pek çok izin alması gereken büyük santraller başta olmak üzere yapılan bağlantı taleplerinin önemli bir kısmından büyük ihtimalle vazgeçileceğinden bu başvuruların hepsi gerçekleştirilemeyecektir.

3.6.2.7. Akdeniz

Bazı AB ülkelerinin de kıyısının bulunduğu Akdeniz Ortaklığı Ülkelerindeki birincil enerji talebinin gelecekteki 20 yılda % 70 artacağı tahmin edilmektedir. Bu ülkelerin akıllıca kullanıldığında gelecekte artacak taleplerini (hem ısı, hem de elektrik alanlarında) karşılamaya katkı sağlayabilecek ve ayrıca elde edilen enerjinin bir kısmını AB'ye ihraç etme yoluyla gelir getirebilecek başta güneş enerjisi olmak üzere önemli yenilenebilir enerji potansiyelleri vardır. Akdeniz Birliği çerçevesinde Akdeniz Bölgesinde yenilenebilir enerji teknolojilerini geliştirilmesi ve büyük çapta uygulanmasını sağlamak için bir **Akdeniz Güneş Planı** halen geliştirilmektedir. Başta Fransa olmak üzere Avrupa Birliğinde, Kuzey Afrika çöllerinde güneş santralleri kurarak enerjiyi AB ülkelerine nakletme konusunda çeşitli düşünceler de mevcuttur.

3.6.2.8. 2010'Da Avrupa Birliği'nin Kurulu Gücü 16.000 Mwp'i Geçebilir

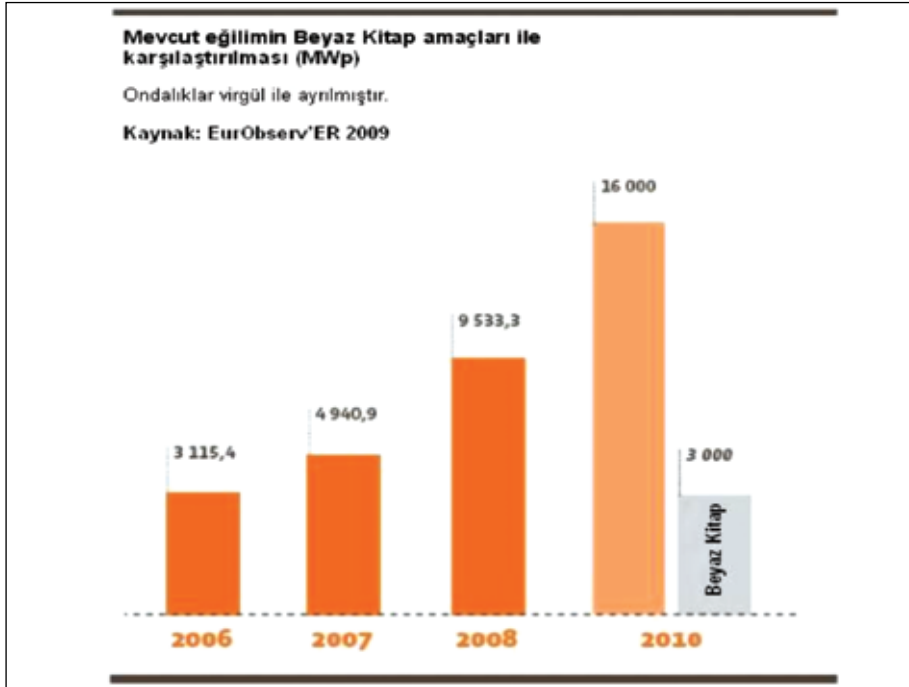
Mart 2009 tarihi itibarı ile Avrupa Birliği fotovoltaik kurulu gücü 10.000 MWp sembolik eşliğini geçmiş bulunmaktadır. İspanyol hükümetinin yıllık kurulan güce sınırlama getirmesi 2009'da Avrupa kurulu gücünde beklenen artışı en az 2.000 MWp civarında



azaltacaktır 2009 da Avrupa'da hızlı bir atılım beklenmemektedir. Sorun bu azalmanın diğer AB piyasalarının "doğal" büyümesi ile telafi edilip edilmeyeceğidir. Avrupa Birliği piyasalarında ihtiyatlı bir kapasite artışı olması beklendiğinden bu dengeleme en azından kısmi olacaktır. 2009 yılında İtalya'da 300 MWp, Fransa'da en az 150 MWp, Çek Cumhuriyeti ve Portekiz'de de 100'ün üzerinde veya o civarda bir güç kurulumu beklenmektedir. Alman piyasasının "muhafazakar" tahminlerin üstüne çıkarak 2 GWp çizgisini geçmesi olasıdır. Bu piyasalardaki (İspanya hariç) büyümenin 2010'da istikrarlı olarak sürmesi ve Avrupa Birliği kurulu gücünün 16.000 MWp eşliğini geçmesi beklenmektedir (Şekil 3.7.)

Bu iyimser tahmin, arzın talebi geçtiği yeni koşullardan faydalanabilecek proje geliştiricilerinin işine yaramaktadır. Mevcut aşırı üretim, sanayiye kar marjlarını düşürmeye ve maliyet azaltıcı çözümler bulmaya zorlaması yanı sıra modül fiyatlarında indirime de neden olduğundan proje geliştiricileri ve yatırımcılar için bir fırsat yaratmaktadır. Bu düşük fiyatlar mevcut teşvik mekanizmalarını çok daha cazip hale getirmekte ve pek çok yeni projenin başlamasını kolaylaştırmaktadır. Teşvik mekanizmalarının da bu yeni duruma göre hızla düzenlenmesi gerekecektir.

Mevcut üretim maliyetindeki düşüşler sektörün uzun ömürlü olması için temel itici gücü sağlamakta ve büyük çapta genişlemesini garantilemektedir. Yıllardır uygulanan teşvik mekanizmaları şimdi meyvelerini vermeye başlamıştır ve çoğu hükümetler tarafından belirlenen hedefler kısa bir zamanda aşılma durumuna gelmiştir.



Şekil 3.7. – Avrupa Birliği'nde fotovoltaik Beyaz Kitap beklentileri ve gerçekleşen kurulu güç



3.7. AMERİKAN, KORE VE JAPON PİYASALARI

3.7.1. Amerika Birleşik Devletleri

Yukarıda da bahsedildiği gibi 2008'de Amerikan piyasası dünya sıralamasında İspanya ve Almanya'nın ardından üçüncü sıraya yükselmiştir. SEIA (Solar Energy Industries Association = Güneş Enerjisi Sanayiler Birliği) ülkenin 2008'de kurulan fotovoltaik gücünün 342 MWp olduğunu ve bunun da 2007'ye göre % 62,9 artışa karşılık geldiğini bildirmektedir. Birleşik Devletler ilk kez Gigawatt çizgisini geçerek 1,2 GWp'e ulaşmıştır. İlk altı ay için en iyi ihtimalle durgunluk ve hatta gerileme görülmesi beklendiğinden 2009 için piyasa büyümesini tahmin etmek zorlaşmıştır. Yılın ikinci yarısı için olabilecek gelişmeler fotovoltaik sektörünü destekleyecek Amerikan ekonomik kurtarma planına bağlıdır.

3.7.2. Güney Kore

Avrupa Fotovoltaik Sanayi Birliği EPIA'ya (European Photovoltaic Industry Association) göre Güney Kore 2007'deki 42,9 MWp, 2008'de ise 274 MWp ilave kurulum gerçekleştirmiştir. Böylece küresel pazarda ABD'nin ardından dördüncü sıraya yükselmiştir. Bu ek kapasiteler ile Güney Kore'nin şu ana kadarki kurulu gücünü toplam 351,6 MWp'e getirmiştir.

3.7.3. Japonya

2008'de 230 MWp civarında olan Japon piyasasının 2009 yılında canlanması beklenmektedir. Photon International dergisine göre ülke 2009'da 400 MWp'e kadar kurulum gerçekleştirebilir. Bu rakam, 2009'un ilk üç ayındaki kurulumlar için ayrılmış 9 milyar Yen'e ek olarak 1 Nisan 2009'dan 30 Mart 2010'a kadar olan dönemdeki kurulumlar için 20 milyar yen sağlayan yeni sübvansiyon desteğine bağlıdır.

3.8. SANAYİNİN DURUMU

3.8.1. Almanya

Almanya açık arayla Avrupa fotovoltaik pil üretiminde liderdir. Photon International dergisine göre 2008'de fotovoltaik piller (tüm türler) üretimi 1.512 MWp'e ulaşmıştır. Aynı kaynak 2009 üretimini piller için 2.425 MWp ve modüller için 2.078 MWp olarak tahmin etmektedir.

Alman fotovoltaik sanayisindeki bu güçlü büyüme satışlara da yansımıştır. BSW'ye göre satışlar 2008'de 7 milyar Euro civarında olmuştur (2007'de 5,7 milyar ve 2006'da 2,8 milyar Euro). Ülkede 130'dan fazla üretici (pil, modül ve diğer parçalar) ve doğrudan fotovoltaik sektörüyle ilgili 10.000'den fazla firma (kurucu ve satıcılar dahil) vardır. Aynı kaynak Alman fotovoltaik sektöründeki yeni yatırımların 2008'de 2,15 milyar Euro olduğunu ve 2010'da 2,9 milyar Euro'ya ulaşmasının beklendiğini bildirmektedir. Ar&Ge harcamaları da 2008'de 190 milyon Euro olmuştur. 2010'da 224 milyon Euro'ya çıkması beklenmektedir.

BSW'ye göre fotovoltaik sektörde istihdam edilen kişi sayısı 2007'de 40.000'den 2008'de dağılımı % 46 sanayi ve parça tedarikinde, % 47 kurulumda ve % 7 satışta olmak üzere 48.000'e yükselmiştir. Hatta Federal Çevre Bakanlığı (BMU) tarafından Mart 2009'da yayınlanan tahmini verilere göre 57.000 kişinin dolaylı veya dolaysız olarak Alman fotovoltaik sanayisinde istidam edildiği kabul edilmektedir.



3.8.2. İspanya

İspanyol fotovoltaik piyasasında beklenen ani düşüşün sektördeki istihdama çok zarar vermesi, özellikle de modül kurulumuyla ilgili işleri etkilemesi beklenmektedir. İspanyol Fotovoltaik Sanayi Birliğine (ASIF) göre sektördeki dolaylı veya dolaysız istihdamın 2009 yılında 2008'e göre yarıdan fazla azalarak 42.800'den 21.800'e inmesi ve 2006'daki 26.800 rakamının da altına düşmesi beklenmektedir.

3.8.3. Fransa

Fransa'da SER-SOLER 2008 araştırma verilerine göre Aralık 2008 sonuna kadar fotovoltaik sektörde doğrudan istihdam edilen 4.000 kişiye 2009'da ek olarak 1.500 kişinin daha ekleneceği tahmin edilmektedir.

Geçen yıla kadar hem Avrupa'da hem de dünya çapında fotovoltaik sanayinin gelişme şartları idealdi. Arz talebi karşılayamıyordu. Bu durum, pek çok yeni girişimcinin ve yatırımcının piyasaya hücum etmesine neden oldu. Mevcut piyasa oyuncuları da gelecekteki arz ihtiyaçlarını karşılama yanında üretim kapasitelerini arttırmak için genişleme stratejileri geliştirdiler. Yatırım ve üretim kapasitesindeki artışa yönelik bu yarış durumu yaşanan kriz ile tersine dönerek üretimin arzı geçmesi sonucunu doğurdu. Kaçınılmaz olarak 2009 da ağır bir şekilde hissedilen ekonomik krizin asıl yükünü de hem yatırımlar, hem de talep çekmektedir.

Borsaya kote edilmiş ana sanayicilerin hisselerinin ani düşüşler göstermesi ile birlikte fotovoltaik sektör 2009'a zor bir başlangıç yaptı. Q-Cells ve Suntech gibi piyasa liderleri büyüme programlarını yavaşlatmayı seçerek, konsolidasyon imkanları aramakta ve pazar paylarını kaybetmemeye çalışmaktadırlar.

Kriz küçük sanayicileri, özellikle piyasaya yeni girenleri çok daha fazla etkileyecektir. Genişlemelerini sağlamak için güvendikleri yeni yatırımlarını güvenceye alma sorununu aşmaları gerekecektir.

Mevcut firmaların çoğu üretim maliyetlerini kırmak için yeterli esnekliğe sahip değildir. Zorluğa düşen bu firmalardan yenilikçi teknolojilere sahip olanlar satın alınabilir. Ancak büyük ihtimalle piyasadaki küçük oyuncuların çoğu piyasa dışına atılacaktır.

Likit varlıklar ve bankalarla iyi ilişkilere sahip piyasa liderleri bu durumdan daha az rahatsız olacaktır. Çünkü bunların ekonomi düzelene kadar üretim hızlarını azaltmaya mali güçleri yetebilir. Ekonomik kriz fazla uzun sürmezse küçük oyuncuların alanının daralması, büyük gruplara avantaj sağlayacaktır.

3.9. DÜNYA'DAKİ FİRMALAR

Tablo 3.10.'da da görüldüğü gibi büyük pil üreticilerinin çoğu Uzak Doğu'dadır (Japonya, Çin, Tayvan). En büyük 10 üretici arasında Avrupa sanayisinin devi en büyük pil üreticisi Q-Cells yer almaktadır. Ancak Avrupa'nın diğer firmaları da bu konuda hızlı bir gelişim sergilemektedir.



Tablo 3.10. – En büyük fotovoltaik üreticiler

10 En Büyük Fotovoltaik Pil Üreticisi (MWp cinsinden).						
Şirketler	Ülke	Pil Teknolojisi	Üretim		Üretim Kapasitesi	
			2007	2008	2007	2008
Q-Cells	Almanya	Kristal/İnce Film	389	574	760	800
First Solar	ABD	İnce Film	206	502,6	735	> 1000
Suntech Power	Çin	Kristal/İnce Film	327	497,5	1000	1000
Sharp	Japonya	Kristal/İnce Film	363	473	710	710
JA Solar	Çin	Kristal	102	300	500–600	600
Kyocera	Japonya	Kristal	207	290	300	650
Yingli Green Energy	Çin	Kristal	150	281,5	400	600
Motech	Tayvan	Kristal	196	272	580	580
SunPower	ABD, Filipinler	Kristal	150	236,9	414	414
Sanyo	Japonya	Kristal/İnce Film	165	215	340	500
*Tahmin. – Ondalıklar virgülle ayrılmıştır. – Kaynak: EurObserv'ER 2009.						

Büyükölük sıralamasında ikinci kategoride yer alan firmalardan Alman Solarworld AG grubu 2008'de 190 MWp pil üretmiştir. Şirket fotovoltaik değer zincirinin her parçasıyla ilgilidir. Silisyum plaka üretimi Solarworld'un ana iş koludur. 2008 sonunda grubun Freiberg'teki fabrikalarında plaka üretim kapasitesi 500 MWp'e ulaşmıştır. Bu rakamın 2009 sonunda 750 MWp'e 2010 sonunda da 1.000 MWp'e ulaşması beklenmektedir. Şirket ayrıca Freiberg fabrikasında 2008 yılında 120 MWp olan modül üretim kapasitesini 300 yeni istihdamla 2009'da 200 MWp'e çıkarmayı planlamaktadır. Solarworld 2008'de Kore şirketi Solar Park Engineering Co. Ltd. ile ortak sahip olduğu bir bağılı şirket aracılığıyla Güney Kore'de ilk üretim hattını devreye sokmuştur. Jeonju şehrindeki bu modül fabrikası 150 MWp üretim kapasitesine sahiptir ve bu kapasite aynı sahada 1 GWp'e artırılabilir durumdadır. Solarworld Japon ve Kore piyasalarındaki yüksek büyüme oranlarından faydalanmayı planlamaktadır. 2008'de grubun satışları bir önceki yıla göre % 30 artarak 690 milyon Euro'dan 900 milyon Euro'ya çıkmıştır. 2008 sonunda grupta 2500 kişi istihdam edilmekte idi.

Schott Solar da 2008'deki 149 MWp civarındaki pil üretimiyle Avrupa ve Amerikan piyasalarında sağlam bir yere sahip olmuştur. Kristal modül üretim kapasitesi 2007'deki 90 MWp'ten 2008'de 205 MWp'e, ince filmlerde ise 3 MWp'ten 35 MWp'e yükselmiştir. Şirket ayrıca güneş termal parabolik oluk santrallerinde temel bir parça olan yüksek verimli alıcılar konusunda da çalışmalar yürütmektedir. Satışları da 2007'ye göre % 70 artışla 482 milyon Euro'ya ulaşmıştır.

Bosch Grubu kontrolünde olan bir başka Alman şirketi Ersol Solar Energy AG satışlarını 2007'de 160,2 milyon Euro'dan 2008'de 309,6 milyon Euro'ya yükselterek neredeyse iki katına çıkarmıştır. Şirket 2008'de 123 MWp pil ve 20 MWp ince film modül üretmiştir. 2009'da 180 MWp pil ve 30 MWp ince film modülü üretmeyi planlamakta ve ayrıca 2010 yılı sonuna kadar da 520 MWp üretim kapasitesini hedeflemektedir.



Avrupa'daki diğer firmalar; Isofotón (2008'de 180 MWp kapasite), Solland Solar (170 MWp kapasite), Sovello AG (100 MWp kapasite), Conergy AG (100 MW kapasite) ve Photowatt (60 MWp kapasite) olarak sıralanmaktadır.

Aşağıda açıklanan en büyük dört pil üreticisi firmanın dördü de farklı ülkelere aittir.

3.9.1. Q-Cells (Almanya)

2008'de Q-Cells 2007'ye göre satışını % 46 artışla 1,251 milyar Euro yaparak büyümesini sürdürmüştür. Kristal pil üretimi de 2008'de % 47 artışla 570,4 MWp'e ulaşmıştır. İnce film teknolojileriyle birlikte toplam pil üretimi 574 MWp olmuştur. Ekonomik kriz yılının son çeyreği için satış büyümesinde % 13'den fazla yavaşlamaya neden olmuştur. Q-Cells 2009'daki mali durumunu düzgün tutmak için vadesi bu yıl dolan borç geri ödemelerinin ileri bir tarihe ertelenmesi konusunda bankacılarıyla anlaşmaya varmıştır.

Grup 2008 yılının ilk yarısında beşinci bir üretim hattının tamamen çalışır hale gelmesinden sonra, yılın son çeyreğinde Bitterfeld-Wolfen sahasında altıncı bir üretim hattını devreye almıştır. Bu altıncı üretim hattı fabrikanın pil üretim kapasitesini 760 MWp'e getirmiştir. Şirketin Malezya'daki yeni fabrikasında 2009'un ikinci çeyreğinde ilk pillerini üretmeye başlaması planlanmıştır. Bu genişlemeye ek olarak iki Q-Cells bağlı ortaklığı da geçen yıl seri üretime başlamıştır. Bunlar "mikromorf silisyum" teknolojisini kullanan Sontor GmbH (tamamen Q-Cells'e ait) ve "cam üzerine CIGS (Bakır İndiyum Galyum Diselenür)" teknolojisini kullanan Solibro GmbH (% 67,5 hissesi Q-Cells'in) şirketleridir. Q-Cells 2008'de 861 yeni istihdamla toplam çalışan sayısını 2.568'e getirmiştir.

3.9.2. First Solar (ABD)

First Solar 2008'de büyüyerek dünya çapında ikinci büyük pil üreticisi firma olmuştur. İnce film CdTe (Kadmiyum Tellür) pil üretimi 2006'da 60 MWp'ten 2007'de 206,3 MWp'e çıkmış, 2008'de 502,6 MWp'e ulaşarak şirketi ince film alanında lider yapmıştır. Amerikan şirketi 2009'da üretim kapasitesini iki katına çıkartarak GW çizgisini geçmeyi planlamaktadır. Bu başarı şirketin 2004 ile 2008 arasında üçte iki azalarak 3 \$/Wp'ten 1 \$/Wp'in altına inen üretim masraflarını kısımadaki becerisiyle açıklamaktadır. Bu başarı, 2007'ye göre % 147,3 artışla 1,246 milyar dolara yükselen satışlar üzerinde bir zincirleme etki yaratmıştır. Bir yıllık sürede çalışan sayısı ikiye katlanarak 1.462'den 3.000'e çıkmıştır.

3.9.3. Suntech Power (Çin)

2001'de kurulan Suntech Power hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. Şangay ve Shenzhen'de üretim tesisleri ve Wuxi'de bir Araştırma ve Geliştirme Merkezi olan Çin firması yeni piyasalara açılmak için yan kuruluş zincirleri kurmaya veya ortaklıklara girmeye devam etmektedir. 2008'in başlarında Almanya, İspanya ve Asya'daki fotovoltaik talebin itici gücü olan Güney Kore'de satış büroları açmıştır. Sürekli artan üretim kapasitesi ile birlikte bu genişleme politikası Suntech Power'ın neden 2008'de dünya çapında üçüncü büyük pil tedarikçisi olduğunu açıklamaktadır. Pil üretiminde 2007'ye göre % 36 artış sağlayarak 2008 yılında pil ve modül üretim kapasitesini 1 GWp'e yükseltmiştir.

Şirket 2008'de 2007'ye göre % 42,7 artışla 1,924 milyar dolar satış kaydetmiştir. Ancak şirket son çeyrekteki satış rakamının (414,4 milyon dolar) bir önceki çeyreğe göre



% 30,3 daha düşük olduğunu belirtmiştir. Firma piyasadaki duraklamayı çok ciddiye almaktadır. Ticari şartlar düzelene kadar 800 kişinin işine son verdiğini ve 2009 için önceden planlanmış olan üretim tesislerinin 1'den 1,4 GWp'e genişletme projesini terk ettiğini duyurmuştur.

3.9.4. Sharp (Japonya)

Photon International dergisine göre 2008'de Sharp'ın pil üretimini azaltması, şirketi dünya pil üreticileri sıralamasında ikinci sıradan dördüncü sıraya düşürmüştür. Sharp silisyum ince film kapasitesinde çok önemli bir artış planlayarak tekrar işe koyulmaya karar vermiştir. Sharp'ın ince film teknolojisi iki amorf silisyum film ve bir mikro kristal silisyum filminden oluşan üç eklemlili bir pilden oluşmaktadır. Sharp, Sakai'de (Osaka yakınlarında) yılda 1 GWp pil üretecek boyutta özel yeni bir üretim merkezine 72 milyar yen (557,5 milyon euro) yatırım yapmıştır. Üretim Mart 2010'da başlangıçta 480 MWp'lik bir kapasiteyle başlayacaktır. Grup önceden 2008'de Katsugari (Nara yakınlarında) fabrikasında ince film pil üretim kapasitesini 15'ten 160 MWp'e çıkarmıştı. Firma ince film üretimini geliştirme seçiminin sebebini, büyük çaptaki üretimde önemli maliyet indirimi sağlayan imalat sürecindeki basitliği nedeniyle açıklamaktadır.

Ayrıca Japon grubu Avrupa'daki varlığını güçlendirmek amacıyla Hamburg, Almanya'da bir enerji bölümü açmıştır. Kristal veya ince film teknolojileriyle Almanya ve Güney Avrupa'da Pazar payı kazanmayı hedeflemektedir. Sharp'ın güneş pili satışları 2008 mali yılının ilk 9 ayında bir önceki 2007 yılının aynı dönemine göre % 30,5 artarak 130,9 milyar yene (1,02 milyar euro) ulaşmıştır.

3.10. GÜNEŞ ELEKTRİK ENERJİSİ EKONOMİSİ

WEO 2007 (International Energy Agency World Energy Outlook 2007) Referans Senaryolarına göre günümüzde konvansiyonel elektrik enerjisi üretim kaynaklarına göre pahalı olan güneşten elektrik enerjisi üretiminin önümüzdeki yıllarda ekonomik ve fizibil hale geleceği beklenmektedir.

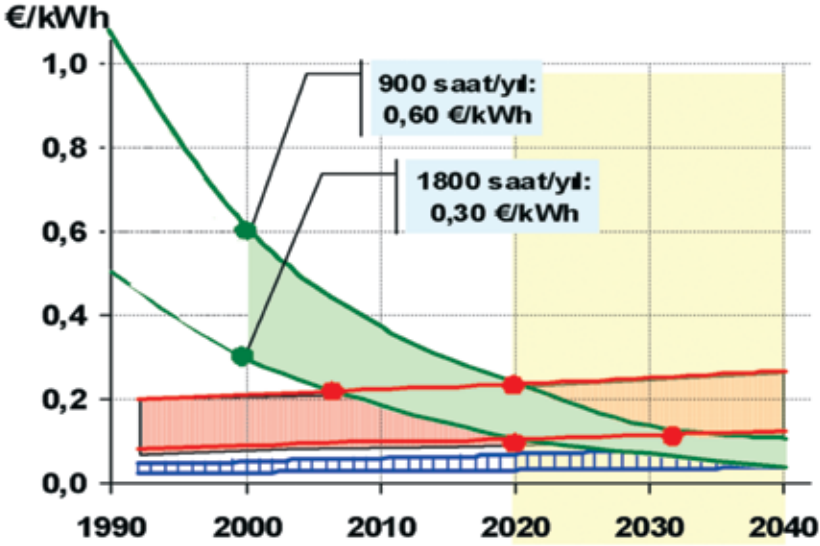
Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi (EREC) çalışmasına göre ise 2040 yılına kadar yenilenebilir enerjinin sürekli olarak gelişeceği ve 2040 yılında Dünya arzının % 27 sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacağı öngörülmektedir.

EPIA (Avrupa Fotovoltaik Endüstri Birliği) başkanı Dr. Winfried Hoffmann'ın Avrupa'da Fotovoltaik sektördeki maliyetler konusundaki öngörülerini aşağıdaki gibidir:

Tablo 3.11. Güneş ışınım şiddetine göre fotovoltaik üretim maliyeti ve öngörüler

Güneş Işınım Şiddeti (kWh/m ² .yıl)	Fotovoltaik Üretim Maliyeti (€/kWh)			
	2007	2010	2015	2020
600	0,83	0,50	0,42	0,33
1000	0,50	0,30	0,25	0,20
1400	0,36	0,21	0,18	0,14
1800	0,28	0,17	0,14	0,11

Fotovoltaik elektrik üretimi fiyatları ile şebeke elektrik fiyatları arasındaki rekabetin nasıl gelişeceği hususu aşağıdaki Şekil 3.8 de görülmektedir.



Şekil 3.8. - PV için elektrik üretim maliyeti ve şebeke fiyatları arasındaki rekabet gücü
(Kaynak: RWE Energie AG and RSS GmbH)

Tablo 3.12. Çeşitli enerji kaynaklarından elektrik üretim maliyeti ve öngörüler

Elektrik Üretim Maliyeti [€/kWh]	Bugün 2009		Gelecek 2030		Uzak Gelecek 2050	
Fosil (kömür, gaz)	4 – 4,5		6 – 7		6,5 – 9	
Nükleer (PWR, HTR, FBR)	4 – 6		3,5 – 6		3,5 – 6	
Rüzgar (Açık denizde / karada)	9	7,5	8 / 7,5	6 / 5	8 / 7,5	3 / 4
Güneş Isıl	17		8	6	8	3
Fotovoltaik Güneş Elektriği (güney/kuzey)	20	40		5 / 10		3 / 6

Kaynak: Eurelectric / VGB Power Tech

3.11. DÜNYADA KURULU, PLANLANAN VE İNŞA HALİNDEKİ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLARI ^{[48] [49]}

EPIA'nın Güneş Üretimi V – 2008 Raporunda yayınladığı 2008 tahminlerine göre 2020'ye kadar güneş enerjisinden üretilen elektrikten 1 milyardan fazla insan yararlanacak ve bu sayede iki milyon kişiye iş imkanı sağlanacaktır.

354 MW'lık SEGS örneğinde olduğu gibi en büyük güneş santralleri yoğunlaştırmalı güneş ısıl santralleridir, ancak yakın zamanlarda büyük ölçekli megawatt boyutlarında fotovoltaik santraller de inşa edilmiştir. 2008'de tamamlanan Portekiz'deki Moura



Fotovoltaik Santral ve Almanya'daki Waldpolenz Güneş Parkı daha büyük fotovoltaik santrallara doğru olan eğilimin göstergeleridir. 550 MWp'lik Topaz Güneş Çiftliği ve 600 MWp'lik Rancho Cielo Güneş Çiftliği gibi çok daha büyükleri düşünülmektedir. Dünyadaki çöllerin % 4'ünün fotovoltaikle kaplanması dünyanın tüm elektrik ihtiyacını karşılamaya yetmektedir. Tek başına Gobi Çölü dünyanın tüm enerji talebini karşılayabilmektedir.

Aşağıda güneş ısı santrallerinin listesi verilmektedir. Bunların arasında ABD'deki 354 MW gücündeki Solar Energy Generating Systems (Güneş Enerjisi Üretim Sistemleri), PS20 güneş kulesi (İspanya, 20 MW), ve PS10 güneş kulesi (İspanya, 11 MW) sayılabilir. Başlıcaları İspanya ve ABD'de olmak üzere pek çok yeni santral planlanmakta veya inşa edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerden Mısır, Meksika ve Fas'ta kurulacak entegre güneş ısı / kombine doğal gaz çevrim santralleri Dünya Bankası projesi olarak onaylanmıştır.

Tablo 3.13. Dünyada kurulu işletmedeki bazı ısı güneş santralleri

İşletmedeki bazı büyük güneş ısı santralleri					
Kapasite (MW)	Teknoloji	Santral İsmi	Ülke	Yer	Açıklama
354	Parabolik Oluk	Solar Energy Generating Systems	ABD	Mojave Çölü, California	9 ayrı ünitenin toplamı
64	Parabolik Oluk	Nevada Solar One	ABD	Las Vegas, Nevada	
50	Parabolik Oluk	Andasol 1	İspanya	Granada	Kasım 2008'de devreye alındı
20	Güneş Kulesi	PS20 güneş kulesi	İspanya	Sevilla	Nisan 2009'da devreye alındı
11	Güneş Kulesi	PS10 güneş kulesi	İspanya	Sevilla	Avrupa'nın ilk ticari güneş kulesi
5	Fresnel Yansıtıcı	Kimberlina Güneş Isıl Enerji Santralı	ABD	Bakersfield, California	Ausra şirketinin deneme santralı
0,36	Fresnel Yansıtıcı	Liddell Santralı	Avustralya	New South Wales	Kömür santralında alternatif buhar üretim yöntemi olarak

İnşa halindeki Güneş Isıl Santralleri

- Martin Next Generation Güneş Enerjisi Merkezi, Florida, ABD, kombine çevrim santrale buhar beslemesi, parabolik oluk tasarımı
- Andasol 2 Güneş Santralı, Granada, İspanya, ısı depolamalı 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Andasol 3 Güneş Santralı, Granada, İspanya, ısı depolamalı 50 MW, parabolik oluk tasarımı



- Alvarado/La Risca 1 Güneş Santrali, Badajoz, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Solnova 1 Güneş Santrali, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Solnova 3 Güneş Santrali, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Energia Solar De Puertollano SA Güneş Santrali, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Extresol 1 Güneş Santrali, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Kuraymat Santrali, Mısır, 40 MW, doğal gaz santralına buhar beslemesi, parabolik oluk tasarımı
- Hassi R'mel Entegre Güneş Kombine Çevrim Santrali, Cezayir, 20 MW, doğal gaz santralına buhar beslemesi, parabolik oluk tasarımı
- Beni Mathar Santrali, Fas, 20 MW, hibrit santralin parçası, teknoloji belli değil
- Solar Tres Güneş Kulesi, İspanya, ısı depolamalı 17 MW, güneş kulesi tasarımı
- eSolar tanıtım santrali, 5 MW, Lancaster, California
- Jülich Güneş Kulesi, Jülich, Almanya, 1,5 MW, ısı depolamalı güneş kulesi tasarımı
- Keahole Güneş Santrali, Hawaii, ABD, Mikro Yoğunlaştırılmalı Güneş Enerjisi, parabolik oluk tasarımı

Tablo 3.14. Duyurusu Yapılmış Güneş Isıl Santralleri – ABD

ABD'de Duyurusu Yapılmış Güneş Isıl Santralleri				
Kurulu Güç	Santralin Adı	Eyalet	Yer	Teknoloji
1300	Belli Değil (BrightSource Energy)	Belli Değil	Belli Değil	Güneş Kulesi
850	SES Solar One	Kaliforniya	San Bernardino Bölgesi	Stirling Motoru
900	SES Solar Two	Kaliforniya	San Bernardino Bölgesi	Stirling Motoru
500	Fort Irwin	Kaliforniya	San Bernardino Bölgesi	İsmi Verilmeyen Güneş Isıl Teknolojisi, Askeri
400	Ivanpah Güneş Elektrik Üretim Sistemi	Kaliforniya	San Bernardino Bölgesi	Güneş Kulesi
300	Belli Değil	Florida		Fresnel Yansıtıcı
280	Solana Güneş Santrali	Arizona	Phoenix'in Güneybatısı	Parabolik Oluk
250	Beacon Güneş Enerjisi Projesi	Kaliforniya	Kern Bölgesi	Parabolik Oluk
250	Harper Lake Güneş	Kaliforniya	San Bernardino Bölgesi	Parabolik Oluk
177	Carrizo Energy Güneş Çiftliği	Kaliforniya	San Luis Obispo Bölgesi	Fresnel Yansıtıcı
107	San Joaquin Güneş 1 & 2	Kaliforniya	Fresno Bölgesi	Parabolik Oluk, Biyokütle ile hibrit
84	eSolar 1	Kaliforniya	Los Angeles Bölgesi	Güneş Kulesi
66	eSolar 2	Kaliforniya	Los Angeles Bölgesi	Güneş Kulesi
62	Palmdale Şehri Hibrit Enerji Projesi	Kaliforniya	Palmdale	Parabolik Oluk, Hibrit Doğal Gaz Santralına Buhar Besleme
59	Belli Değil	Kaliforniya	Barstow	Isı Depolamalı Parabolik Oluk
50	Victorville 2 Hibrit Enerji Projesi	Kaliforniya	Victorville	Parabolik Oluk, Hibrit Doğal Gaz Santralına Buhar Besleme



İspanya’da Duyurusu Yapılmış Güneş Isıl Santralleri

- Extresol 2, Badajoz, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Extresol 3, Badajoz, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Andasol 4, Granada, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Andasol 5, Granada, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Andasol 6, Granada, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Andasol 7, Granada, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Manchasol 1, Ciudad Real, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Manchasol 2, Ciudad Real, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Solnova 2, Sevilla, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Solnova 4, Sevilla, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Solnova 5, Sevilla, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Ecija 1, Ecija, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Ecija 2, Ecija, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Helios 1, Ciudad Real, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Helios 2, Ciudad Real, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Termesol 50, Sevilla, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Arcosol 50, Cádiz, İspanya, 50 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Badajoz, Fuente de Cantos, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Valdecaballeros 1, Valdecaballeros, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Valdecaballeros 2, Valdecaballeros, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Sevilla, Aznalcollar, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Almería, Tabernas, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Albacete, Almansa, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Murcia, Lorca, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Ibersol Zamora, Cubillos, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Enerstar Villena Santralı, Villena, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Aste 1 A, Alcázar de San Juan (Ciudad Real), İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Aste 1 B, Alcázar de San Juan (Ciudad Real), İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Aste 3, Alcázar de San Juan (Ciudad Real), İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Aste 4, Alcázar de San Juan (Ciudad Real), İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Astexol 1, Extremadura, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Astexol 2, Extremadura, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Palma del Rio 1, Cordoba, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- Palma del Rio 2, Cordoba, İspanya, 50 MW, parabolik oluk tasarımı
- AZ 20, Sevilla, İspanya, 20 MW, güneş kulesi tasarımı
- Almaden Santralı, Albacete, İspanya, 20 MW, güneş kulesi tasarımı
- Gotasol, Gotarrendura, İspanya, 10 MW, doğrusal fresnel tasarımı
- Aznalcollar TH, Sevilla, İspanya, 80 kW, çanak stirling tasarımı



Duyurusu Yapılmış Diğer Çeşitli Güneş Isıl Santralleri;

- Negev Çölü, İsrail, 250 MW, tasarım ihaleden sonra açıklanacak
- Upington, Güney Afrika, 100 MW, güneş kulesi tasarımı
- Shams, Abu Dhabi Madinat Zayad, 100 MW, parabolik oluk tasarımı
- Yazd Santrali, İran, 67 MW, hibrit doğal gaz santralına buhar beslemesi, teknoloji bilinmiyor
- Archimede, Siracusa yakınları, Sicilya, İtalya, 28,1 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Solenha, Aspres sur Buëch, Fransa, 12 MW, ısı depolamalı, parabolik oluk tasarımı
- Cloncurry Güneş Santrali, Avustralya, 10 MW, ısı depolamalı, güneş kulesi tasarımı
- Nagpur, Hindistan, 10 MW, tasarım bilinmiyor

Devre Dışı Güneş Isıl Santralleri

- Solar One (Solar Two'ya çevrildi) California, ABD, 10 MW, güneş kulesi tasarımı
- Themis (onarım altında), Fransa, 2 MW, güneş kulesi tasarımı
- SES-5, SSCB, 5 MW, güneş kulesi tasarımı, su / buhar, hizmet dönemi 1985 – 1989

Fotovoltaik Santrallerin Listesi

Fotovoltaik güneş hücreleri güneş ışığını elektriğe dönüştürürler ve başta Avrupa'da olmak üzere pek çok fotovoltaik santral inşa edilmiştir. Nisan 2009 itibarıyla dünyanın en büyük fotovoltaik (PV) santralleri Olmedilla Fotovoltaik Parkı (İspanya, 60 MWp), Puertollano Fotovoltaik Parkı (İspanya, 50 MWp), Moura Fotovoltaik Santrali (Portekiz, 46 MW) ve Waldpolenz Güneş Parkı'dır (Almanya, 40 MWp).

Bu santrallerin pek çoğu ziraatla entegredir ve bazıları geleneksel sabit montajlı sistemlere göre daha fazla elektrik üretmek için güneşin hareketini takip eden yenilikçi izleme sistemleri kullanır. Bu santrallerin işletimi sırasında yakıt maliyeti veya karbon dioksit emisyonu yoktur.

Tablo 3.15. - Dünyanın en büyük PV santralleri (12 MW veya üstü)

Dünyanın En Büyük Fotovoltaik (PV) Santralleri (12 MW veya üstü)					
Santral İsmi	Ülke	DC Pik Güç (MWp)	Üretim (GWh /yıl)	Kapasite Faktörü	Açıklama
Olmedilla Fotovoltaik Parkı	İspanya	60	85	0,16	Eylül 2008'de devreye alındı.
Puertollano Fotovoltaik Parkı	İspanya	50			2008
Moura Fotovoltaik Santrali	Portekiz	46	93	0,23	Aralık 2008'de devreye alındı.
Waldpolenz Güneş Parkı	Almanya	40	40	0,11	550.000 First Solar ince film CdTe modülü. Aralık 2008'de devreye alındı.



Arnedo Güneş Santrali	İspanya	34			Ekim 2008'de devreye alındı.
Merida/Don Alvaro Güneş Parkı	İspanya	30			Eylül 2008'de devreye alındı.
La Magascona & La Magasquilla Güneş Santrali	İspanya	30			
Ose de la Vega Güneş Santrali	İspanya	30			
Casas de Los Pinos Fotovoltaik Santrali	İspanya	28			
SinAn Santrali	Kore	24	33	0,16	Ekim 2008'de devreye alındı.
Lucainena de las Torres Fotovoltaik Santrali	İspanya	23,2			Ağustos 2008'de devreye alındı
Abertura Solar Fotovoltaik Parkı	İspanya	23,1	47	0,23	
Hoya de Los Vincentes Güneş Parkı	İspanya	23	41	0,20	
Almaraz Güneş Çiftliği	İspanya	22,1			Eylül 2008'de devreye alındı.
El Coronil 1 Güneş Parkı	İspanya	21,4			
Calveron Güneş Parkı	İspanya	21,2	40	0,22	
Almaraz Güneş Çiftliği	İspanya	20			Eylül 2008'de devreye alındı.
Calasparra Fotovoltaik Güneş Santrali	İspanya	20			
Beneixama Fotovoltaik Santrali	İspanya	20	30	0,17	Q-Cells hücreleri kullanılan Tene-sol, Aleo ve Solon güneş modülleri
Olivenza Güneş Parkı	İspanya	18			
Bonillo Güneş Parkı	İspanya	18			Ekim 2008'de devreye alındı.
Calzada de Oropesa Güneş Santrali	İspanya	15			
Gochang Santrali	Kore	15	23	0,18	Ekim 2008'de devreye alındı.
Mahora Güneş Enerjisi Santrali	İspanya	15			Eylül 2008'de devreye alındı.
Koethen	Almanya	14,75	13	0,10	200.000 First Solar ince film CdTe modülü. Aralık 2008'de devreye alındı.



Nellis Güneş Santrali	ABD	14,02	30	0,24	70.000 güneş paneli
Salamanca Güneş Santrali	İspanya	13,8			70.000 Kyocera paneli
Guadarranque Güneş Parkı	İspanya	13,6	20	0,17	
El Realengo Güneş Parkı	İspanya	13,2			
Solten 1 Fotovoltaik Parkı	İspanya	13			
Lobosillo Güneş Parkı	İspanya	12,7			Chaori ve YingLi modülleri
Sempra Generation Fotovoltaik Santrali	ABD	12,6			Aralık 2008'de devreye alındı.
Hinojosa del Valle Güneş Parkı	İspanya	12			
Villafranca Fotovoltaik Güneş Parkı	İspanya	12			Yüksek yoğunlaştırmalı fotovoltaik teknolojisi
Erlasee Güneş Parkı	Almanya	12	14	0,13	1.408 Solon izleyici

Tablo 3.16. Daha Küçük Fotovoltaik Santrallerin önemlilerinden bazıları

Seçilmiş Önemli Daha Küçük Fotovoltaik Santraller					
Santral İsmi	Ülke	DC Pik Güç (MWp)	Üretim (GWh /yıl)	Kapasite Faktörü	Açıklama
Serpa Güneş Santrali	Portekiz	11	20	0,21	52.000 güneş paneli
Pocking Güneş Parkı	Almanya	10	11,5	0,13	57.912 güneş paneli
Monte Alto Fotovoltaik Santrali	İspanya	9,5	14	0,17	Aralık 2008'de devreye alındı.
Viana Güneş Parkı	İspanya	8,7	11	0,14	
Gottelborn Güneş Parkı	Almanya	8,4	8,4	0,11	
Alamosa Güneş Santrali	ABD	8,2	17	0,24	Aralık 2007'de tamamlandı
Muhlhausen'deki Güneş Parkı	Bavyera Almanya	6,3	6,7	0,12	57.600 güneş paneli
Aldea del Conde Güneş Çiftliği	İspanya	6,3			Ekim 2007'de tamamlandı



Crevillent Güneş Çiftliği	İspanya	6	8	0,15	Ocak 2008'de tamamlandı
Olmedilla Güneş Çiftliği	İspanya	6			Kasım 2007'de tamamlandı
Rote Jahne Güneş Parkı	Almanya	6	5,7	0,11	90.000 First Solar ince film paneli
Darro Güneş Parkı	İspanya	5,8	11,6	0,23	Conergy ve Sun-Power panelleri
Kameyama	Japonya	5,2			Sharp LCD fabrikası çatısında 47.000 m ²

Bir karşılaştırma olması açısından dünyanın en büyük fotovoltaik olmayan güneş santrali olan California'daki SEGS güneş ısı santrali 354 MW kurulu güce sahiptir. Büyük nükleer santrallerin kurulu güçleri ise genellikle 1.000 MW'tan fazladır.

Planlama veya inşa aşamasındaki büyük fotovoltaik santraller

Tablo 3.17. Planlama veya inşa aşamasındaki büyük fotovoltaik santraller

Planlama veya inşa aşamasındaki büyük fotovoltaik santraller					
Santral İsmi	Ülke	DC Pik Güç (MWp)	Üretim (GWh /yıl)	Kapasite Faktörü	Açıklama
Rancho Cielo Güneş Çiftliği	ABD	600			Signet Solar marka ince film silisyum paneller**
Topaz Güneş Çiftliği	ABD	550	1.100	0,23	OptiSolar marka ince film silisyum paneller**
High Plains Çiftliği	ABD	250	550	0,25	İzlemeli SunPower marka monokristal silisyum paneller**
Mildura Güneş Yoğunlaştırıcı Santrali	Avustralya	154	270	0,20	Spectrolab marka GaAs hücreler kullanan heliostat yoğunlaştırıcı**
KCRD Güneş Çiftliği	ABD	80			2012'de bitirilmesi planlanıyor**
DeSoto Bölgesi Florida	ABD	25			SunPower tarafından FPL Energy için inşa edilecek, bitiş tarihi 2009.*
Davidson Bölgesi Güneş Çiftliği	ABD	21,5			36 ayrı yapı**
Cádiz Güneş Santrali	İspanya	20,1	36	0,20	*
Kennedy Uzay Merkezi, Florida	ABD	10			SunPower tarafından FPL Energy için inşa edilecek, bitiş tarihi 2010.**
* İnşa aşamasında; ** Planlama aşamasında					



3.12. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. <http://europa.eu/scadplus/leg/en/s14004.htm>
2. [http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/0383\(2009\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/0383(2009).pdf)
3. DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi..., ibid, s. 4–27.
4. A. Yavuz Ege, “Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye’nin Uyumu”, AB Enerji Politikası ve Türkiye, Avrupa Bilgi Köprüleri Programı, Ankara, 2004, s.7.
5. Communication from the Commission, Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan, COM(97) 599 final, 26/11/1997.
6. Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market.
7. <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l27065.htm>
8. http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=en&type_doc=Directive&an_doc=2006&nu_doc=108
9. <http://www.erec.org/>
10. <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l27065.htm>
11. Global locations suitable for harnessing solar thermal power, Pharabod and Philibert, 1992
12. <http://www.erec.org/documents/publications/2040-scenario.html>
13. <http://www.solarbuzz.com/>
14. <http://www.eia.doe.gov/fuelrenewable.html>
15. EurObserv’ER 2009 – Photovoltaic Barometer – EurObserv’ER – March 2009 <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro190.pdf>
16. WEO 2007 (International Energy Agency World Energy Outlook 2007)
17. Dr. Winfried Hoffmann, EPIA
18. RWE Energie AG and RSS GmbH
19. Eurelectric / VGB Power Tech
20. <http://www.energybusinessreports.com/shop/item.asp?itemid=1750>
21. <http://www.doe.gov/>
22. <http://www.eia.doe.gov>



23. <http://www.iea.org/>
24. EPIA (European Photovoltaic Industry Association)
25. ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation)
26. EUREC Agency (European Association of Renewable Energy Research Centers)
27. EREF (European Renewable Energies Federation)
28. FEDARENE
29. Energies-Cités
30. European Energy Forum
31. European Forum for Renewable Energy Sources (EUFORES)
32. The European Network for Energy Economics Research (ENER)
33. Global Wind Energy Council (GWEC)
34. International Energy Agency (IEA)
35. International Scientific Council for Island Development (INSULA)
36. International Solar Energy Society (ISES)
37. REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
38. Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP)
39. United Nations Development Programme
40. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation
41. United Nations Environment Programme
42. United Nations Framework Convention on Climate Change
43. <http://www.ren21.net/>
44. CAN - Climate Action Network
45. WWF - Worldwide Fund for Nature
46. Greenpeace - Greenpeace International
47. www.recovery.com
48. Wikipedia / List of solar thermal power stations http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_thermal_power_stations
49. Wikipedia / List of photovoltaic power stations http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_photovoltaic_power_stations

4. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İLGİLİ MALİYET, TEŞVİK VE FİNANSMAN KONULARI

4.1. MALİYETLER

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim maliyeti günümüz koşullarında konvansiyonel kaynaklardan daha pahalıdır. Ülkelerin dışa bağımlı olmak istememeleri, CO₂ salım miktarlarını düşürmek istemeleri ve en önemlisi teknolojiadaki gelişmeler güneşten elektrik enerjisi üretim maliyetlerini hızlı ve sürekli bir şekilde düşürmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı, Dünya Enerji Görünümü 2007 (WEO 2007) verilerine göre 2005 ve 2030 referans yılları için güneş güç santrallerinin yatırım maliyetleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

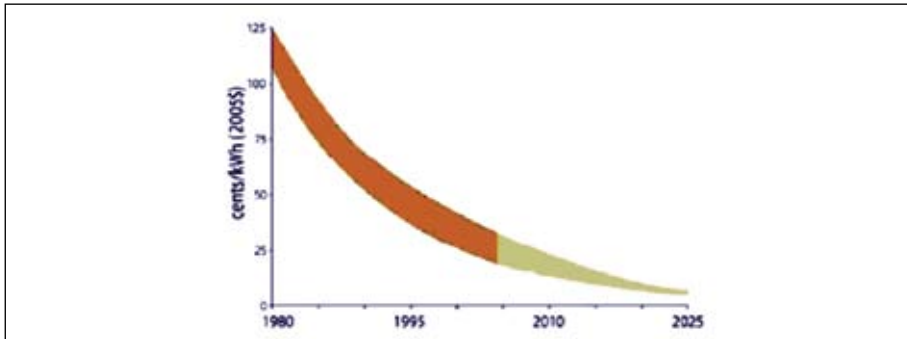
Tablo 4.1. Güneş Güç Santralleri Yatırım Maliyetleri

		Yatırım Maliyeti			
	Birim	[US\$2005/kW]			
	Referans yıl	Minimum OECD	Maksimum OECD	Minimum DEV*	Maksimum DEV*
Fotovoltaik (PV)	2005	4736	6310	4602	5675
	2030	2471	3102	2401	2766
Güneş Isıl	2005	1860	2840	1799	2457
	2030	1186	1877	1167	1713

* Gelişmekte olan Ülkeler

Kaynak: WEO 2007

Tablodaki yatırım maliyetlerinin çok hızlı düşüşü teknolojiadaki gelişmeden kaynaklanmaktadır. ABD de 2025 yılına kadar PV teknolojisindeki gelişme ile maliyetlerin şekilde görüldüğü gibi düşeceği öngörülmektedir.



Şekil 4.1. ABD PV Maliyeti Değişimi (1980–2025)

(Kaynak: <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/42919.pdf>)



Bu öngörüler ile güneş enerjisinden üretilecek elektrik enerjisinin birim elektrik enerji üretim maliyeti rakamları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2. Güneş Enerjisi Birim Elektrik Enerjisi Üretim Maliyetleri

	O&M* fiyatları	Kapasite Faktörü	Üretim	Ömür	İnşa süresi
	[US\$2005/kW]	[%]	[US\$2005/MWh]	[yıl]	[yıl]
Fotovoltaik (PV)	35–44	% 8–21	313–870	25–30	<1
	16–21		149–438		
Güneş Isıl	67–105	% 14–39	80–296	20–25	2–4
	40–64		48–181		

* İşletme ve Bakım

Kaynak: WEO2007

4.2. Teşvikler

Dört lider ülke Japonya, Almanya, İspanya ve ABD Dünya toplam güneş enerjisi kurulu gücünün % 90'ını oluşturmaktadır. Ülkelerin bu değerlere ulaşmasındaki ana neden güneş enerjili sistemlerin kurulmasını teşvik edecek önlemlerdir.

Dünyadaki CO₂ salımlarının ve fosil yakıt fiyatlarının tahminlerin üzerinde artması ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin desteklenmesini gündeme getirmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretimi farklı ülkelerde farklı uygulamalar ile teşvik edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek amacıyla uygulanan yöntemleri esas itibarıyla üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar sırasıyla; sabit fiyat uygulaması, kota / ihale yöntemi ve yeşil sertifika uygulamasıdır.

Tablo 4.3. Avrupa ülkelerinde yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini teşvik etmeye yönelik uygulamalar⁴

	Minimum Fiyat	Sertifika	Yatırım Teşviki	Vergi İndirimi	İhale	Diğerleri
Avusturya	✓		✓			
Belçika (Brüksel)		✓	✓	✓	✓	
Belçika (Flandern)		✓	✓	✓	✓	✓
Belçika (Walloon)	✓	✓	✓	✓	✓	
Danimarka	✓					
Finlandiya			✓	✓		
Fransa	✓				✓	
Birleşik Krallık		✓	✓	✓	✓	
Yunanistan	✓		✓			
İzlanda						
İrlanda					✓	
İtalya	✓	✓	✓			
Lüksemburg	✓		✓			
Hollanda	✓	✓	✓	✓		
Norveç			✓			



Portekiz	✓		✓	✓		
İspanya	✓		✓			
İsveç	✓					✓

(Kaynak: www.ceer.org, CEER – Current Experience with Renewable Energy Support Schemes in Europe).

Bu teşvik mekanizmalarından özellikle güneş enerjisi konusunda en yaygın olanı garantili tarifelerdir (feed-in tariffs).

Tablo 4.4. Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde uygulanan tarife mekanizmaları

AB Üye Ülkelerinde Garantili Tarife Uygulamaları						
Ülke	Alım Garantisi	Aşamalı Tarife	Tarife İndirimi	Prim Opsiyonu	Eşit Yük Paylaşımı	Tahmin Zorunluluğu
Avusturya	x	x	-	-	x ¹⁾	-
Kıbrıs	x	x	-	-	x	-
Çek Cum.	x (sabit tarife için)	x	-	-	x	-
Danimarka	x (karadaki rüzgar santralleri hariç)	x	-	x (rüzgar)	x ¹⁾	-
Estonya	x (şebeke kayıpları için)	-	-	x (yeni taslak)	x	x (yeni taslak)
Fransa	x	x	x (rüzgar)	-	x	-
Almanya	x	x	X	-	x ¹⁾	-
Yunanistan	x	x	-	-	x	-
Macaristan	x	-	-	-	x	-
İrlanda	x	x	-	-	x	-
İtalya	x	x	x (PV)	-	x	-
Litvanya	x	-	-	-	x	-
Lüksemburg	x	x	-	-	x	-
Hollanda ³⁾	x	x	-	-	x ²⁾	-
Portekiz	x	x	-	-	x	-
Slovakya	x (şebeke kayıpları için)	x	-	-	x	-
Slovenya	x (sabit tarife için)	x	-	X	x	X
İspanya	x (sabit tarife için)	x	-	X	x	X
1) Avusturya, Danimarka ve Almanya elektrik yoğun sanayiler için özel avantajları olan eşit yük paylaşımı uygulamaktadır. 2) Hollanda'da her elektrik tüketicisi elektrik tüketim miktarına bakılmaksızın YEK-E (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından elde edilen elektrik) desteğine aynı miktar parayla katkıda bulunmaktadır. 3) Hollanda'da 18 Ağustos 2006'dan sonra destek için başvuran yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik elde eden santrallara garantili tarife ödenmemektedir.						

* Kaynak: Fraunhofer, Işı, Energy Economics Group, dec,2006- Evaluation of different feed-in tariff design options



4.2.1. Garantili Tarifeler (Feed-in tariffs) (Fiyatlandırma Sistemleri)

Avrupa'da bazı ülkeler tarafından uygulanmakta olan garantili tarife (feed-in tariff) uygulamaları şöyledir:

Tablo 4.5. Bazı Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanan garantili tarifeler ve süreleri

2006 yılında devreye giren YEK-E (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik elde eden) santraller için destek seviyesi ve süresi								
Farklı teknolojiler için 2006'da tarife seviyesi (Euro Cent / kWh) ve destek süresi ¹⁾								
Ülke	Küçük Hidro	Yerüstü Rüzgar	Denizüstü Rüzgar	Katı Biyoyakıt	Biyogaz	Fotovoltaik	Jeotermal	
Avusturya	3,8 – 6,3 13 yıl	7,8 13 yıl	-	10,2 – 16,0 13 yıl	3,0 – 16,5 13 yıl	47,0 – 60,0 13 yıl	7,0 13 yıl	
Kıbrıs	6,5 sınır yok	9,5 15 yıl	9,5 15 yıl	6,5 sınır yok	6,5 sınır yok	21,1 – 39,3 15 yıl	-	
Çek Cumhuriyeti	sabit	8,1 15 yıl	10,8 15 yıl	-	7,9 – 10,1 15 yıl	7,7 – 10,3 15 yıl	45,5 15 yıl	15,5 15 yıl
	prim	10,5 15 yıl	14,9 15 yıl	-	10,0 – 12,0 15 yıl	9,9 – 12,5 15 yıl	49,0 15 yıl	18,0 15 yıl
Danimarka	-	7,2 20 yıl	-	8,0 20 yıl	8,0 20 yıl	8,0 20 yıl	6,9 20 yıl	
Estonya	5,2 7 yıl	5,2 12 yıl	5,2 12 yıl	5,2 7 yıl	5,2 12 yıl	5,2 12 yıl	5,2 12 yıl	
Fransa	5,5 – 7,6 20 yıl	8,2 15 yıl	13,0 20 yıl	4,9 – 6,1 15 yıl	4,5 – 14,0 15 yıl	30,0 – 55,0 20 yıl	12,0 – 15,0 15 yıl	
Almanya	6,7 – 9,7 30 yıl	8,4 20 yıl	9,1 20 yıl	3,8 – 21,2 ²⁾ 20 yıl	6,5 – 21,2 ²⁾ 20 yıl	40,6 – 56,8 20 yıl	7,2 – 15,0 20 yıl	
Yunanistan	7,3 – 8,5 12 yıl	7,3 – 8,5 12 yıl	9,0 12 yıl	7,3 – 8,5 12 yıl	7,3 – 8,5 12 yıl	40,0 – 50,0 12 yıl	7,3 – 8,5 12 yıl	
Macaristan	9,4 sınır yok	9,4 sınır yok	-	9,4 sınır yok	9,4 sınır yok	9,4 sınır yok	9,4 Sınır yok	
İrlanda	7,2 15 yıl	5,7 – 5,9 15 yıl	5,7 – 5,9 15 yıl	7,2 15 yıl	7,0 – 7,2 15 yıl	-	-	
İtalya	-	-	-	-	-	44,5 – 49,0 20 yıl	-	
Litvanya	5,8 10 yıl	6,4 10 yıl	6,4 10 yıl	5,8 10 yıl	5,8 10 yıl	-	-	
Lüksemburg	7,9 – 10,3 10 yıl	7,9 – 10,3 10 yıl	-	10,4 – 12,8 10 yıl	10,4 – 12,8 10 yıl	28,0 – 56,0 10 yıl	-	
Hollanda	9,7 10 yıl	7,7 10 yıl	9,7 10 yıl	7,0 – 9,7 10 yıl	2,1 – 9,7 10 yıl	9,7 10 yıl	-	
Portekiz	7,5 15 yıl	7,4 15 yıl	7,4 15 yıl	11,0 15 yıl	10,2 15 yıl	31 – 45 15 yıl	-	
Slovakya	6,1 1 yıl	7,4 1 yıl	-	7,2 – 8,0 1 yıl	6,6 1 yıl	21,2 1 yıl	9,3 1 yıl	
Slovenya	sabit	6,0 – 6,2 10 yıl	5,9 – 6,1 10 yıl	-	6,8 – 7,0 10 yıl	5,0 – 12,1 10 yıl	6,5 – 37,5 10 yıl	5,9 10 yıl
	prim	8,2 – 8,4 10 yıl	8,1 – 8,3 10 yıl	-	9,0 – 9,2 10 yıl	6,7 – 14,3 10 yıl	8,7 – 39,7 10 yıl	8,1 10 yıl



İspanya	sabit	6,1 – 6,9 sınır yok	6,9 sınır yok	6,9 sınır yok	6,1 – 6,9 sınır yok	6,1 – 6,9 sınır yok	23,0 – 44,0 sınır yok	6,9 Sınır yok
	prim	8,6 – 9,4	9,4	9,4	8,6 – 9,4	9,4	25,5	9,4
1) Euro dışında bir para birimi kullanan ülkeler için 1 Ocak 2006'nın kuru kullanılacaktır . 2) Almanya için verilen maksimum değer , yenilikçi teknolojilerin gelişmiş kullanımı, Kombine Isı ve Güç üretimi ve sürdürülebilir biyoyakıt kullanımına verilen primlerin toplamıdır.								

* Kaynak: Fraunhofer, Isı, Energy Economics Group, dec,2006- Evaluation of different feed-in tarif design options

Bazı ülkeler için bu tarife uygulamalarının ayrıntıları ise şöyledir:

4.2.1.1. Almanya

Almanya'da Alman Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu (Erneuerbare Energien Gesetz = EEG) ile düzenlenen ve 1 Ağustos 2004'ten beri yürürlükte olan garantili tarifeler Haziran 2008'de yapılan değişiklikle son şeklini almıştır. Bu değişiklikle umulandan çok fazla olan kapasite büyüme oranları dikkate alınarak tarifelerdeki indirim oranları artırılmış, daha düşük bir tarifeye tabi olan yeni bir kategori (1.000 kWp'den büyük çatı üstü sistemler) eklenmiş, ayrıca bina cephelerine uygulanan prim kaldırılmıştır.^{[9], [10]}

Almanya'da garantili tarifeler fotovoltaik santralın türüne, büyüklüğüne ve devreye alındığı tarihe bağlı olarak değişmekte, ancak bu belirlenen tarife santral devreye alındıktan sonraki 20 yıl boyunca sabit kalmaktadır. Bu tarifeler her yıl belli bir indirim oranında azaltılmaktadır. Bu tarife uygulaması aşağıda Tablo 4.6.'da açıklanmıştır.

Tablo 4.6. Almanya'daki garantili tarife uygulaması

Garantili Tarife	Çatı üstü								Yerde konumlu	
	P ≤ 30 kWp		30 < P ≤ 100 kWp		100 < P ≤ 1000 kWp		P > 1000 kWp		Tümü	
	İndirim	€/ kWh	İndirim	€/ kWh	İndirim	€/ kWh	İndirim	€/ kWh	İndirim	€/ kWh
2008		46,75		44,48		43,99		43,99		35,49
2009	% 8	43,01	% 8	40,91	% 10	39,58	% 25	33,00	% 10	31,94
2010	% 8	39,57	% 8	37,64	% 10	35,62	% 10	29,70	% 10	28,75
2011	% 9	36,01	% 9	34,25	% 9	32,42	% 9	27,03	% 9	26,16
Garantili tarifeler 20 yıl için sabittir.										

Almanya'da 20 yıl süreli sabit fiyatlı kontratlar yapılmaktadır. Gelecek yıllardaki kontratlar daha düşük fiyatlardan yapılacak, ancak azalma miktarı pazarın her yıl belli bir referans değerinden az veya çok büyümesine göre ayarlanacaktır. İndirim oranlarındaki bu ayarlama aşağıda Tablo 4.7.'de açıklanmıştır.



Tablo 4.7. Almanya'da garantili tarifelerdeki indirim oranının kapasite artışına göre ayarlanması

İndirim	2009 pazarı (MWp)	2010 pazarı (MWp)	2011 pazarı (MWp)
% +1	>1500	>1700	>1900
% -1	<1000	<1100	<1200

Fotovoltaik pazarın büyümesi (yeni kuruluşlar) bir yıl için belirlenen büyüme kotasından daha fazla veya az olursa, bir sonraki yılda indirim sırayla bir yüzdelik puan artacak veya azalacaktır.

1991 yılı ile 2003 yılları arasındaki bileşen ve üretim proseslerindeki teknolojik gelişmelerin sonucu güneş enerjisi sistemlerinin maliyeti yaklaşık % 60 düşmüştür. Daha sonraki yıllarda silikon temin etme sıkıntısından dolayı artan fiyatların tekrar düşmekte olduğu görülmektedir. Fotovoltaik sistem maliyetlerindeki azalma, garantili tarifelerdeki kademeli indirimin de en büyük nedenlerinden biridir.

4.2.1.2. İspanya

İspanya'da güneş enerjisi kullanımı, 1990 yıllardan itibaren desteklenmiş teknolojinin gelişimi ve verilen destekler sayesinde, 2005 yılından sonra hız kazanmıştır. RD 316/2004 sayılı kararname ile yenilenebilir enerjiden üretilen enerjiye destek verilmiştir. RD 661/2007 sayılı kararname ile her yıl yenilenmek kaydıyla (enflasyona bağlı) tarife desteği sağlanmıştır.

Güneş ısı santrallerine destek için RD 661/2007 sayılı kararname ile ilk 25 yıl için 26,9375 €/kWh, 25 yıldan sonrası için 21,549 €/kWh tarife verilmiştir. Tarife desteği dışında havuz fiyatlarında da güneş için taban ve tavan değerleri belirlenerek sübvansede edilmektedir. İspanya toplam olarak kWh başına 39 ABD senti tarife ile termal güneş santrallerinin kurulmasını destekleyen bir ülkedir.

RD 1578/2008 sayılı Kanun ile fotovoltaik santraller için Eylül 2008 sonrası geçerli tarife durumu aşağıda Tablo 4.8.'de olduğu gibidir:

Tablo 4.8. İspanya'da fotovoltaik santrallara uygulanan garantili tarifeler

		Azami santral kurulu gücü	2009 tarifiyesi (€/kWh)	2009 tavanı (MW)	2010 tavanı (MW)	2011 tavanı (MW)
Garantili tarifeler	Çatı üstü	≤ 20 kWp	34	27	30	33
		≤ 2 MWp	32	240	265	292
	Yere konumlu	≤ 10 MWp	32	233	207	162
	Toplam tavan			500	502	488

Garantili tarife ödeme süresi sabit 25 yıldır. Tarifeler ve tavanlar üç aylık süreler için bir önceki üç aydaki talebe göre ayarlanır.

2009–2011 yılları için geçerli olan bu tarife bu yıllar içinde her yıl yaklaşık 500 MW olmak üzere kurulacak ilk 1500 MW civarındaki santral için geçerlidir. Tarife 2012'de revize edilecektir.



Yukarıda bahsedilen kararnameyle Güneş Isıl santralleri için 2007 sonrası geçerli tarife 26,9 €/kWh olarak belirlenmiştir. 50 MW'a kadar olan santraller için geçerli olan bu tarife 25 yıllık alım garantisi vermektedir. İnşa edilecek ilk 500 MW için geçerli olacak olan bu fiyat her yıl (enflasyon – 1) yüzde oranında artacaktır.

4.2.1.3. İtalya

19 Şubat 2007 tarihli kararname ile belirlenmiş garantili tarifeler aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.9. İtalya'da fotovoltaik santraller için garantili tarife uygulaması

	Kurulu Güç (kWp)	Binaya entegre (€/kWh)	Çatı üstü (€/kWh)	Yere konumlu (€/kWh)
Garantili tarife (2008)	$1 \leq P \leq 3$	49	44	40
	$3 < P \leq 20$	46	42	38
	$P > 20$	44	40	36

Kabul edilebilir azami kurulu güç 1200 MWp'dir. Bazı durumlarda % 5'e eşit bir ek prim uygulanmaktadır. 2009'dan başlamak üzere sonraki yıllarda 2008 tarifeleri her yıl % 2 azalacak. Garantili tarife ödemesi 20 yıl için sabit olacaktır.

Bu tablodaki fiyatlar en geç 31 Aralık 2008'de devreye giren sistemler için geçerli olup 20 yıl süre ile sabit kalacaktır. 2009 ve 2010 yıllarında devreye girecek sistemler için bu fiyatlar 2008'den sonraki her yıl için % 2 azaltılarak uygulanacak ve yine 20 yıl sabit olacaktır. Kararnameye göre 2010 sonrası için koşullara göre 2011'den başlayarak her iki yılda bir kararnameyle yeni bir tarife belirlenecek, eğer yeni bir kararname belirlenmezse 2010 tarifeleri geçerli olacaktır. ^[11]

4.2.1.4. Fransa

Fransa'da fotovoltaik santraller için geçerli tarife durumu aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.10. Fransa'da fotovoltaik santrallara uygulanan garantili tarifeler

		Fransa Anakarası (€/kWh)	Denizafırı İller ve Topraklar + Korsika (€/kWh)
Garantili tarife (2008)	Çatı üstü ve yere konumlu	31,2	41,6
	Binaya entegre	57,2	57,2
Garantili tarife (2009)	Çatı üstü ve yere konumlu	32,8	43,7
	Binaya entegre	60,2	60,2

Garantili tarifeler 20 yıl için sabittir. Tarife her yıl enflasyona göre düzenlenecektir.

20 yıllık kontrat için geçerli bu fiyatlar enflasyona endekslidir. Ayrıca vergi kredileri şeklinde ek yatırım teşvikleri de vardır.

Fransa da 2005 yılında % 40 gelir vergisi indirimi ve düşük alım garantisi fiyatı (2005'de 14,13 €/kWh) yatırımcıları memnun etmemiştir. Büyüme Fransız denizafırı bölümlerinden gelmiştir. Sonuç olarak 2005 yılında 6,7 MWp'lik kurulu güç artışı ile toplam ka-



pasite 33 MWp'e yükselmişti. Bu gelişmeden sonra gelir vergisi indirimi % 50'ye çıkarılmış, yeniden hesaplanan alım fiyatı da özel kişiler için 22,5 €/c/kWh, profesyoneller için 30,5 €/c/kWh olarak artırılmıştır. Fransa'nın hedefi, uzun dönem yatırım planlarında 2010 yılı için 120 MWp'dir. (85 MWp Fransız denizaşırı birimleri için).^[12]

4.2.1.5. Yunanistan

Yunanistan parlamentosu tarafından 2006 ortalarında oylanıp kabul edilen yasa değiştirilerek fotovoltaik santraller için garantili tarife rejimini de içeren yeni bir düzenleme 15 Ocak 2009 tarihinde kabul edilmiştir.^{[13], [14]}

Gelecek iki yıl için garantili tarifeler gelişmeden kalacaktır. Ağustos 2010 itibarıyla garantili tarifelerde bir azalma söz konusu olacaktır. Ancak yatırımcılar bu tarihten önce bir sistem bağlantı anlaşması yaparak garantili tarifeyi sabitleyebilir ve tesisin kurulumunu bitirmek için bir 18 ay daha kazanabilirler. Bu da pratikte garantili tarifenin 2012 başlarına kadar gelişmeden kalacağı anlamına gelmektedir

Yeni fotovoltaik kanunu sırada bekleyen projeler için bir son başvuru tarihi belirlemiştir. Halen dosyalanmış olan başvurular (3 GWp'den fazla) 2009 sonuna kadar değerlendirilip kabul veya reddedilecektir. Yeni düzenlemeler ile kabul edilebilecek başvuru miktarına dair önceki kararlarla belirlenen 800 MWp üst limiti de kaldırılmıştır. Yeni başvuracaklar için sürecin nasıl çalışacağı bilinmemekte olup halen yeni başvuru kabul edilmemektedir. Ancak durum belli olana kadar yeni başvuracaklar lisans sahibi bir şirketi satın alma seçeneğine sahiptir.

Önceden var olan % 40 hibe sistemlerin çoğu, yeni garantili tarife ek olarak geçerliliğini koruyacaktır (Hibeye hak kazanmak için gereken asgari yatırım tutarı = 100.000 €).

Çatı üstü fotovoltaik sistemler için ek 750 MWp gücü hedefleyen ayrı bir program 2009 yılı içinde duyurulacaktır (Bu hedef için nasıl bir zaman çizelgesi olacağı hala bilinmemektedir). Çatı üstü sistemler 20 yıl için daha yüksek bir tarife tabi olacak, ancak hibe alamayacaktır.

Yeni kanun 10 MWp'den büyük fotovoltaik sistemler için bir ihale süreci belirlemiştir. Bunun nasıl işleyeceğine dair ayrıntılar daha sonra kesinleştirilecektir.

Yeni garantili tarifeler aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.11. Yunanistan'da fotovoltaik santraller için garantili tarifeler

Yıl	Ay	Garantili Tarifeler (€/MWh)			
		Anakara Şebekesi		Otonom Ada Şebekeleri	
		>100 kWp	≤100 kWp	>100 KWp	≤100 KWp
2009	Şubat	400,00	450,00	450,00	500,00
2009	Ağustos	400,00	450,00	450,00	500,00
2010	Şubat	400,00	450,00	450,00	500,00



2010	Ağustos	392,04	441,05	441,05	490,05
2011	Şubat	372,83	419,43	419,43	466,03
2011	Ağustos	351,01	394,88	394,88	438,76
2012	Şubat	333,81	375,53	375,53	417,26
2012	Ağustos	314,27	353,56	353,56	392,84
2013	Şubat	298,38	336,23	336,23	373,59
2013	Ağustos	281,38	316,55	316,55	351,72
2014	Şubat	268,94	302,56	302,56	336,18
2014	Ağustos	260,97	293,59	293,59	326,22
2015'ten itibaren 'n' yılı		$1.3 \cdot SMM_{n-1}$	$1.4 \cdot SMM_{n-1}$	$1.4 \cdot SMM_{n-1}$	$1.5 \cdot SMM_{n-1}$
SMM = Sistem Marjinal Maliyeti					

Tarifeler 20 yıl garantilidir. Fiyatlar yıllık olarak enflasyona göre ayarlanacaktır. (Bir önceki yılın Tüketici Fiyat Endeksinin % 25'i kadar).

4.2.1.6. Avusturya

Avusturya'da rüzgara kWh başına 7,8 Euro cent teşvik verilirken güneşe 60 Euro cent'e kadar teşvik verilmektedir. Avusturya'da 20 Aralık 2002 ve FLG II 508/2002 sayılı kararla yeni fotovoltaik santraller (Yeni santraller 1 Ocak 2003 ile 31 Aralık 2004 arasında onaylanan ve en geç 30 Haziran 2006 "küçük hidroelektrik santralleri için 31 Aralık 2005" tarihinde hizmete giren tesislerdir) için garantili tarife 20 kWp'e kadar olan sistemlerde 60 €/c/kWh, 20 kWp'in üzerindeki sistemler de ise 47 €/c/kWh olarak belirlenmiştir. Bu tarife toplam 15 MW yurtiçi kapasiteye kadar geçerlidir.

4.2.1.7. Bulgaristan

Fotovoltaik santraller için 30 Mart 2009 itibarıyla geçerli tarife durumu: ^[15]

Tablo 4.12. Bulgaristan'da fotovoltaik santraller için garantili tarife durumu

Sistem Büyüklüğü (kWp)	Garantili Tarife (Leva/MWh)	Garantili Tarife (Yaklaşık Euro Değeri) (€/c/kWh)
≤ 5	823	42,1
> 5	755	38,6

Ödemeler 25 yıllık kontratlara bağlı olarak yapılacaktır. Fiyatlar bir önceki yılın fiyatının % 95'in den daha az olmamak kaydıyla ayarlamaya tabidir.



4.2.1.8. Çek Cumhuriyeti

Çek Cumhuriyeti'ndeki garantili tarife uygulaması şu şekildedir:

Tablo 4.13. Çek Cumhuriyeti'nde fotovoltaik santraller için uygulanan garantili tarifeler

Garantili Tarife	13,460 CZK/MWh
(2008)	(51,2 €/kWh)
Yeşil pri m	12,650 CZK/MWh
(2008)	(48,1 €/kWh)
Garantili tarifeler 20 yıl için sabittir. Yatırımcı standart bir garantili tarife ile piyasa fiyatına eklenen bir yeşil prim arasında seçim yapabilir.	

4.2.1.9. Portekiz

Portekiz'de uygulanan garantili tarifeler aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.14. Portekiz'de fotovoltaik santrallara uygulanan garantili tarifeler

Azami santral kurulu gücü	≤ 3,68 kWp
Garantili tarife (2008)	65 €/kWh
Tavan	12 MWp
Ödeme bağlantısının yapıldığı yıldan sonraki 5 yıl için sabittir. Bu dönemden sonra, 10 yıllık bir dönemde tarife her 10 MWp için % 5 azaltılacaktır.	

4.2.1.10. Avustralya

Avustralya da Fotovoltaik Destek Programı (PVRP) evelere ve kamu organizasyonlarına çatılarına PV güç sistemleri kurması için fon vermektedir. Destek programında 8000 \$ a kadar Watt başına 4 AUS\$ dan 8 AUS\$ a kadar destek sağlanmaktadır. 2 kilowatt'a kadar olan güçler için kamu organizasyonları yatırımın % 50 sini destek olarak alabilmektedirler.

Avustralya da Mayıs 2005 de bitmesi planlanan program Haziran 2007 ye uzatılmış ve ilave 11,4 milyon AUS\$ kaynak aktarılmıştır. Bu program daha sonra 2012 ye kadar uzatılmıştır.

4.2.1.11. Hindistan

Ocak 2008 yılında Hint Hükümeti güneş güç santralleri için sübvansiyon yapma kararı almıştır. Sübvansiyon, şebekeye bağlanacak PV sistemleri için kWh başına 12 rupi (USD 0,30) ısı güneş sistemleri için ise kWh başına 10 rupi'lik bir miktarı içermektedir. Bu teşvikler 10 sene için geçerli olacaktır.

Garantili tarifeler dışında çeşitli teşvik ve yardımlar da mevcuttur. Örneğin Avrupa Birliği dahilinde güneş enerjisi dahil yenilenebilir enerji kaynaklı projelere araştırma, geliştirme, yenilik yardımları ve ayrıca çevre koruma yardımları verilmektedir.

4.2.2. Karbondioksit Emisyon İndirimi Kredileri

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla Birleşmiş Milletler öncülüğünde oluşturulan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 9 Mayıs 1992'de imzaya açılmış ve 21 Mart 1994'de yürürlüğe girmiştir. Buna ek olarak 11 Aralık 1997'de karbondioksit emisyonları konusunda bağlayıcı hükümleri olan Kyoto Protokolü imzaya açılmış, 16 Şubat 2005'te de yürürlüğe girmiştir. Türkiye Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne 24 Şubat 2004'de taraf olmuştur. Bilahare, "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolü"ne katılmamız, Bakanlar Kurulu'nca 7 Mayıs 2009 tarihinde kararlaştırılmıştır. Bu karar, 27227 sayı ve 13 Mayıs 2009 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ancak prosedürler gereği Türkiye'nin 2012 sonuna kadar herhangi bir yükümlülüğü bulunmamaktadır. Türkiye protokolü kabul etmekle 2012'den sonra geçerli olacak Kyoto Protokolü sonrası rejimin hazırlanmasında söz sahibi olmuştur. Kyoto sonrası rejim için görüşmeler sürmekte olup, konunun 2009 Aralık ayında Danimarka'nın başkenti Kopenhag'da yapılacak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda bir sonuca bağlanması beklenmektedir.

Kyoto Protokolü'nün getirdiği yükümlülük ve mekanizmalar karbondioksit emisyon indirimlerinin alınıp satılabilen bir "kredi" olarak serbest piyasada işlem görmesi sonucunu doğurmuştur. Bu piyasalar temel olarak "Zorunlu Piyasalar" ve "Gönüllü Piyasalar" olmak üzere ikiye ayrılır. Bir yükümlülük altına giren ülkelerin katıldığı piyasalar "Zorunlu Piyasalar", herhangi bir yükümlülük altında olmamasına rağmen gönüllü olarak karbon dioksit emisyon indirimi sağlayan ülkelerin katıldığı piyasalara da "Gönüllü Piyasalar" adı verilmektedir. Kyoto Protokolü; yükümlülük altına giren ülkelere sera gazı emisyon sınırlandırmalarını karşılama için başka yerlerden sera gazı emisyon indirimi kredilerini satın almak, yükümlülük altında olan veya olmayan diğer ülkelere projeler geliştirmek, finansal takas ve elinde fazla kredi olan ülkelerin diğer ülkelere kredi satması gibi çeşitli kolaylıklar sağlamıştır. "Esneklik Mekanizmaları" olarak anılan bu kolaylıklar, Emisyon Ticareti (Emissions Trading), Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism) ve Ortak Uygulama (Joint Implementation) olarak sıralanabilir.

Rüzgar ve güneş gibi sıfır emisyon üreten yenilenebilir enerji kaynakları veya ortalamanın çok altında emisyonu neden olan diğer enerji kaynakları karbon kredisi ticaretinde ön plana geçmiştir. Çok farklı isimler altında çeşitli krediler olmasına rağmen bunların temel birimi [ton CO₂-eq] (karbondioksit eşdeğeri ton) olarak kabul edilmektedir. Karbondioksit gazı referans alınmakta ve küresel ısınma potansiyeli 1 olarak kabul edilmekte, diğer sera gazlarının küresel ısınma potansiyeli buna göre değerlendirilmektedir (örneğin metan gazı için 21). Santraller söz konusu olduğunda bir sistemin sağladığı karbondioksit emisyon indirimi üretilen elektrik enerjisinin belli bir katsayı (emisyon faktörü) ile çarpılmasıyla bulunmaktadır. Sonuçta sistemin karbondioksit emisyon indirimi ton cinsinden bulunmakta, her ton da bir kredi olarak alınıp satılmaktadır. Emisyon faktörü genel olarak [(ton CO₂-eşdeğer)/GWh] birimiyle ifade edilmektedir. Bu emisyon faktörünün değeri yere, zamana, ve hesaplama yöntemine bağlı olarak değişmekle birlikte dünya ortalaması 600 ton/GWh^[8], Türkiye ortalaması da 650 ton/GWh^[38] civarındadır. Bu, Türkiye için sıfır emisyon üreten bir rüzgar veya güneş enerjisi santralinden üretilecek her 1 GWh elektrik enerjisi için 650 ton karbondioksit emisyon indirimi sağlanacağı, yani 650 karbon kredisi üretileceği anlamına gelmektedir. Türkiye'nin halen dahil olduğu (2012'ye kadar) gönüllü piyasalarda üretilen karbon kredileri VER (Verified Emission Reduction = Doğrulanmış Emisyon İndirimi) olarak adlandırılmaktadır. Gönüllü piyasalar belirli kurallara bağlı olmadığından VER



kredileri için kesin bir fiyat vermek zordur ve genelde fiyatlandırma proje bazında değerlendirme yoluyla yapılmaktadır. Çoğunlukla projenin kalitesi ve karşıladığı standart fiyatlandırmada önem kazanmaktadır. Gönüllü piyasalarda VCS, VER+ gibi pek çok standart kullanılmakla birlikte en sıkı kurallı ve kaliteli, dolayısıyla da en çok gelir getireni, son zamanlarda Türkiye’de rüzgar enerjisi projelerinde sıklıkla kullanılan Gold Standard’dır. Gold Standard özellikle rüzgar ve güneş enerjisi projeleri için çok uygundur ve bu tür projelerin Gold Standard almasında herhangi bir zorluk bulunmamaktadır. Gold Standard’ı karşılayan VER kredileri için kesin bir fiyat vermek zor olsa da 2008 yılındaki küresel ekonomik krizden önce ortalama 10 – 11 Euro gibi fiyatların geçerli olduğu söylenebilir. Krizden önce Türkiye’deki bazı rüzgar enerjisi projelerinden üretilen kredilerin 11 Euro’dan satıldığı bilinmektedir. Bu raporun yayına hazırlandığı Mayıs 2009 ayında bu fiyatın ortalama 7 – 8 Euro civarında olduğu söylenebilir.

Örnek vermek gerekirse 10 MWp gücünde ve yılda 17 milyon kWh enerji üreten bir fotovoltaik santralımız olduğunu varsayalım. Bu santral yılda kabaca 17 GWh x 650 ton/GWh = 11.050 ton karbon kredisi üretecektir. Bu kredilerin 8 Euro’dan satıldığı düşünülürse yılda brüt olarak 88.400 Euro karbon geliri elde edilecektir. Masraflar ve danışmanlık ücretleri gibi çeşitli harcamalar çok değişken olmakla birlikte bu harcamalar çıktıktan sonra kabaca yılda 70.000 Euro net karbon geliri elde edilebilir. Yapılan bazı hesaplamalara göre bu karbon geliri böyle bir santralin yıllık bakım ve işletim masraflarını karşılayabilmektedir.

Ancak Türkiye’de uygulamaya geçebilecek güneş enerjisi projelerinin çoğunun 2012 yılından sonra devreye alınabileceği ve 2012 sonrası hem Türkiye’de hem de dünyada Kyoto Protokolü sonrası dönemde karbon ticaretinin durumunun belirsiz olduğu unutulmamalıdır. Genel olarak beklentiler iklim değişikliğinin artan önemine bağlı olarak karbon ticaretinin de Kyoto sonrası düzende öneminin artarak süreceği, fiyatların da buna paralel olarak artma eğiliminde olacağı yönündedir. Sonuç olarak, karbon kredilerinin güneş enerjisi santralleri için önemli bir teşvik unsuru olma özelliğinin artarak devam edeceği söylenebilir.



4.3. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. WEO 2007 (World Energy Outlook 2007), International Energy Agency (IEA)
2. <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/42919.pdf>
3. [http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/0383\(2009\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/0383(2009).pdf)
4. Elektrik Piyasasında Yeşil Sertifika Uygulamasının Düzenleme Kurumları Açısından İncelenmesi Erol Ünal, Mustafa Gözen
5. www.ceer.org, CEER – Current Experience with Renewable Energy Support Schemes in Europe
6. EREC (European Renewable Energy Council) (www.erec.org)
7. http://www.worldfuturecouncil.org/fileadmin/user_upload/Maja/Feed-in_Tariffs_WFC.pdf
8. Solar Generation V – 2008, Solar electricity for over one billion people, and two million jobs by 2020, EPIA, 2008
9. EurObserv'ER 2009 – Photovoltaic Barometer – EurObserv'ER – March 2009 <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro190.pdf>
9. http://www.solarserver.de/solarmagazin/eeg_04.pdf
10. http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/EEG2009_Zusammenfass.pdf
11. http://www.neocoop.eu/Pictures/conto_energia_2007_en.pdf
12. <http://www.photovoltaique.info/Le-tarif-d-achat.html>
13. http://www.helapco.gr/library/19-01-09/New_PV_Law_Greece_19Jan09.pdf
14. http://www.helapco.gr/library/LAW_3468_2006__RES.pdf
15. http://www.dker.bg/resolutions/res_c04_09.pdf
16. FEDARENE
17. Energies-Cités
18. European Energy Forum
19. European Forum for Renewable Energy Sources (EUFORES)
20. The European Network for Energy Economics Research (ENER)
21. Global Wind Energy Council (GWEC)
22. International Scientific Council for Island Development (INSULA)
23. International Solar Energy Society (ISES)
24. REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (<http://www.ren21.net/>)
25. Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP)
26. United Nations Development Programme
27. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation
28. United Nations Environment Programme
29. United Nations Framework Convention on Climate Change
30. CAN - Climate Action Network
31. WWF - Worldwide Fund for Nature
32. Greenpeace - Greenpeace International



33. ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation)
34. www.feed-in-cooperation.org
35. www.worldfuturecouncil.org
36. United Nations Framework Convention on Climate Change (<http://unfccc.int/2860.php>)
37. The Gold Standard - www.cdmgoldstandard.org
38. The Gold Standard Registry Public Reports – VER Projects (<http://goldstandard.apx.com/report.asp?r=111>)
39. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change - <http://www.ipcc.ch/>
40. Carbon Positive - <http://www.carbonpositive.net/>
41. Point Carbon - <http://www.pointcarbon.com/>
42. Carbon Finance Report - <http://carbonfinancereport.com/>
43. <http://www.dsireusa.org/> ABD teşvik
44. <http://store.altestore.com/Meters-Communications-Site-Analysis/Solar-Site-Analysis-Tools/Wiley-Electronics-ACME-Solar-Site-Evaluation-Tool-ASSET/p7063/>

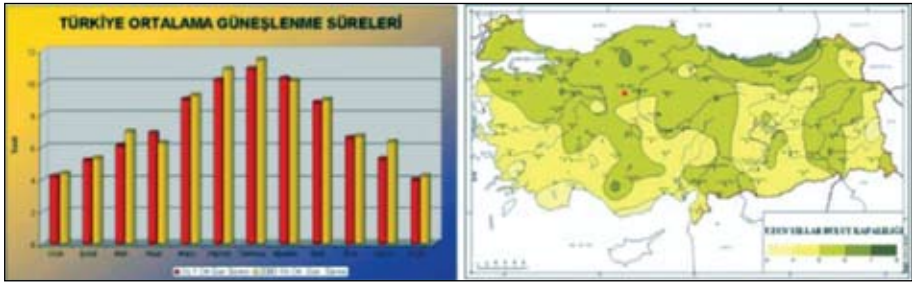
TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU



5. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ, YAPILAN ÇALIŞMALAR VE GELİŞMELER

5.1. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ ^{[1]. [2].}

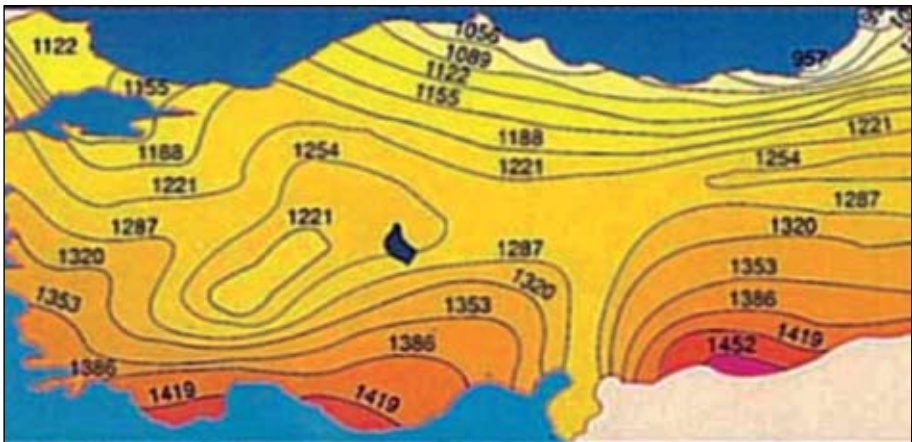
Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınlam şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye ortalama güneşlenme süresinin günlük toplam 7,2 saat, ışınlam şiddetinin günlük toplam 3,6 kWh/m² olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.1. Türkiye Ortalama Güneşlenme Süreleri

Kaynak: <http://www.meteoroloji.gov.tr/2006/zirai/zirai-calismalar.aspx?subPg=e>

Ülkemiz 781.000 km² yüzey alanıyla, 36° - 42° kuzey enlemleri arasında güneşli bir kuşakta yer almakta ve güneş enerjisi potansiyeli bakımından coğrafi olarak son derece iyi bir konumda bulunmaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi resmi raporlarına göre Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2.640 saat ve yıllık yatay güneş ışınlam şiddetinin 1.311 kWh/m²'dir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. - Türkiye'nin güneş haritası (kWh/(m².yıl))

(Fotoğraf: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü)



Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise aşağıdaki Tablo'da verilmiştir.

Tablo 5.1 - Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -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: EİE Genel Müdürlüğü

Yukarıdaki Tablo'dan Türkiye genelinde ve bölgeler bazında maksimum güneşlenme Temmuz ayında, minimum güneşlenme ise Aralık ayında olduğu görülmektedir.

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 da Tablo 5.2'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 **tablodaki değerlerden % 20-25 daha fazla olması beklenmektedir.**

EİE'nin ölçü yaptığı 8 istasyondan alınan yeni ölçümler ve DMİ verileri yardımı ile 57 ile ait güneş enerjisi ve güneşlenme süreleri değerleri hesaplanarak bir kitapçık halinde basılmıştır.



Tablo 5.2 - Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -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: EİE Genel Müdürlüğü

Bu veriler baz alınarak yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin Güneydoğu ve Akdeniz Bölgeleri içinde kalan ve yüzölçümünün % 17'sini kapsayan bölümünde güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca tam kapasite ile çalışabileceği sonucuna varılmıştır. Türkiye yüzölçümünün % 63' ünü kapsayan bölümde güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca çalışma oranı % 90 ve ülkenin % 94' ünü kapsayan bir bölümdeki çalışma oranı ise % 80'dir. Türkiye'nin hemen hemen her yerinde, güneşli su ısıtıcılarının yılın % 70'i kadar bir süre boyunca tam randımanla çalışabilecekleri sonucuna varılmıştır. Bu durum, güneşli su ısıtma dışındaki diğer termik uygulamalar için de hemen hemen aynıdır. Ancak, yalnız direkt radyasyonun etkili olduğu direkt dönüşümler ve konsantrasyonlu çalışmalar için, bulutluluk faktörü yüksek olan Doğu Karadeniz ve Çukurova gibi bazı bölgelerde yıl boyunca tam randımanla çalışma süresi düz toplayıcılara göre biraz daha düşüktür. ^[1]

Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin bölgelere göre dağılımı yönünden, her türlü güneş enerjisi uygulamalarına müsait bir ülke sayılabilir. Topoğrafyanın, yerleşim yerlerinin ve tarım vb alanların dağılımı ve ulaşım gibi kısıtlayıcı faktörlerin, bu alanın ancak % 1'inin kullanılmasına imkan sağlayacağı kabul edildiğinde, Türkiye için, güneş enerjisi gerçek kullanma alanı yaklaşık 7,8 milyon m² olmaktadır. ^[3]

5.2. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ^{[1], [2]}

Türkiye, güneş kuşağı içerisinde olup, yıllık güneşlenme süresi 2.640 saattir. Bölgelere göre bu değer 3.016 saat ile 1.966 saat arasında değişmektedir. Türkiye'de güneş ışınım şiddetinin yıllık ortalaması 3,7 kWh/m².gün ile 1,5 kWh/m².gün arasında değişir. Bölgelerin yıllık ortalaması ise 4,0 kWh/m².gün ile 2,9 kWh/m².gün sınırları arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi 975×10^{12} kWh kadardır. Bir başka anlatımla, güneş Türkiye için 376 TW (1 TW=10⁶ MW) güç kaynağı demektir. Bu değer kurulu elektrik santrallerimizin 7.880 katına eşdeğerdir.

Türkiye'nin üzerine gelen güneş enerjisinin bütününün enerji üretim amacıyla kullanılması söz konusu olamaz. Ancak genel enerji bilançosu için brüt güneş enerjisi potansiyeli, alınan güneş enerjisinin % 2,5'i kadar olup, 24×10^{15} kWh/yıl düzeylerindedir. Teknolojik kısıtlar altında teknik potansiyel ise 278 milyar kWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Teknik potansiyelin % 18'i kadar olan 50.000 GWh/yıl Türkiye'nin uzun dönemde elektrik üretiminde hedefleyebileceği güneş enerjisi teknik potansiyeli varsayılabilir. ^[2]



5.2.1. Güneş Kolektörleri ^[1]

Halen Ülkemizde güneş kolektörü, yıllık üretim miktarı yaklaşık 750 bin m²'dir ve bu üretimin bir kısmı da ihraç edilmektedir. Güneş enerjisinden ısı enerjisi yıllık üretimi yaklaşık 420 bin TEP civarındadır. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır.

Güneş kolektörlerinin ürettiği ısı enerjinin birincil enerji tüketimimize katkısı yıllara göre aşağıda yer almaktadır.

Tablo 5.3 - Yıllara Göre Güneş Enerjisi Üretimi

Yıl	Güneş Enerjisi Üretimi (bin TEP)
1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375
2007	420

5.2.2. Güneş Pilleri – Fotovoltaik Sistemler ^[1]

Güneş pilleri, ülkemizde çoğunluğu Orman Bakanlığı Orman Gözetleme Kuleleri, Türk Telekom, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ve bazı üniversitelerimizde küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle kayda değer güneş pili kurulu gücümüz bulunmamaktadır.

Ancak, Türkiye endüstride, ekonomide önemli alternatif kaynak avantajları sağlayacak olan güneş enerjisi teknolojilerinde, uzmanlar yetiştirmek ve kendini geliştirmek zorundadır. Küresel güneş enerjisi endüstrisi hızla gelişmekte ve geliştirilen yeni teknolojilerin Pazar payı giderek artmaktadır.

Avrupa Topluluğu bu teknolojinin önde giden kuruluş lideridir. Çünkü araştırma ve geliştirmede aktif rol almışlardır. Türkiye'nin bu ülkeleri izlemesi, teknolojiyi özümlemesi ve hızla güneş enerjisi uygulamalarını başlatması gerekmektedir. Çünkü ülkemiz ekonomisi itibarıyla Avrupa ülkelerine göre güneş enerjisi bakımından çok daha zengindir. Türkiye'nin ortalama 2.640 güneş-saat/yıl'ı birçok Avrupa ülkesinin ise 1.500 güneş-saat/yıl'ı (290 W/m²'ye 105 W/m²) vardır. ^[4]

Türkiye geneli ve il bazlı Güneş Enerjisi teknik potansiyelleri ile ilgili yönlendirici bilgiler http://www.eie.gov.tr/duyurular/YEK/gepa/GEPA_duyuru01.html adresinde verilmektedir.



5.3. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ KONUSUNDAKİ GELİŞMELER ^[5]

5.3.1. Araştırma Geliştirme ve Uygulamalar

Türkiye'deki güneş enerjisi sektörünün gelişimi aşağıdaki gibi özetlenebilir.;

1960

- Güneş enerjisinin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabileceği gündeme gelmiştir.

1970

- Güneş enerjisinin özellikle ısı amaçlı kullanımına öncelik verilmiştir.

1978

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nün kurulması (Enstitü, ülkemizde bu alanda kurulan ilk ve hala tek olan araştırma enstitüsüdür).

1980

- Güneş enerjisinin ısı amaçlı konutlarda kullanımı başlamıştır. Çeşitli araştırma laboratuvarlarında güneş enerjisi araştırmaları başlatılmıştır.

1980'li yılların ortaları

- Üniversitelerde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine yönelik küçük ölçekli pilot çalışmalar başlatılmıştır.
- EİE İdaresi Gn. Md.'lüğü Bünyesinde kurulan Enerji Kaynakları Etüt Dairesi güneş pilleri ile ilgili çalışmalara başlamıştır.

1988

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde fotovoltaik güç sistemi destekli su pompası sisteminin kurulması (Türkiye'de bu alandaki ilk uygulama olmuştur). Isıl uygulamalar için güneş kolektörlerinin endüstriyel kullanımı yaygınlaşmıştır.

1998

- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından, ülkemizdeki ilk şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemi, 4,8 kWp gücü ile Didim'de kurulmuştur.

1990'lı yılların sonları

- Telekomünikasyon sistemlerde kullanılmak için fotovoltaik güç üniteleri kurulmuştur. Bu alanda kurulan toplam güç 50 kWp olmuştur

2001

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, ülkemiz koşullarında güneş pillerinin üretimini sağlamak için üretim süreçlerini hayata geçirip basitleştirmek ve maliyeti düşürmek amacıyla organik boya duyarlı güneş pilleri üzerine üretim, araştırma ve geliştirme çalışmalarını başlatmıştır.
- Berke Barajı'ndaki bazı birimlerin devreye alma enerjisi için 14 kWp'lik fotovoltaik sistem kurulmuştur.



2002

- Bu tarihe kadarki en büyük şebekeye bağlı fotovoltaik santral 10,4 kWp güçle Muğla Üniversite'sinde kurulmuştur.

2004

- Muğla Üniversitesi toplam fotovoltaik kapasitesini 54 kWp'e çıkarmıştır.

2005

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü İzmir'de şebekeye bağlı 22,4 kWp gücünde santral kurmuştur.
- TÜBİTAK, Türkiye'deki üniversitelerde bu alanda ilgi oluşturmak amacıyla üniversitelerarası güneş enerjisi ile çalışan araba yarışını (Formula-G Güneş Arabaları Yarışı) başlatmıştır. TÜBİTAK, üniversite öğrencilerine güneş elektrik enerjisini tanıtmak amacıyla sonraki yıllarda da bu güneş arabası yarışlarını sürdürmüştür.

2006

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Türkiye'deki üniversitelerde bu alanda bir ilk olan ve birim hücrelerden güneş panelleri üretimine olanak sağlayan Fotovoltaik Modül Üretim Laboratuvarı'nı kurmuştur.
- Bir Türk firması (Akkanat Teknoloji A.Ş.) 5 MWp/yıl kapasite ile İstanbul'da fotovoltaik modül üretimine başlamıştır (Üretici halen üretimini durdurmuş bulunmaktadır).
- Fore Eneri tarafından Fethiye Hillside Tatil Köyü'ne 5,6 kWp gücünde fotovoltaik sistem kurulmuştur. Bu sistem sayesinde ters ozmoz yöntemiyle deniz suyundan günde 2 m³ temiz su elde edilebilmektedir.

2007

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü güneş pillerinden laminasyon tekniğiyle güneş modülleri üreterek fotovoltaik güç kapasitesini arttırmaktadır. (Şekil 5.3) Toplam fotovoltaik kapasite 24 kWp'e ulaşmıştır. Şebekeye bağlı fotovoltaik güç sistemleri yıl boyunca izlenip incelenmektedir (Şekil 5.4). Fotovoltaik sistemin 14 kWp'lik bir bölümü 2007 sonunda yeni bir ada hibrit fotovoltaik sistemi olarak tekrar düzenlenmiştir (Şekil 5.5).
- İlk Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel güç sistemi Girasolar Ltd. tarafından bir adaya kuruldu (Şekil 5.6). Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü de projeye katkıda bulundu. Proje şebeke bağlantısı olmayan bir adada (Fethiye-Kızılada) gerçekleştirildi. Adada bir restoran ihtiyacı olan enerjiyi bu sistemden sağlamaktadır. (17,5 kWp çok kristalli güneş modülleri, 15 kWp rüzgar türbini, 35 kVA dizel generatör, 48 V 3000 Ah akü kapasitesi)
- Mart 2007'de Enerji Bakanı Pamukkale Üniversitesi, Denizli'de "Temiz Enerji Evi"ni açmıştır. Ev hidrojen üretimi için de kullanılabilen toplam 5 kWp kurulu güce sahip bulunmaktadır.



- Marmaris ve Kuşadası'ndaki TESCO-KİPA süpermarketlerine 30 kWp gücünde şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler (toplamda 60 kWp fotovoltaik sistem) Enisolar Ltd. tarafından kurulmuştur. (Şekil 5.7). Bazı ilgi çekici küçük fotovoltaik uygulamalar 2007'de Enisolar Ltd. tarafından hayata geçirilmiştir. (Şekil 5.8).
- TÜBİTAK-MAM (Marmara Araştırma Merkezi) Gebze'de bir ada sistem olan yenilenebilir hidrojen gösteri parkının kurulumunu gerçekleştirmiş olup bu projede Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü TÜBİTAK-MAM ile birlikte çalışmıştır. Otonom sistemde fotovoltaik-rüzgar-yakıt hücresi hibrit parçaları bulunmaktadır. (Şekil 5.9).
- Türk Telekom telekomünikasyon sistemleri için 250 kWp gücünde bir fotovoltaik sistem kurmaya karar vermiş ve Aneltech Ltd. firması bu fotovoltaik sistemleri 2007'de kurmaya başlamıştır. GSM telekomünikasyon sistemleri için bazı küçük fotovoltaik sistemlerin kurulumu gerçekleştirilmiştir. (Şekil 5.10).
- Yerel idareler ve belediyeler, küçük ölçeklerde aydınlatma vb. uygulamalar için fotovoltaik güç sistemi uygulamalarını arttırmaya başlamıştır.
- Temiz Enerji Vakfı tarafından Ankara İli Elmadağ İlçesi Süleymanlı Köyü'nde güneş enerjili su pompalama sistemi devreye alınmıştır.

2008

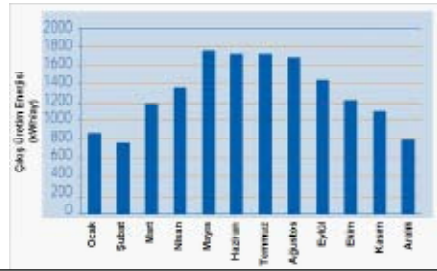
- Muğla Üniversitesi Rektörlük binasında Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten ilk binaya entegre fotovoltaik cephe kaplaması uygulaması gerçekleştirildi. 40 kWp gücündeki sistemle birlikte Muğla Üniversitesi toplam 94 kWp şebeke bağlantılı güçle Türkiye'nin en büyük fotovoltaik parkı durumuna geldi.
- Aneltech firması tarafından yıl içinde Türk Telekom için 22 ayrı şehirde toplam 310 kWp fotovoltaik sistem kurulumu gerçekleştirildi. Yine aynı firma tarafından Unilever, Areva, Turkcell, Yozgat Çimento gibi şirketlere fotovoltaik sistemler kuruldu. Bunlardan bir örnek olmak üzere Çeşme Yarımadası'nda bir GSM baz istasyonu için Çeşme Özpamir Sitesi'ne 6,4 kWp fotovoltaik ve 2 kW rüzgar olmak üzere toplam 8,4 kWp gücünde bir hibrit sistem kurulmuştur.
- Fore Enerji tarafından Adapazarı'ndaki Toyota Türkiye Sakarya Fabrikası'na 14 kWp şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem kurulmuştur..
- Zorlu Grubu'na bağlı Hitit Solar Enerji şirketi tarafından grubun Manisa'daki tesislerinde parabolik oluk tipi bir güneş ısı sistemi başarıyla test edilmiştir. Şirket bu uygulamaya dayalı projeler geliştirmek için çalışmalara başlamıştır.
- Diyarbakır Belediyesi'ne bağlı Diyarbakır Güneş Evi toplam 3,88 kWp fotovoltaik kurulu güçle açılmıştır.
- Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde 960 Wp gücündeki fotovoltaik sistemle çalışan damla sulama sistemi Temiz Enerji Vakfı ve Ekosolar şirketi tarafından hizmete açılmıştır.
- Mersin'in Emirler köyünde 720 Wp gücünde bir fotovoltaik sistemle çalışan sulama sistemi Öztunç Mühendislik tarafından devreye alınmıştır.

2009

- Tunçmatik firması tarafından Güneş Sigorta'nın İstanbul - Esentepe'de bulunan Genel Müdürlük binasına 10 kWp gücünde fotovoltaik sistem kuruldu.
- Aneltech firması fotovoltaik üretim tesisi kurma çalışmalarına başladı. 2009 yılı içinde 13,5 MWp/yıl kapasiteli bir modül üretim tesisinin açılması planlanıyor. 2009 – 2010 yıllarında hücre geliştirme faaliyetlerine başlanması ve üretime geçilmesi, düşünülüyor. Ayrıca şirket 2009 yılı içinde EPDK'dan 10,5 MW'lık bir santral için üretim lisansı almayı planlıyor.
- Fransız ve Türk ortaklığında kurulan DataTSP A.Ş., İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi'nde (IAOSB) 12 milyon Euro'luk yatırımla fotovoltaik güneş panelleri üretme çalışmalarına başladı. 150 kişinin çalışmasını hedefleyen firma, tesisi eylül ayında faaliyete geçirerek, 10 bin metrekarelik fabrikada, ilk etapta yıllık 100 bin adet fotovoltaik güneş panelleri üretmeyi planlıyor. Uluslararası piyasada 20 yıldır faaliyet gösteren Fransa merkezli Datatechnic International firması ile yerli sermaye işbirliği sonucunda kurulan DataTSP, fotovoltaik güneş panelleri üretiminde, kullanılacak, çeşitli malzemeleri de Türk firmalarından tedarik etmeyi düşünüyor. TSP Solar Panel markası ile Türkiye'de fotovoltaik güneş panellerinin ilk entegrasyon üretiminin yapılması planlanıyor.
- Haziran 2009'da elektriğini güneş enerjisinden üreten Solar Kent Konutları Aydınlatma Grup tarafından İstanbul'da Açılmıştır.



Şekil 5.3 - Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 2007'de pillerden silisyum tabanlı fotovoltaik modül üretimi



Şekil 5.4 - İzmir'deki 11 kWp fotovoltaik güç sisteminin değerlendirilmesi



Şekil 5.5 - İzmir'de Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi fotovoltaik güç sistemi (14 kWp ada ve 10 kWp şebekeye bağlı sistem)



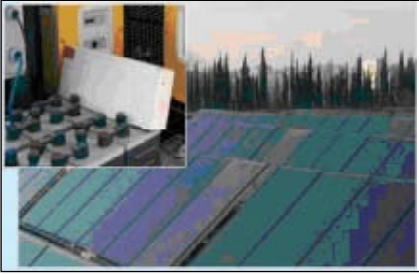
Şekil 5.6 - Girasolar Ltd. tarafından Fethiye-MUĞLA'da bir adaya inşa edilen Fotovoltaik-Rüzgar-Dizel generatör hibrit güç sistemi



Şekil 5.7 – Marmaris'te Enisolar Ltd. tarafından inşa edilen 30 kWp şebekeye bağlı sistem



Şekil 5.8 – Enisolar Ltd. tarafından İstanbul'da kurulan küçük bir Fotovoltaik-Rüzgar uygulaması



Şekil 5.9 – TÜBİTAK-MAM'ın Gebze'deki HYDEPARK Projesi. (12 kWp fotovoltaik modüller, 5 kWp rüzgar türbini, 2,4 kWp PEM tipi yakıt hücresi, 48 V 1500 Ah akü kapasitesi, invertörler, bir meteoroloji istasyonu, vs.)



Şekil 5.10 – ÖZMAK Ltd. tarafından Çeşme-İzmir'de telekomünikasyon sistemi için yapılmış bir hibrit fotovoltaik-rüzgar uygulaması

5.3.2. Sanayinin Durumu

Türkiye'deki fotovoltaik sektörü halen emekleme aşamasında olup çok az sayıda kişiye iş imkanı sağlamaktadır. Başlıca aktörler çeşitli firmalar ve bazı araştırma enstitüleridir. 2007 sonu itibarıyla Türkiye fotovoltaik sektörde iş yapan yaklaşık 30 şirket bulunmaktaydı. Bu şirketlerin ana iş tipleri ithalatçı, toptan tedarikçi, sistem toplayıcı ve perakende satıcı şeklindedir. Şirketler kurulum, mühendislik ve proje geliştirme sektörlerinde hizmet vermektedirler. Fotovoltaik modüller, akü şarj kontrol cihazları ve invertörler çoğunlukla ithal edilmektedir. Aküler, güneş aydınlatma sistemleri vs. yurtiçi piyasadan sağlanabilmektedir. Bazı yurtiçi ürünler ise (aküler, tavlınmış cam vs.) ihraç edilmektedir. Türkiye'de halen güneş pili üretim tesisi bulunmamaktadır.

5.3.3. Piyasa Gelişimi

Ülke olarak güneş radyasyonu ve güneş parkları için uygun geniş arazilere sahip bulunmaktayız. Türkiye'nin fotovoltaik piyasa potansiyeli çok büyüktür. Halen Türkiye, daha fazla fotovoltaik enerjinin üretimine ve artan enerjinin şebekeye satılmasına imkan veren ayrıntılı bir mevzuata sahip değildir. Sonuçta, çoğu fotovoltaik uygulamalar ada sistemler olarak kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin çeşitli uygulamalarını teşvik etmek ve piyasayı yatırımcıyı özendirerek hale getirmek için başta teşvik sistemleri olmak üzere bir bütünlük arz eden ve her kez tarafından anlaşılabilir olan bir mevzuat düzenlemesinin yapılmasına öncelikle gereksinim vardır. Avrupa Birliği ile uyumlaşma



sürecinde Avrupa standartlarının gereği yerine getirilmeli ve ülke enerji plan ve programlarına fotovoltaik güç sistemleri de dahil edilmelidir.

5.3.4. Geleceğin Görünümü

Türkiye'nin enerji politikası, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, yurtiçi enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, elektrik üretim ve tüketiminde verimliliğe özen gösterilmesi çevre dostu güç sistemlerinin oluşturulması, toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması şeklinde özetlenebilir. Kamuoyumuzun rüzgar enerjisine aşina olması ve son yıllarda onu yenilenebilir enerji teknolojisi olarak kabul etmesine rağmen diğer bir alternatif enerji kaynağı olarak güneşin elektrik potansiyeli hakkında yeterli bilgiye sahip değildir. Türk halkının çoğu güneş enerjisinin sadece su ısıtmada kullanılabilirliğini görmüştür. Fotovoltaik sistemlerin bireysel kullanılabilirliğinin kabul görmesini arttırmak için öncelikle fotovoltaik panellerin üretimi ve fotovoltaik güç sistemlerinin kullanımı düşük maliyetli sistemlerde teşvik edilmelidir. Ayrıca üniversitelerdeki araştırma geliştirme çalışmaları ve fotovoltaik alandaki enstitüler önemli ölçüde desteklenmelidir.

5.4. KURUMLAR TARAFINDAN YAPILAN ÇALIŞMALAR

5.4.1. Devlet Kurumları

DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü uzun yıllar boyunca yurt çapındaki gözlem istasyonlarında güneşlenme süresi ve ışıyım şiddeti verilerini derlemiştir. Bu verilerden 1966–1982 periyoduna ait olanlar Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılan güneş enerjisi potansiyeli belirleme çalışmasına kaynaklık etmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde bugün özellikle Araştırma Şube Müdürlüğü'ne bağlı Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Grubu Güneş Enerjisi Birimi'nde güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

Bu birimde Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi kapsamında güneşlenme süresi için sağlıklı bir veri seti oluşturulmakta ve oluşturulan veri seti üzerinde iklim değişikliklerinin belirlenmesine yönelik analizler yapılmakta, yapılan çalışmaların sonuçları ulusal ve uluslararası düzeyde yayınlanmaktadır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü yurt çapındaki ölçüm istasyonlarında elde ettiği güneşlenme süresi ve ışıyım şiddeti verilerini diğer verilerle birlikte Türkiye Meteoroloji Arşiv Sistemi TUMAŞ'ta bireysel ve kurumsal kullanıcıların hizmetine sunmuştur.

ELEKTRİK İŞLERİ ETÜT İDARESİ

EİE, Enerji Kaynakları Etüt Dairesi Başkanlığı, Güneş Enerjisi Şubesi, 1982 yılından bu yana güneş enerjisi konusunda araştırma, geliştirme, bilgilendirme ve demonstrasyon çalışmaları yürütmektedir. Çalışmaları arasında; teknoloji takibi, değerlendirilmesi, kaynak ve potansiyel belirlenmesi, kullanım alanlarının araştırılması yer almaktadır.

Güneş enerjisi verilerinin ölçülmesi konusunda Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü faaliyet göstermektedir. EİE de 1991 yılından bu yana kendi güneş enerjisi gözlem istasyonları kurmaktadır.



Güneş enerjisi ile ilgili standartlar hazırlanması konusunda Türk Standartları Enstitüsü;

— TS 3680 -Güneş Enerjisi Toplayıcıları-Düz

— TS 3817 - Güneş Enerjisi - Su Isıtma Sistemlerinin Yapım, Tesis ve İşletme Kuralları

konulu standartları hazırlamıştır. EİE bu standartların hazırlanmasında görev aldığı gibi, ısı performans testlerini de gerçekleştirmektedir.

Halen EİE Genel Müdürlüğü tarafından güneş enerjisine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda;

Isı pompası , güneş ocağı, güneş pili sistemlerinin yapısal ve işletim özelliklerinin araştırılması, güneş pili aydınlatma birimleri, güneş pili su pompaj sistemleri, güneş pilli trafik ikaz sistemi, güneşi takip eden sistem gibi konularda yürütülen araştırma geliştirme çalışmaları yanı sıra gösterim projeleri de gerçekleştirilmektedir.

Son yıllarda özellikle şebekeye bağlı güneş pili sistemlerinin uygulaması hızla yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda EİE Didim Güneş ve Rüzgar Araştırma Merkezi'ne 4,8 kWp gücünde şebekeye bağlı güneş pili sistemi kurulmuş ve 2 yıl işletilmiştir. Sistemin günlük ortalama enerji üretimi 20 kWh olmuştur. Ayrıca gösterim amacıyla EİE Enerji Kaynakları Parkı'nda 1,2 kWp gücünde şebekeye bağlı bir güneş pili sistemi tesis edilmiştir.

Ayrıca, EİE Yerleşkesinde inşa edilen ve enerjisini Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından sağlayan gösterim binasının çatısında 5,08 kWp gücünde Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sistemi kurulmuş ve işletilmektedir. Sistemin günlük enerji üretimi 16 kWh civarındadır.

Güneş enerjisi potansiyeli belirleme çalışmaları ve güneş gözlem istasyonlarının kurulması ve çalıştırılması da EİE tarafından yürütülmekte olan faaliyetler arasındadır.

TÜBİTAK

TÜBİTAK tarafından düzenlenen Üniversitelerarası Formula-G Güneş Arabası Yarışları ilk kez 30 Ağustos 2005 tarihinde İstanbul'da Formula-1 pistinde gerçekleştirilmiştir. Bu yarışlar her yıl tekrarlanmaktadır.

TÜBİTAK MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ ^[6]

1. Güneş Enerjisi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsünde NATO tarafından desteklenen (Thin film coatings for selective and protective surfaces) projesi 1998 yılında tamamlanmıştır. Proje kapsamında seçici yüzeyler ile ilgili optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Alüminyum üzerine siyah nikel, bakır üzerine siyah krom ve kalay oksit kaplamalar yapılmış ve Türk Patenti alınmıştır. Projedeki bilgi birikimi sanayiye aktarılmış ve FENTEK tarafından seçici yüzeyli kollektörler üretilerek başta Avrupa ülkeleri olmak üzere ihracat yapılmıştır. Proje kapsamında güneş kollektörleri test sistemi kurulmuştur.



NATO tarafından desteklenen ve 2003 yılı sonunda tamamlanan fotovoltaiik pil teknolojisi projesinin amacı Ukrayna'da geliştirilmiş bulunan silikon fotovoltaiik teknolojisini modifiye etmek, uygulama ve demonstrasyon faaliyetlerini yürütmektir. Bu projedeki çalışmalar temelde Ukrayna tarafından yürütülmüştür. Türkiye (MAM), projenin yürütülmesinden, Ukrayna'lı araştırmacılara eğitim verilmesinden, bazı verim ve yaşlandırma testleri yapılmasından sorumlu olmuştur. Projede uygulanacak bilimsel yöntemler; laboratuvar çalışması, modelleme, dayanıklılık, verim testleri ve saha uygulamaları şeklinde gerçekleşmiştir.

Güneş kolektörlerinin verimini artıran en önemli parametre yutucu yüzeye uygulanan kaplamanın özelliğidir. Yutucu yüzey kaplamalarının görevi güneş ışınımını mümkün olduğu kadar yutması ve ısıya dönüştürmesidir. Yutucu yüzey kaplaması olarak siyah mat boya ve seçici yüzey kaplamaları kullanılmaktadır.

Kısa adı TERMISOL (New low-emissivity and long lasting paints for cost effective solar collectors) olan Avrupa Birliği 6. çerçeve projesinin adı, yeni düşük yayıcılık ve uzun ömürlü boya kaplı düşük maliyetli güneş kolektörüdür. STREP (Specific Targeted Research Project) projesi Kasım 2006 yılında başlamış olup, 36 ay sürmüştür. Projede 6 farklı ülkeden (İspanya, İtalya, Mısır, Tunus, Fas ve Türkiye) 11 katılımcı kurum vardır. Projenin başarı ile tamamlanabilmesi için konularında uzman olan kurumlardan geniş katılım sağlanmıştır. Projeye 2 Avrupa Birliği üyesi (İspanya ve İtalya), 1 Avrupa Birliği aday üyesi (Türkiye) ve 3 Akdeniz ülkesi (Tunus, Fas ve Mısır) katılmıştır. ARGE çalışmaları CIDEMCO, UCA, ICTP, CITET, TÜBİTAK, IGSR ve CETEMCO tarafından, prototip ve üretim çalışmaları ise CAP-VALENTINE, OROPAL, SES, SILVASOL ve ISOTEST firmaları tarafından yapılmıştır.

Projenin amacı, güneş kolektörleri üzerine yüksek foto termal güneş enerjisi performansı olan seçici boyaları geliştirmektir. Bu boyaların geniş kullanım alanı bulabilmesi için kolay proseslerle uygulanması gerekmektedir. Ancak bu durumda sanayide mevcut ticari teknolojilerle rekabet sağlanmakta ve maliyet yönünden etkin olmaktadır.

Güneş ışınımını ısıya çeviren güneş aygıtları basit ve düşük fiyatlıdır. Bunların en önemli kritik kısmı yutucu yüzeyleridir. Isı çıkışını maksimuma ulaştırmak için spektral seçici yüzeyler kullanılması şarttır. Ancak bu tür yüzeyleri oluşturan malzemeler pahalı olup, üretimleri esnasında ağır metalleri ihtiva ettiklerinden dolayı çevre yönünden de sıkıntılara neden olmaktadır (siyah krom, siyah kobalt, siyah nikel ve son zamanlarda titanyum bileşikleri).

Pazara baktığımız zaman termal güneş enerjisini kullanmakta gelişim gösteren iki Avrupa ülkesini görmekteyiz. Bunlar Almanya ve Yunanistan'dır. Almanya'daki kurulu tesislerin % 50'si titanyum bileşikli seçici yüzeyleri üretmektedirler. % 25'i sputter kaplamalı ve diğer % 25'i ise galvanik siyah krom ve siyah boyalı bakır şeritlerdir. Titanyum bazlı bileşiklerin sadece bu ülkelerde değil, Avrupa'nın tamamında hızla artan kullanımı görülmektedir. Yunanistan'da ise sosyo ekonomik faktörlerden dolayı tesislerin % 50'si siyah boyalı bakır şeritler, % 35'i galvanik siyah krom ve nikel yutuculu ve % 15'i ise titanyum bazlı yutuculardır.

Projenin temel hedefi düşük maliyetli teknolojinin her yerde kullanılması ile ucuz ve boyalı kolektörlere göre çok daha fazla verimli seçici boyalı kolektörlerin prototiplerinin imal edilmesidir.



2-Güneş Kollektörü Test Sistemi ve Performans Testleri

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsünde güneş kolektörü test sistemi kurulmuş olup, TS EN 12975-2 Isıl Güneş Enerji Sistemleri ve Bileşenleri-Güneş Enerjisi Kollektörleri-Bölüm 2: Deney Metotları standardına uygun olarak testler yapılmaktadır. Şekil 5. 11’de test sisteminin fotoğrafı verilmektedir.



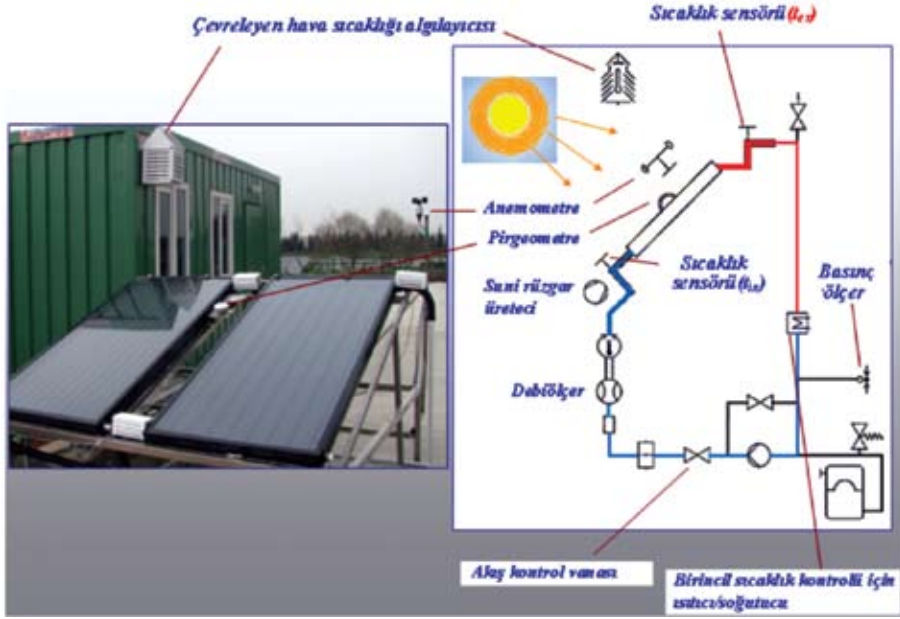
Şekil 5.11. Test düzeneği

2.1. Termal Performans Testleri

Yapılan performans testlerinde kullanılan test sisteminin şematik görüntüsü Şekil 5.12’de verilmektedir.

Yapılan testler sırasında;

Kollektör montaj çerçevesi kollektör açıklığını hiçbir şekilde engellememelidir. Kollektör alt kenarı bölgesel yer yüzeyinden en az 0,5 m yukarıda olacak şekilde monte edilmelidir.



Şekil 5.12. Kurulan test düzeneğinin şematik görüntüsü

Kollektör için eğim açısı değiştirici dik gelmedeki değerinden $\pm$ % 2'den daha fazla değişme olmayacak eğim açılarındaki deneye tabi tutulmalıdır.

Kollektör deney sırasında çevreleyen binalardan veya yüzeylerden üzerine yansıyan önemli bir güneş ışınması olmayacak ve görme alanında önemli bir engelleme olmayacak bir yere yerleştirilmelidir. Kollektör görme alanının % 5'ten daha fazla engellenmemeli ve özellikle binaların veya kolektörlerin ön tarafında yatayla yaklaşık olarak % 15'ten daha büyük bir açıya karşılık gelen büyük engellemelerin önlenmesi önemlidir.

Birçok kolektörün performansı hava hızlarına hassastır. Sonuçların duyarlılığını yükseltmek için, kolektörler, hava-kollektör açıklığı, arkası ve yanları üzerinden serbest olarak geçecek şekilde monte edilmelidir. Kollektör açıklığına paralel ortalama hava hızı belirtilen sınırlar arasında olmalıdır. Gerekli olduğunda, bu hava hızlarına ulaşmak için suni rüzgar üreteçleri kullanılmalıdır.

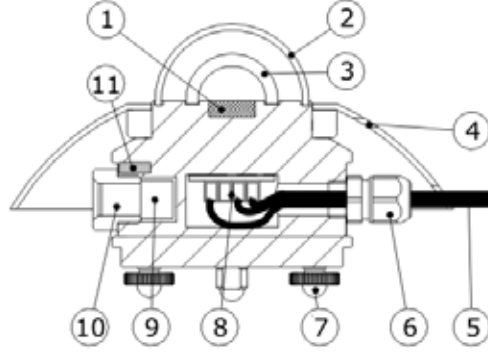
Test İçin Yapılan Ölçümler;

- Güneş ışınmasını ölçme.
- Sıcaklık ölçümleri.
- Çevreleyen hava sıcaklığını ölçme.
- Kollektör sıvı debisinin ölçülmesi.
- Hava hızını ölçme.



Güneş ışımasını ölçme;

Hem güneş ve hem de gökyüzünden gelen global kısa dalga ışımayı ölçmek için piranometre kullanılmaktadır. Her bir deneyden önce piranometre dış kubbesinin üzeri toz, toprak vb. için kontrol edilmektedir ve temizlenmektedir.

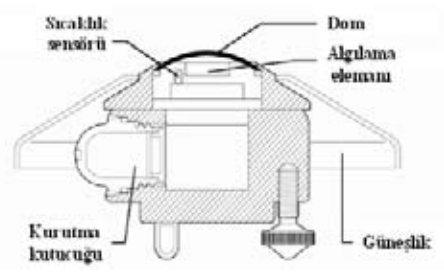


Şekil 5.13 . Piranometre

1) Termopil sensör, 2) Dom, 3) Cam dom 4) Işıma yüzeyi 5) Sinyal kablosu 6) Salmastıra bileziği 7) Seviye ayarlama ayağı 8) Devre kutusu 9) Kurutucu madde 11) Seviye ayarı

Piranometre tipik bir deney konumuna yerleştirilmektedir ve dengeye gelmesi için veri almaya başlamadan önce en az 30 dk beklenmektedir. Aynı şekilde kollektör tarafından doğrudan, dağınık ve yansıyan güneş ışımasıyla alınanla aynı seviyelerde ışıma alacak şekilde monte edilmektedir.

Kollektör açıklığındaki ısı ışınlanma yoğunluğunu tayin etmek için, kollektör açıklığı düzlemine pirgeometre monte edilmektedir.



Şekil 5.14. Pirgeometre

Sıcaklık ölçümleri;

Güneş enerjisi kolektörünü deneye tabi tutmak için üç sıcaklık değeri ölçülmektedir. Bunlar;

- Kollektör girişinde akışkan sıcaklığı.
- Kollektör çıkışında akışkan sıcaklığı.
- Ortam hava sıcaklığı.

Sıcaklık ölçme için algılayıcı kollektör girişinden ve çıkışından en fazla 200 mm uzağa monte edilmeli ve algılayıcının giriş ve çıkış tarafındaki boru tesisatı yalıtılmalıdır. Şekilde proje kapsamında kurulmuş olan test düzeneğinde sıcaklık algılayıcı, kollektör giriş ve çıkış konumları belirtilmektedir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 5.15. (a) Sıcaklık algılayıcı (b) Kollektör giriş konumu (c) Kollektör çıkış konumu

Çevreleyen hava sıcaklığını ölçme için algılayıcı doğrudan ve yansıyan güneş ışımasından beyaz-boyalı, iyi havalandırılan (tercihen cebri havalandırmalı) siperlik vasıtasıyla perdelenmektedir. Siperlik kollektörün orta yüksekliğine, ancak yer ısıtma etkisinden kurtarmayı sağlamak için bölgesel yer yüzeyinden en az 1 m yukarıda yerleştirilmektedir.



Şekil 5.16. Çevreleyen hava sıcaklığını ölçme



Kütlesel debiler doğrudan ölçülebilir veya alternatif olarak yoğunluk biliniyorsa, hacimsel debi ve sıcaklık ölçmelerinden tayin edilebilmektedir. Sıvı debi ölçmenin standart belirsizliği, ölçülen değerin birim zamanda kütle olarak $\pm \% 1$ dahilinde olmaktadır.



Şekil 5.17. Sistemdeki debi ölçer

Hava hızını ölçme;

Bir kolektörden ısı kayıpları kolektör üzerindeki havanın hızının artmasıyla artmakta ancak hava hızının yönünün etkisi çok iyi bilinmemektedir. Bu yüzden, kolektör açıklığı önünden 10 mm – 50 mm bir mesafede, kolektör alanı üstünde eşit aralıklı konumlarda bir seri hava hız ölçümleri alınmalıdır. Ortalama rüzgar hızının 2 m/s'den düşük olduğu yerlerde deney yapıldığında, bir suni rüzgar üretici kullanılmakta ve hava hızının sürekli ölçülmesi için anemometre ölçmeleri bağlanmalıdır. Bunun için deney düzeneğinde rüzgar üretici konumlandırılmıştır.



Şekil 5.18. Hava hızını ölçmek için anemometre ve kolektör üzerindeki konumu

Ölçülen tüm değerler, bir veri kaydedicisi tarafından kayıt altına alınarak, buradan bilgisayara aktarılmaktadır. Şekilde sistemde kullanılan veri kaydedici gösterilmektedir.



Şekil 5.19. Veri kaydedici

Test sırasında yapılan ölçümler;

Yapılan testlerde aşağıdaki ölçümler gerçekleştirilmektedir.

- Brüt kolektör alanı A_G , soğurucu alanı A_A ve açıklık alanı A_a
- Akışkan kapasitesi
- Kollektör açıklığında yarım küredeki güneş ışınlama yoğunluğu
- Kollektör açıklığındaki dağılan güneş ışınlama yoğunluğu
- Doğrudan güneş ışıması gelme açısı
- Kollektör açıklığına paralel hava hızı
- Çevreleyen hava sıcaklığı
- Kolektör girişinde ısı aktarma akışkanı sıcaklığı
- Kollektör çıkışında ısı aktarma akışkanı sıcaklığı
- Isı aktarma akışkanı debisi

Tablo 5.4. Ölçme periyodu sırasında ölçülen parametrelerin müsaade edilen sapması

Parametre	Ortalama değerde müsaade edilen sapma
(Global) Deney güneş ışınlama yoğunluğu	$\pm 50 \text{ W/m}^2$
Çevreleyen hava sıcaklığı (içerisi)	$\pm 1 \text{ K}$
Çevreleyen hava sıcaklığı (dışarı)	$\pm 1,5 \text{ K}$
Akışkanın kütle debisi	$\pm \% 1$
Kollektör girişinde akışkan sıcaklığı	$\pm 0,1 \text{ K}$

DeneySEL parametrelerin hiçbirisi ölçme periyodundaki ortalama değerlerinden yukarıdaki tabloda verilen sınırlardan daha fazla sapmadığında, bir kolektörün verilen bir ölçme periyodu için durgun hal şartlarında çalışmış olduğu dikkate alınmaktadır.



5.4.2. Üniversiteler

Türkiye'deki üniversitelerde güneş enerjisine yönelik birçok araştırma geliştirme çalışmaları ve proje uygulamaları yapılmaktadır.

Aşağıda bu çalışmalardan bazı örneklere yer verilmiştir.

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

Abant İzzet Baysal Üniversitesi kendi enerjisini kendi üretmek için rüzgar ve güneş enerjisi ile ilgili olarak çalışmalar yapmaktadır. Yörede temiz enerji bilincini yerleştirmek için hibrit, rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Üniversite kampüsünün batısında rüzgar yönü, hava basıncı, sıcaklık ve radyasyon ölçümlerini yapan bir istasyon kurulmuştur. Ölçümlerin sonucuna göre kanat çapı 24 ve 44 metrelik rüzgar türbinleri ile 250–500 kW enerji üretimi planlanmaktadır. Bu projeye kampüsün 6 MW olan ihtiyacının yarısının alternatif enerji kaynaklarından elde edilmesi hedeflenmektedir. Kampüse mevcut güneş enerjisi panellerine ek olarak "güneş ağacı" gibi çağdaş tasarımlarla doğal enerji üreten kaynakların kurulması düşünülmektedir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Afyon'daki güneş ve rüzgâr enerjisinin sanayi ve günlük hayat içinde daha fazla kullanılabilmesi amacıyla Afyon Kocatepe Üniversitesi bünyesinde bir "Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Kullanımını Araştırma Geliştirme Ve Uygulama Merkezi" (GÜRAGUM) kurulacaktır. Kısa bir süre sonra hayata geçmesi planlanan merkezin hazırlayacağı bilimsel ve/veya sanayi destekli bilimsel projelerle; öncelikle güneş enerjisinden farklı endüstri kolları için gerekli enerjinin temininde uygulanabilir tasarımlar geliştirilmesi, sanayinin ihtiyacını karşılaması ve AR-GE faaliyetleriyle ülkeye yeni teknolojiler ve yeni tasarımlar kazandırılması hedeflenmektedir.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

Akdeniz Üniversitesi'nde "Akdeniz Üniversitesi Sıfır Emisyon Kampus Stratejisi" adlı kapsamlı bir çalışmanın bir ayağını da güneş enerjisi uygulamaları oluşturmaktadır. Bu proje kapsamında üniversite kampüsünün çeşitli yerlerine kurulacak 8.805 m² toplam panel alanına ve 628,9 kWp toplam kurulu güce sahip fotovoltaik sistemlerden yıllık 1.377.353,6 kWh elektrik enerjisi elde edilmesi planlanmaktadır. Sistem kurulum maliyeti 7.987.392,9 TL ve 30 yılda üretilecek toplam enerji de 41.320.607 kWh olarak öngörülmektedir. Elektrik üretimine yönelik fotovoltaik panellerin yanında sıcak su kolektörleri de bu proje kapsamındaki uygulamalardandır.

Ayrıca Akdeniz Üniversitesi Manavgat Meslek Yüksek Okulu (MYO), Güneş Enerjisi Panelleri Projesi (GEPP) ile 2007 yılında okul bahçesine 15 güneş enerjisi paneli koyarak enerji üretimine başlamıştır. Sistem Manavgat'ta elektrik kesintisi olduğunda okulda aydınlatma için 120 saat yetecek enerji sağlamaktadır. Okul geliştirdiği enerji sistemiyle Antalya'da 2 belediyenin park, bahçe ve çocuk oyun alanlarının aydınlatılması için prensip anlaşması yapmış, apartmanlarda 'akıllı bina' uygulamasıyla elektriği daha ucuza üretmek amacıyla çalışmalara başlamıştır.



BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

Bahçeşehir Üniversitesi'nde bulunan "Güneş Enerjili Aydınlatma Direği"nin üzerinde nasıl çalıştığına ve enerjiyi nereden elde ettiğine dair açıklayıcı bir afiş ve plakette bulunmakta, bu sayede direk kamuoyunu bilinçlendirme amacını yerine getirmektedir. Gövdesinde 50 x 70 cm boyutlarında tanıtıcı bir pano bulunan direkte kullanılan ana malzemeler, gövdede sertifikalı ahşap ve paslanmaz çelik, panoda ise pleksiglastır. Boyu 380 cm olan direk 25 cm x 25 cm'lik bir taban alanına oturtulmuştur. Enerjisini 80 Wp gücünde bir fotovoltaik güneş panelinden alan direk, 14 W yüksek verimli LED aydınlatma elemanını beslemekte ve üretilen enerji 75 Ah bakımsız aküde depolanmaktadır.

BİLKENT ÜNİVERSİTESİ

Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde (UNAM) konuyla ilgili diğer çalışmalar yanında güneş pillerine yönelik araştırma ve uygulama çalışmaları da yapılmaktadır.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

Türkiye'deki ilk "Güneş Enerjisi ile Damla Sulama Projesi" Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde uygulanmıştır.

10 dekarlık bir alanın damla sulama sistemi için 12 adet 80 Wp gücünde polikristal güneş paneli, bir adet güneş enerjisi ile çalışan pompa sistemi, şarj regülatörü ve bir adet otomatik damla sulama sistemi ile boru ağları kullanılmıştır.

Bu sistem 6 metre dikey ve 150 metre yatay mesafeden günde 45 m³ su pompalamakta olup, sadece panel gücü artırılarak günlük debinin 60 m³ mertebesine kadar çıkarılması mümkün olabilmektedir.

Tarlaya ilk olarak ekilen mısırdaki verimli bir ürün alınmasını sağlayan sistemin açılışı 21 Ekim 2008 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, güneş enerjisi ve uygulamaları konularında lisansüstü öğrenim ve araştırma çalışmalarında bulunmak üzere, 1978 yılında kurulmuştur. Enstitü, Ege Üniversitesi Lojmanları içerisinde 1986 yılında tamamlanan ve güneş enerjisi ile pasif olarak ısıtılan binasında hizmet vermektedir.

Ülkemiz için önemli olan, güneş, biyokütle, rüzgar, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji tasarrufu, enerji verimliliği konuları ile birlikte 2001 yılından başlayarak Güneş Işınımı Fotokimya konusu da Yüksek Öğretim Kurulu kararı ile Enstitü çalışma alanları içerisine dahil edilmiştir. Enstitüde, Enerji ve Enerji Teknolojisi adlı 2 anabilim dalı bulunmaktadır.

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından üniversite bünyesinde 22,4 kWp kurulu gücündeki şebekeye entegre fotovoltaik sistem 2005 yılında, Türkiye'deki üniversiteler arasında bu alanda tek örnek olan Fotovoltaik Panel Üretim Laboratuvarı ise 2006 yılında kurulmuştur. Son zamanlarda enstitüde özellikle organik güneş pilleri üretimi üzerine çalışmalar yapılmaktadır.



ULUSAL PV TEKNOLOJİ PLATFORMU

Bazı, Üniversitelerin sanayi kuruluşlarının ve kamu kuruluşlarının katılımı ile , TÜBİTAK- Bilimsel İşbirliği Ağları ve Platformları (İŞBAP) desteği çerçevesinde “Ulusal PV Teknoloji Platformunun Oluşturulması” başlıklı proje 01/09/2008 tarihinde Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde başlatılmıştır.

Platformun genel amaçları;

*Kamu/özel araştırma ve sanayi kuruluşları ile uluslar arası organizasyonların karar mercilerinde ilgi odaklarının oluşturulması,

*PV güç sistemleri uygulamalarında ortaya çıkan teknik ve teknik olmayan engellerin tespiti ve giderilmesine yönelik önerilerin hazırlanması,

*Ulusal ya da uluslararası ortaklıklarla PV teknoloji çalışmalarına girilmesi konusunda mali destek olanaklarının araştırılması,

*PV güç sistemlerinde maliyetlerin düşürülmesi konusunda olası ulusal ve uluslararası Ar-Ge ve uygulama önceliklerinin tespiti,

*Türkiye’de kurulu PV güç sistemlerinin tespiti,

*Ülkemizde kurulu PV güç sistemlerinden seçilen pilot örneklerin yerinde testlerinin ve performans analizlerinin yapılması, olarak sıralanmaktadır.

Platformun organizasyonu ;Yürütme Kurulu , Danışma Kurulu, PV Teknoloji Araştırma Grubu, Proje Çıktıları Araştırma Grubu şeklindedir.

Platform aşağıdaki üyelerden oluşmaktadır:

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü (Prof.Dr. Metin Çolak Proje Yürütücüsü)

Elektrik İşleri Etüt İdaresi

Muğla Üniversitesi

Bilkent Üniversitesi

Türkiye Şişe ve Cam A.Ş.

Aneltech A.Ş.

Girasolar Ltd.Şti.

Motif Proje İnşaat Ltd. Şti.

Antalya Ticaret ve Sanayi Odası

Dr. Baha KUBAN (Bağımsız Uzman)

Ayrıca platforma yeni katılması planlanan üyeler arasında; ODTÜ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi), Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş., Ege Bölgesi Sanayi Odası, İnci Akü A.Ş., Airfel A.Ş. yer almaktadır.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Fırat Üniversitesi’ne bağlı Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Makine Eğitimi ve Fizik bölümlerinde Havalı Güneş Kolektörleri, Güneş Enerjisi ile Çalışan Su Pompaları, Güneş Enerjisinden Hidrojen üretimi ve Depolanması Yöntemleri ve benzeri konularda araştırma ve uygulama çalışmaları yapılmaktadır.

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Gazi Üniversitesi STARLAB (Semiconductor Technologies Advanced Research Laboratory) Yarıiletken Teknolojileri İleri Araştırmalar Laboratuvarı Devlet Planlama Teşkilatı



desteği ile 2001 yılında 800.000 m² alana 7–8 milyon USD harcanarak kurulmuştur. Bugüne kadar yapılan toplam harcama 10 milyon USD civarındadır. Laboratuarda tek kristal / çok kristal silisyum, amorf silisyum ince film, gözenekli silisyum ve Moleküler Demet Epitaksi (MBE) sistemi kullanarak GaAs, InCd vs. güneş pilleri ve panellerinin üretim ve testleri yapılmaktadır.

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde güneş enerjisiyle çalışan bir buzdolabı geliştirilmiştir. Yine Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nde güneş panelleri kullanarak elektrik üretimi, aydınlatma, pompalama ve takip sistemlerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

1990'lı yılların başlarında, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nde yeni ve temiz enerjilerle çalışan bir grup bilimcinin girişimiyle 1993 yılının Eylül ayında "H.Ü.Yeni ve Temiz Enerji AR-UY (Araştırma-Uygulama) Merkezi (YETAM)" kurulmuştur. Merkezde yürütülen Araştırma-Uygulama kapsamında, öncelikle, Beytepe'deki "H.Ü. Güneş Evi ve Bahçesi"nin yapımının tamamlanması ve işletime açılması işi gerçekleştirilmiştir.

H.Ü. Güneş Evi, yaklaşık 100 metrekareye oturan bağımsız bir binadır. Bodrumunda ısı deposu (çakıl-yatak) bulunmaktadır. Yaklaşık 1000 W'lık güneş pili panelleri ile donatılmıştır. Bu panellerden sağlanan elektrik enerjisi, akü ve çevirgeç sistemleri aracılığı ile evin tüm elektrik gereksinimini karşılamaktadır. Evin eğimli güney cephesine yerleştirilmiş özel cam yüzeyden (Fresnel mercekler) alınan güneş enerjisi ısı olarak çakıl-yatakta depolanmaktadır. Bu ısı evin kışın ısınmasında kullanılacak şekilde planlanmıştır.

Merkezde "Fresnel Mercekler Aracılığıyla Güneş Enerjisinin Isı Olarak Depolanmasında Veri Toplama ve İşletim Sistemi" projesi hayata geçirilmiş, "H.Ü. Beytepe Güneş Evi'ne Güneş Enerjili Isı ve Elektrik Sistemi Yapımı" ve "Anadolu'daki Güneş Saatlerinin İncelenmesi, Sınıflandırılması ve Örnek Güneş Saatleri ile Üniversitede Bir Sergi Oluşturulması" projeleri ise yürütülmektedir. Merkezde ayrıca güneş enerjili bisiklet, güneş enerjisi ile su pompalama, güneş enerjisi ile kurutma, güneş enerjili sokak lambası, parabolik çanak yoğunlaştırıcı gibi projeler gerçekleştirilmiştir.

HALIÇ ÜNİVERSİTESİ

2003 yılında Haliç Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde güneş enerjisi ile çalışan bir buzluk geliştirilmiştir. Bir dondurma firmasınınca desteklenen proje kapsamında üretilen soğutucu sessiz çalışmakta, asgari eksi 12, azami de eksi 19 santigrat dereceye inebilmektedir. Soğutucu 15 gün karanlıkta da çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

Harran Üniversitesi bünyesinde Harran Üniversitesi Rektörlüğüne bağlı olarak güneş enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları, kullanımı ve tasarrufu alanlarında araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmak amacıyla Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜGEM) kurulmuştur.

Bu merkezin kuruluşuyla paralel olarak "Harran Üniversitesi Temiz Enerjili Kampus Entegre Projesi" hayata geçirilmiştir. Bu merkez ve proje kapsamında Harran Üniversitesi



tesisi, 2023 yılında dünyanın en temiz enerjili kampüsü olma yolunda entegre bir strateji oluşturmuştur.

2005 yılından itibaren ivme kazanan ve disiplinler arası ekiplerle yürütülen projede özellikle 2006 yılından sonra önemli bazı aşamalar kaydedilmiştir. Örneğin, ülkemizde üretimi yapılamayan ve yüksek maliyetle ithal edilen güneş panelinin düşük maliyet ile üretimini mümkün kılacak sol-gel yöntemi ile fotovoltaik hücre üretilmiştir. Bu hücrelerin ilk aşamada düşük olan veriminin artırılması yönünde çalışmalar sürmektedir. Kampus içi enerji tüketiminin düşürülmesi amacıyla; Merkez Kütüphane Binasına 2,5 kWp gücünde şebekeye entegreli ve batarya bank takviyeli güneş enerjili elektrik sistemi kurulmuştur. Ayrıca, toplam gücü 1,4 kWp olan 16 adet güneş enerjili aydınlatma direği ile kampus içerisinde bulunan köprü, otobüs durağı, otopark ve kapalı yüzme havuzu aydınlatması bedelsiz olarak yapılmaktadır. Diğer bir uygulama ise projektörle alan aydınlatması yapan ve toplam gücü 1,1 kWp olan Rüzgar Türbini ve Güneş Paneli Hibrit Sistemi'dir.

İTÜ

İstanbul Teknik Üniversitesi Güneş Arabası Ekibi (İTÜ GAE), ürettikleri ARİBA I (2005), ARİBA II (2006) ve İTÜ-RA (ARİBA III, 2007) adlı araçlar ile 2006 ve 2007 yıllarında İzmir, İstanbul ve Ankara'da düzenlenen yarışlara katılmışlardır. Ekip, 2006 yılında İzmir'de düzenlenen Formula G Ege Kupası'nda birinci ve üçüncü, İstanbul'da düzenlenen Formula G İstanbul Kupası'nda birinci ve ikinci olmuştur. Aynı zamanda, TÜBİTAK tarafından verilen Özgün Tasarım Ödülü'nü kazanmışlardır. İTÜ ekibi, Ankara'da düzenlenen Formula G 2007 yarışlarına katılarak birincilik ve ikincilik kazanmış, ayrıca Özgün Tasarım Ödülü'nü de layık görülmüşlerdir. Ekip, aynı yıl bir de Ankara Otomobil Sporları Kulübü (ANOK) Kupası yarışını da kazanmıştır. İTÜ Güneş Arabası Ekibi, yeniden dizayn ettikleri araçları ile katıldıkları Formula G 2008 yarışlarında da birincilik ve ikinciliği elde etmiştir. Ekip 4. nesil bir araç üzerinde çalışmakta, 2009 TÜBİTAK Formula G yarışının yanında 4000 km'lik mesafe ile Avustralya kıtasını kuzeyden güneye kat edecek olan World Solar Challenge (WSC) yarışına katılmayı da hedeflemektedir.

Bunun yanında, İstanbul Teknik Üniversitesi Güneş Teknesi Takımı tarafından tasarlanan ve üretilen, Türkiye'nin güneş enerjisi ile çalışan ilk teknesi "Nusrat", 13-17 Haziran 2007 tarihlerinde Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Arkansas Eyaleti'nde düzenlenen "Solar Splash 2007 - Güneş Tekneleri Yarışması Dünya Şampiyonası"nda üçüncülük derecesini almıştır. Çeşitli kategorilerde gerçekleştirilen yarışmada İTÜ Güneş Teknesi Takımı, yarışma sonucunda altı farklı ödüle layık görülmüştür. Dünya üçüncüsü güneş teknesi Nusrat, en iyi elektrik sistemi tasarımı, en iyi güneş enerjisi sistemi tasarımı, en iyi görsel sunum, en iyi çaylak takım ve manevra yarışı üçüncülüğü ödülleri ile birlikte toplam altı ödüle sahip olmuştur.

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bünyesindeki Akıllı Sistemler ve Otomasyon Laboratuvarı'nda (ASOL) Fotovoltaik Güneş Enerjisi Uygulaması başlatılmıştır. Akıllı Sistemler ve Otomasyon Araştırma Laboratuvarının bir kısmını oluşturan fotovoltaik güneş enerjisi uygulama projelerinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla 12 adet fotovoltaik panel alınarak çalışmalara başlanmıştır. Bu çalışmaların ilk aşamasında bir deney düzeneği oluşturulmuş ve havanın açık-kapalı olma durumları da dikte alınarak akü yedekleme ünitesi ile birlikte 220 V, 50 Hz yükler beslenmiş, öğrenci-



lere yenilenebilir güneş enerjisinin elektrik enerjisi olarak nasıl kullanılabileceği, ne tür donanım gerektiği öğretilmiştir. Benzer uygulamaların devam etmesi, ayrıca araştırma amaçlı çalışmaların da sürdürülmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda lisansüstü çalışmalar yaptırılarak özellikle maksimum güç izleme algoritmaları geliştirme, şebeke bağlantılı ara yüzler oluşturma ve akıllı bir güneş evi kurma çalışmaları sürmektedir.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Merkez yerleşkesinde 5 kW'lık bir rüzgar - güneş karma enerji üretim sistemi kurulmuştur. Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nce desteklenen ve Elektrik Mühendisliği Bölümü tarafından gerçekleştirilen proje kapsamında üniversitenin Umuttepe Yerleşkesi'ne kurulan sistem, 3 adet 1.000 W Southwest Wind Power Whisper WH 80 rüzgar türbini, 12 adet 120 Wp Kyocera güneş paneli, 1 adet Stecca Tarom 430 güneş paneli şarj denetleyicisi, 40 adet 12 V 100 A Haze Jel akü, 1 adet Trace Eng. 48 V / 220 50 Hz, 4.500 W tam sinüs eviriciden oluşmuştur. Güneş panelleri, sistemin kurulu olduğu prefabrik yapının çatısına monte edilmiştir. Prefabrik yapı 20 m²'lik bir çalışma alanına sahip olup, 15 m²'si ofis ve laboratuvar alanı olarak ayrılmış, 5 m²'lik bölüme aküler, şarj denetleyiciler ve evirici yerleştirilmiştir.

Sistemde Kyocera üretimi 24 V 120 Wp panellerden 12 adet kullanılmıştır. Paneller 2 seri 6 paralel olarak düzenlenmiştir. Toplam kapasite 1.000 W/m² ışınım ve 25 °C için 1.440 W (48 V 30 A) civarındadır. Ancak bu güce pratik olarak ulaşmak mümkün olmamış, ölçülen en büyük güç 1000 W civarında gerçekleşmiştir.

MUĞLA ÜNİVERSİTESİ

Muğla Üniversitesi'ndeki güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Merkezi'nde yürütülmektedir. 1996 yılında kurulan Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Muğla Üniversitesi Kampusu içerisinde bölgeye ait güneş enerjisi potansiyelini belirleme çalışmalarına 1998 yılında başlamıştır.

Alınan ölçümlerin ardından 2000 yılında yapılan simülasyon çalışmaları sonuçlarına dayanarak bir pilot proje başlatılmıştır. 2001 K 120930, numaralı "54 kWp Gücündeki Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Muğla Üniversitesi Kütüphane Çatısına Entegrasyonu" isimli DPT projesi ile dört aşamalı olarak Muğla Üniversitesi yerleşkesi içersine toplam gücü 54 kWp olan fotovoltaik sistem kurulmuştur.

2005 yılı sonunda sistemin kurulumundan itibaren 30 ayda üretmiş olduğu toplam elektrik enerjisi 89.000 kWh değerinin üzerinde olmuştur.

Projenin tamamlanmasıyla Muğla Üniversitesi Yerleşkesi Fotovoltaik Sistemler konusunda 2005 yılında Türkiye'deki en büyük teknopark haline getirilmiştir.

Ayrıca 2008 yılında Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten ilk binaya entegre fotovoltaik cephe kaplaması uygulaması Muğla Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve Sunset Energietechnik GmbH Innovative Energy System ortaklığıyla gerçekleştirilmiştir. Muğla Üniversitesi Rektörlük binası cephe kaplaması olarak gerçekleştirilen bu uygulama halen Türkiye'nin binaya entegre en büyük şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemidir.



Toplam 40 kWp güce sahip olan sistemde binanın iki yanında bulunan kulelerde toplam 136 m² alanda 160 adet amorf silisyum panel ve bina cephesinde 541 m² alanda 220 adet 3 eklemlı amorf silisyum panel kullanılmıştır. Bina cephesinde kullanılan panellerin 210 adetı 140 Wp, 10 adetı ise 75 Wp gücünde olup 4 adet 6 kW kapasiteli invertör ile şebekeye entegre edilmiştir. Kulelerde kullanılan paneller ise 64 Wp gücünde olup 2 adet 5 kW kapasiteli invertör kullanılarak şebekeye entegre edilmiştir. Sistemin yılda 48 bin kWh elektrik enerjisi üretmesi beklenmektedir.

Halen Muğla Üniversitesi Yerleşkesi toplam 94 kWp fotovoltaik enerjisi kurulu gücüyle Türkiye'deki en büyük fotovoltaik park durumundadır ve yerleşkede elektrik enerjisi ihtiyacının % 3,5'luk bölümü fotovoltaik sistemler tarafından sağlanmaktadır.

Üniversitede ayrıca aydınlatma direkleri, kojenerasyon, su pompaları, test ve ölçüm istasyonları ve diğer birçok güneş enerjisi ile ilgili konuda çalışma ve uygulamalar yapılmaktadır.

ODTÜ

Güneş enerjisinden yararlanarak ısıtılması amaçlanan ODTÜ Güneş evi 1976 yılında Fizik ve Mimarlık bölümlerinin öncülüğünde kurulmuştur. Daha sonra 1993–1995 yıllarında tekrar elden geçirilerek teknolojiyi yenilenmiştir.

2008 yılında ODTÜ'de yapılan çalışmalarda ODTÜ'lü araştırmacılar pencere camları arasına yerleştirilmiş güneş pilleri ile elektrik enerjisi üreten Türkiye'nin ilk güneş paneli prototipini üretmişlerdir. Hücre üretimini de içeren ve cam üzerine montajı yapılan güneş paneli prototipi Türkiye'de ilk kez ODTÜ mikro elektronik tesislerinde üretilmiştir. Bu aynı zamanda yarı geçirgen pencere sistemlerinin bir örneğini oluşturmaktadır. Üretilen prototipte cam levha arasında güneş hücreleri bulunmakta, ışığın belli miktarda içeri girmesi sağlanmakta, hücreler de elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Geliştirilen teknolojide silisyum bazlı fotovoltaik hücrelerin üretimi birçok kimyasal ve fiziksel prosese dayanmakta, ham madde olarak satın alınan silisyum kristali, temiz oda şartlarında 15'i aşkın prosese tabii tutularak sonunda güneş ışınlarını elektron akışına çeviren hücre haline getirilmektedir. Tüm bu işlemler ODTÜ mikro elektronik tesislerinde gerçekleştirilmektedir. Bu tür fotovoltaik paneller bir evin elektrik enerjisinin tamamının ya da bir kısmının karşılanmasını mümkün hale getirecektir. Dünyada bu tür camlar kullanılarak yapılan binalar, tamamen yeni bir sisteme göre tasarlanmaktadır. Ancak bu camları günümüz binalarına da monte ederek aynı şekilde elektrik enerjisi elde etmek mümkündür. Bu panellerin ticarileşmesi için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve şişe Cam, ODTÜ ile iş birliği yapacaktır. ODTÜ ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, şişe Cam ve bazı firmaların katılımı ile bir kamu projesi hazırlanmakta ve projeyi TUBİTAK'ın da desteklemesi beklenmektedir. şişe Cam, güneş enerjisi sistemleri için en uygun camı yapma çalışmalarına başlamıştır.

Bunun dışında ODTÜ'lü araştırmacılar nanokristaller kullanarak yüksek dereceli güneş pilleri oluşturulması için yeni bir Avrupa Birliği projesine başvurmuşlardır. şu anda silisyum tabanlı malzemelerle çalışan araştırmacılar, nanoteknoloji kullanarak daha verimli pillerin de yapılması için projelere devam etmektedirler.

Bir başka uygulama kapsamında, ODTÜ desteğiyle Yozgat'ın şahmuratlı köyünde Kerkenes'i Tanıtma Derneği ve ODTÜ Kerkenes Proje Ekibi ortaklığıyla güneş ocakları ve güneş kurutma fırınlarına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Tasarımı ODTÜ tarafından



yapılan güneş ocakları ve kurutma fırınlarının yapımı yerel imkanlarla gerçekleştirilmiştir. Proje ile köyde geliştirilen uzmanlık yoluyla iş imkanı yaratılması ve bilgilendirme amaçlanmıştır. Güneş ocağı hurdacının elde edilen merkez odaklı bir çanak antene alüminyum kaplanması ile elde edilmiştir. Kurutma ünitesi ise alt girişte bir sıcak hava toplayıcı ve üstte bir rüzgar fırıldaklı yardımıyla sıcak hava sirkülasyonu sağlanan ve 120 x 120 cm boyutlarındaki raflardan oluşan toplam 16 m² kurutma alanına sahip bir sistemdir. Güneş ocağında hazırlanan reçel ve kurutma fırınında kurutulan sebzeler köyde pazarlanmakta ve köyün ekonomik hayatına katkıda bulunmaktadır.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

Mart 2007'de Pamukkale Üniversitesi'nde 5 kWp'lık PV sisteme sahip Temiz Enerji Evi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından törenle açılmıştır. Pamukkale Üniversitesi'nde, Temiz Enerji Evi'nde oluşturulan Enerji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde araştırmalarını sürdüren uzmanlar, güneş enerjisiyle, bir evin tüm elektrik ihtiyacını karşılayan projeyi gerçekleştirmişlerdir. Bu projede güneş pilleri kullanılarak güneş enerjisinden hidrojen elde edilmekte ve konutun elektrik, ısıtma ve soğutma gibi tüm ihtiyaçları hidrojen enerjisiyle başka hiçbir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan karşılanabilmektedir. 160 metrekarelik laboratuvar eve yerleştirilen 5 kWp gücündeki güneş pillerinden gündüz doğrudan elektrik alınmakta, bu pillerin üzerine takıldığı paneller, yıl boyunca doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunda güneşi takip etmektedir. Böylece ışınların güneş pillerine her zaman dik gelmesi sağlanmaktadır. Buradan alınan elektrikle aynı zamanda aküler doldurulmakta, ayrıca suyun elektrolizi yöntemiyle hidrojen elde edilerek depolarda saklanmaktadır. Güneş olmadığı ve aküler de bittiği zaman bu defa hidrojen kullanılarak elektrik üretilmektedir.

Evin dışı, çok basit ve ucuz bir mekanizma olan tromp duvarlarla örülmüş, dış cephesi camla giydirilmiştir. Güneş çıktığı zaman tuğlaları ısıtmakta, öğle saatlerinde tuğlalardaki sıcaklık 50–55 dereceye yükselmektedir. İçerideki soğuk hava, alt kısımda açılan pencereden girerek tuğlalardan ısınmakta, üst taraftaki pencereden de ısınarak yükselen sıcak hava içeriye verilmektedir. Bu sistem doğal bir klima gibi çalışarak kış boyunca evin ısıtılmasına yardımcı olmaktadır. Bu arada güneş kolektörlerinden elde edilen sıcak su da yalıtılmış tanklarda depo edilmekte, tank içindeki ısı değiştirici, bir sıcaklık kontrol ünitesiyle ihtiyaç duyulan sıcaklıkta suyu sağlamaktadır. Sıcak su ayrıca evin ısıtılmasında da yardımcı sistem olarak kullanılmaktadır. Bu yüksek teknoloji ev için, bahsedilen elektrik, hidrojen ve ısı sistemleriyle birlikte şimdiye kadar 500 bin TL harcanmıştır.

Temiz Enerji Evi Müdürlüğü tarafından yürütülen diğer bir projede güneş tarlaları oluşturarak elektrik enerjisi üretmek için çalışmalara başlanmıştır. Bölgenin önemli enerji kuruluşlarından Bereket Enerji'nin destek olduğu proje ile parabolik aynalar kullanılarak güneş tarlaları oluşturulması, buradan da elektrik enerjisi elde edilmesi amaçlanmaktadır. Parabolik oluk teknolojisinin kullanılacağı projede ilk etapta 5 metre çapında ve 50 metre uzunluğunda bir hat yapılması planlanmaktadır. Tek hattı yaptıktan sonra ileride diğer kısımların rahat bir şekilde bitirilerek güneş tarlaları oluşturabileceği düşünülmektedir. Güneşin odaklanması ve takibi merkezde yapılabilmekte, halen cam boru ve içinden geçecek metal için araştırmalar sürdürülmektedir. Cam boruyu üretmek amacıyla şirketler araştırılmakta, Şişe Cam firması ile görüşmeler sürmektedir.

Bunun dışında merkezde güneşten yüzde 45 daha fazla enerji üreten maliyeti de yüzde 40 azaltan güneş enerjisi takip sistemi geliştirilmiştir. Yapılan cihazda, karışık ve



pahalı motor ve dişli sistemleri yerine, her yerde bulunabilen doğrusal uydu motorları kullanılmış, kontrol sisteminin yazılımı ve donanımını ise Pamukkale Üniversitesi'nde yapılmıştır. Prototipi yapılan diğer bir izleyici ise ithal edilen, tek eksenli ve 120 derece dönüş açısına sahip olanların yerine tasarlanan, 160 dereceye kadar dönebilen ve iki eksende güneş takibi yapabilen bir cihazdır. Ayrıca bu izleyici, fotovoltaik panellerde kullanılmasının yanında su kolektörlerine güneş takibi yaptıran sistemlerde de kullanılabilir.

Yürütülen başka bir proje ile gerçekleştirilen güneş enerjisi ile ürün kurutma sistemi ile Denizli ve Ege Bölgesi için çok önemli olan, incir ve üzüm gibi ürünler kısa sürede kurutulabilmektedir. İhracatçı firmalar bu sayede güneş enerjisini kullanarak ürünlerini kısa sürede hijyenik olarak kurutabilme imkanına kavuşmuşlardır.

RİZE ÜNİVERSİTESİ

Rize Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü tarafından hazırlanan "Güneş paneli projesi" yarı iletkenlerden yapılan panelin, güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirerek bir aküye depolaması ve evin elektrik ihtiyacının bu şekilde karşılanması üzerine yapılan bir çalışmayı içermektedir. Projede elde edilen verilere göre 25 metrekarelik bir panel bir evin elektrik ihtiyacını rahatlıkla karşılayabilmektedir. Bunun için sadece havanın aydınlık olması yetmektedir. Bilgisayar kontrollü olan sistemde panelin malzemesi yurt dışından geldiği için maliyeti yüksektir. Ancak paneller Türkiye'de üretilir, buna yönelik teknolojilere yatırım yapılırsa maliyetin düşeceği beklenmekte ve bu konuda destek almak için çalışmalar yapılmaktadır.

SAKARYA ÜNİVERSİTESİ

2003 yılında kurulan Sakarya Üniversitesi İleri Teknolojiler Merkezi (SAİTEM), TÜBİTAK Formula G yarışlarına katılan "SAGUAR" (Sakarya Üniversitesi Güneş Arabası) ve TÜBİTAK Hidromobil yarışlarına katılan "SAHIMO" (Sakarya Üniversitesi Hidromobili) adlı Hidrojen Enerjili Aracı üretmiştir. 2004–2005 yıllarında SAGUAR X4, 2005–2006 yıllarında SAGUAR X5, 2007 yılında da SAGUAR X6 üretilmiştir. 2005 yılından beri TÜBİTAK tarafından düzenlenen Formula G yarışlarında dereceler elde eden SAGUAR ayrıca "En İyi Tasarım Ödülü"nü almaya hak kazanmıştır. SAİTEM, SAGUAR X6 modeliyle 2008 Güneş Enerji Fuarı'na katılmıştır. SAGUAR ekibi, 2009 Güneş Enerjisi ve Teknolojileri Fuarı'na da SAGUAR serisinin son aracı olan X7 Güneş Arabası ve SAHIMO X3 hidrojen aracı ile katılmıştır. SAGUAR ekibi, 25–31 Ekim 2009 tarihleri arasında Avustralya'da düzenlenecek World Solar Challenge yarışına katılmayı hedeflemekte ve bunun için çalışmalar yapmaktadır.

SAİTEM, ayrıca SATEK (Sakarya Üniversitesi Güneş Teknesi) Projesini de gerçekleştirmiştir. Güneş enerjili tekne olan SATEK, alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırma ve toplumsal bilinci bu yöne sevk etme amacıyla 2006'nın Ağustos ayında Muğla'da üretilmiştir. 3 Ekim 2006 tarihinde Marmaris Sahil Güvenlik Komutanlığı'ndan denize indirilen SATEK, 4 gün boyunca testlerin yapılması için Marmaris koyunda kalmış, tüm testler başarıyla sonuçlanınca Sakarya'ya getirilmiştir. SATEK, 5,36 metre uzunluğunda 1,96 metre enindedir, 90 cm freeboard, 1 metre draft yüksekliğine sahiptir. Üzerinde toplam 800 Wp'lik güneş paneli, 14.208 Wh'lik itiş gücü saklama bataryası, 1.660 Wh'lik servis bataryası bulunmaktadır. SATEK, % 50 güç ile yaklaşık 15 deniz mili hıza ulaşmayı başarmıştır. 1 ayda tasarlanıp 1 ayda üretilen SATEK toplam 17.000 TL'ye mal olmuştur.



Bunların dışında Sakarya Üniversitesi Temiz Enerji Teknolojileri Kulübü (ENTEK) tarafından “Güneş Pilleri İle Damlama Sulama”, “Hibrit Güneş Enerjili Araç Projesi” ve “Güneş Enerjili Thermo-Elektrik Buzdolabı” projeleri yürütülmektedir.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

Uludağ Üniversitesi’nde özellikle alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik bir “Enerji Merkezi” ya da “Enerji Enstitüsü” kurulması yönünde çalışmalar devam etmektedir.

YAŞAR ÜNİVERSİTESİ

Yaşar Üniversitesi, Bilişim Teknolojileri Uygulama Geliştirme Merkezi (BİTUGEM) ve Çınarlı Endüstri Meslek Lisesi ile birlikte güneş enerjisi ile çalışan bir binek arabası geliştirmiştir. Önde bir sürücü koltuğu, arkada 2 kişilik yolcu koltuğu bulunan, üstünde tente olan, yanları açık binek arabası saatte 10–12 kilometre hız yapabilmektedir. Yaşar Üniversitesi ayrıca güneş enerjisi ile çalışan ve saatte 100 kilometre hız yapan YAŞARGÜNEŞ-1 aracını geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Yıldız Teknik Üniversitesi, ülkemizde “Temiz Enerji” konusunda yapılan çalışmalara bir katkıda bulunarak Yıldız Enerji Evi’ni Davutpaşa Yerleşkesi’nde kurmuştur. “Rüzgar Enerjisi, Güneş Enerjisi, Toprak Kaynaklı Dikey Tip Isı Pompası, Isıl Enerji Depolama Sistem Bileşenleri ile Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Amaçlı Oluşturulacak Bileşik Yenilenebilir Enerji Sisteminin Modelleme ve Analizlerinin Gerçekleştirilmesi, Deney-sel Olarak incelenmesi” isimli proje, 2007 yılında YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne yapılan başvuru sonucu kabul edilmiş; bütçe yetersizliği nedeni ile ancak Haziran 2008’ de hayata geçirilmiştir. Davutpaşa Yerleşkesi’ndeki İstanbul Kız Liseliler, Kız Öğrenci Yurdu’nun yanında Rektörlükçe tahsis edilen iki katlı ve toplam 46 m² taban alanına sahip olan konteynerde Ağustos 2008’ de çalışmalara başlanmıştır. Bu konteynere “Yıldız Enerji Evi” adı verilmiştir.

Projede yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi (RE), güneş enerjisi (GE), dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası (DTKIP) ve gizli ısı depolama sistemi (GİD) ile bölgede yaygın olarak kullanılan konvansiyonel enerji kaynağı birlikte düşünülmüş, ayrıca Kız Öğrenci Yurdu’nun salonu ile Yıldız Enerji Evi’nin ısı yalıtım değerleri göz önüne alınarak yalıtım etkisi proje kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Isıtmada düşük sıcaklık rejimi ile duvardan ısıtma yöntemi uygulanarak yenilenebilir kaynakların optimum olarak kullanılması ve tesisattaki cihazların minimum kapasite ile çalıştırılması amaçlanmıştır. Bu proje, Birleşik Yenilenebilir Enerji Sistemi (BYES) olarak adlandırılmış, elde edilecek çıktılar ise ısı ve elektrik enerjisi olarak belirlenmiştir.

Bunun dışında Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerji Sistemleri Kulübü’ne (YTÜ-GESK) üye öğrenciler tarafından güneş enerjisi ile çalışan araç üretilmiştir. 2004 yılında tamamlanan aracın üzerinde bundan sonra çeşitli revizyonlar yapılmıştır. Barracuda adı verilen araç 2006 Formula G yarışında üçüncü olmuştur.



5.4.3 Özel Sektör

Türkiye’de fotovoltaik sektöründe hizmet veren firma sayısı 100’ü aşmış durumdadır. Bu firmalar genellikle distribütör, sistem kurucu veya perakende satış yapan kurumlar olarak faaliyet göstermektedirler.

Aşağıdaki bilgiler bazı özel sektör firmalarının uygulamalarıdır. Bu örnekler sadece sektörün geldiği düzeyi göstermek üzere verilmiştir.

ANELTECH

Çeşme Yarımadası’nda bulunan Çeşme Özpamir Sitesi’nde bir mobil operatör firması tarafından bir GSM baz istasyonu kurulmak istenmiştir. Baz istasyonunun enerji ihtiyacını karşılamak için hem rüzgar hem de güneş bakımından çok elverişli bir coğrafyada bulunan bölgenin güneşlenme süreleri, rüzgar hızları ve sistemin güç ihtiyacı belirlenerek projelendirme safhasına geçilmiştir.

Bu veriler ışığında Aneltech tarafından gerçekleştirilen hibrit sistemin kurulu gücü, 6.400 Wp’lık kısmı PV sistemden ve 2.000 W rüzgar türbininden karşılanmak üzere toplam 8.400 W olarak hesaplanmıştır. Bu güç değerlerini elde edebilmek için 32 adet 200 Wp monokristal tip panel ve 2 adet 1 kW gücünde 7 metre direk üzerine kurulu, donmaya karşı korumalı bir rüzgar türbini seçilmiştir. 180 cm çapındaki bu türbin, 17,5 kg ağırlığa ve özel bir kanat yapısına sahiptir. Enerji depolama amacıyla özellikle güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerde kullanılan OPzS tipi 2.400 Ah akıma sahip aküler ve akülerin şarjında verimi arttırmak amacıyla MPPT’li şarj kontrol üniteleri tercih edilmiştir.

Aneltech firması ayrıca fotovoltaik üretim tesisi kurma çalışmalarına başlamıştır. 2009 yılı içinde 13,5 MWp/yıl kapasiteli bir modül üretim tesisinin açılması ve 1800 metre-kare alana yayılı üretim tesisinde c-Si (kristal silikon) mono ve poli kristal hücreler içeren güneş panellerinin üretilmesi planlanmaktadır. 80 – 210 Wp gücündeki panellerin üretimleri sırasında, yüksek teknolojik ve yüzde 16,5 verimli hücreler özel tasarlanmış robotlar tarafından dize haline getirilerek, yine tam otomatik makinelerde el değmeden lehimlendikten sonra çerçevelenecek ve test edilecektir. 100 Wp’lık panel hesabıyla yılda ortalama 135 bin panel elde edilmesi planlanıyor. Bu panel kapasitesi ile yılda 17.740.000 kWh enerji üretilebileceği düşünülmektedir. Anel tarafından 2 milyon Euro yatırımla kurulacak tesisin, tam kapasite üretime geçtiğinde yılda 35 milyon Euro’luk ticari faaliyet yapması ve üretiminin yüzde 80’ini ihraç ederek, yılda 28 milyon Euro döviz getirmesi hedeflenmektedir. Bunun dışında şirket 2009 – 2010 yıllarında hücre geliştirme faaliyetlerine başlamayı ve üretime geçmeyi, ince film fotovoltaik teknolojileri ve nanoteknoloji konularında çalışmalar yapmayı düşünmektedir. Ayrıca şirket 2009 yılı içinde güneş enerjisi santrali kurma çalışmaları yapmayı ve EPDK’dan 10,5 MW’lık bir santral için üretim lisansı almayı planlamaktadır. Bu faaliyetlere paralel olarak tüm Türkiye’de yapılacak güneş enerji ve hibrit sistemlerinin kurulum çalışmalarının devam ettirilmesi hedeflenmektedir..

EBİTT

Faaliyetlerini Fresnel reflektör teknolojisine dayalı güneş ısı santralleri üzerinde yoğunlaştıran Ebit Akışkan Teknolojileri firması, Bossa’nın Adana tesislerine bu teknolojiyi kullanan bir test sistemi kurmuştur.



EKOSOLAR

Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi “Güneş Enerjisi ile Damla Sulama Projesi” TEMEV ve Ekosolar işbirliği ile gerçekleştirilmiştir.

ENİSOLAR

Enisolar firması tarafından Tesco-Kipa Hipermarketleri Marmaris Şubesinde 30 kWp güçte şebekeye paralel fotovoltaik güneş enerji sistemi hayata geçirilmiştir. Enerji tasarımı, mekanik ve elektrik projeleri Enisolar tarafından hazırlanan projenin entegrasyonu (tedarik-montaj-devreye alma) süreci de aynı firma tarafından yürütülmüştür. Bu sistem, Türkiye'nin en büyük şebekeye bağlı güneş enerji sistemi olma unvanını uzun süre korumuş bir uygulamadır.

180 adet Sharp 162 Wp panel ve 6 adet SMA Sunny Mini Central invertörün kullanıldığı projede aynı zamanda özel bir yazılım ile uzaktan izleme ve müşteri ara yüzü sistemleri de devreye alınmıştır. Tesco-Kipa Marmaris AVM'nin kasalarını besleyen sistem Tesco-Kipa'nın sosyal sorumluluk projesi kapsamında tamamlanmış olup, günde ortalama 180 kWh enerji üretmekte, yılda 43 tonluk karbondioksit emisyonunun engellenirken doğaya 130 ağaca eşdeğer katkı yapmaktadır.

Bu uygulamadan sonra Tesco-Kipa Kuşadası'nda 30 kWp şebekeye paralel fotovoltaik güneş enerji sistemi kurulumu gerçekleştirilmiştir. Marmaris Mağazası'nda edinilen tecrübe ile çok daha hızlı devreye alınan Kuşadası PV Sistemi'nde 240 adet Sharp 120 Wp modül ile yine 6 adet SMA Sunny Mini Central invertör kullanılmıştır. Günde ortalama 200 kWh enerji üreten sistem, yılda 45 tona yakın karbondioksit emisyonunu engellemektedir.

FORE ENERJİ

Fore Enerji tarafından 2006 yılında Fethiye Hillside Tatil Köyü'nde kurulan su arıtma sisteminde 5,6 kWp gücündeki fotovoltaik sistem sayesinde ters ozmoz yöntemiyle deniz suyundan kullanım suyu elde edilmektedir. Bu sistem günde 2 m³ temiz su üretecek şekilde tasarlanmış olup bölgede plaj yakınından çekilen acı suyu kullanılmaktadır. Acı su, ön arıtmadan sonra ters ozmoz sistemiyle tuzdan arındırılıp dezenfekte edilmekte ve uluslararası standartlarda içme suyu elde edilmektedir.

Fotovoltaik sistem 72 adet 80 Wp gücünde polikristal PV paneli, şarj kontrol ünitesi, evirici (invertör), aküler ve şebeke sigortalarından oluşmaktadır. Bütün arıtma sistemi PLC tarafından kontrol edilmekte, kontrol ünitesinden toplanan veriler bilgisayarda görüntülenebilmekte ve kaydedilmektedir.

Yine Fore Enerji tarafından Adapazarı'nda Toyota Türkiye Sakarya Fabrikası girişinde kurulan 14 kWp şebeke bağlantılı sistemde 176 adet 80 Wp yüksek verimli güneş paneli kullanılmıştır. Şebeke ile paralel çalışan sistemde özel cephe entegrasyonu yapılarak binanın estetik bir görünüme kavuşması sağlanmıştır. İnternete bağlı özel bir Türkçe yazılım ile anlık üretim değerleri ve engellenen CO₂ emisyon miktarı gibi veriler LCD ekranlarda görülebilmektedir. Ayrıca yine 80 Wp güneş panelleri ve özel regülatörler kullanılarak binanın önündeki otopark alanının güneş enerjili aydınlatma direkleri ile gece aydınlatılması sağlanmıştır.



GİRASOLAR

Türkiye'nin ilk fotovoltaik, rüzgar ve dizel jeneratöründen oluşan hibrit sistemi, 2007 yılında Girasolar Ltd. tarafından Fethiye Kızılada'da kurulmuştur.

GÜNIŞIĞI AYDINLATMA

Gün ışığı tüpleri kullanarak aydınlatma çözümleri sunan Günişığı Aydınlatma firması, başta Tesco Kipa Hipermarketler olmak üzere birçok yerde uygulamalar gerçekleştirmiştir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü binasında da firmanın aydınlatma çözümlerinden biri hayata geçirilmiştir. Gün ışığı aydınlatma sistemi, gün ışığı tüpü diye adlandırılan ve dış mekandaki gün ışığını iletim katsayısı çok yüksek bir metal boru ile taşıyıp iç hacme homojen dağıtan bir sistemdir. Dış mekanda bulunan şeffaf fanus üzerindeki optik kırılmalar ile gün ışığı boru içine yönlendirilmekte, yansıtma katsayısı % 99'un üzerinde bulunan özel film tabakası kaplı borular ile gün ışığı taşınarak en alt kısımda bulunan ışık yayıcı kapak ile homojen bir aydınlatma sağlanmaktadır. Sistemin en önemli avantajlarından biri ultraviyole radyasyonu % 99 oranında engellemesi ve sıcaklığı iletmemesidir. Bu sayede gün ışığından faydalanmak isteyen fakat sıcaklık sebebiyle kullanılamayan mekanlar için uygundur.

HİTİT SOLAR ENERJİ

Zorlu Grubu bünyesinde faaliyet gösteren Hitit Solar Enerji firması grubun Manisa tesislerinde parabolik oluk teknolojisine dayalı bir sistemi başarıyla test etmiştir. Şirket bu tecrübeden hareketle yurtiçi ve dışında güneş enerjisi ile ilgili projeler geliştirmeyi ve yatırımlar yapmayı planlamaktadır.

MOTİF PROJE VE İNŞAAT

MOTİF Proje ve İnşaat tarafından Antalya Beydağlarında 600 Wp PV ada ev sistemi kurulmuştur. 600 Wp mono kristal paneller, 3 kW tam sinüs invertör ve 400 Ah 12 volt akülerden oluşan sistemde günde ortalama 3 kWh enerji üretilmekte ve evin içinde bulunan A sınıfı tüketicilerin olduğu beyaz eşyalar çalıştırılmaktadır. Motif, İTÜ ile birlikte fotovoltaik sistemler ve uygulamalarını içeren eğitim programları sunmaktadır.

ÖZTUNÇ MÜHENDİSLİK

Mersin merkezli bir firma olan Öztunç Mühendislik tarafından Mersin'in Emirler köyünde 25 dönüm zeytinliği sulamak için yapılan uygulamada, 90 metre derinlikteki kuyuda 70 metreye indirilen solar pompa ve 4 adet 180 Wp gücünde 24 V'luk panel kullanılmıştır. Bu projedeki dinamik su seviyesi 46 metre olup, çıkarılan su 135 metre yatayda taşınarak 85 ton kapasitesindeki su deposuna toplanmıştır.

Projede elektriği akülerde depolamak yerine suyun depolanması tercih edilmiştir. Günlük sulama için yaklaşık 18–20 ton su kullanılmaktadır. Sahaya elektrik enerjisi getirmek için dağıtım şirketinin 70.000 TL civarında katkı payı istemesi üzerine jeneratör de dahil olmak üzere tüm alternatifler incelenmiştir. Bu karşılaştırma sonrasında her ay ödenecek fatura ile hat ve trafo kayıpları da hesaba katılınca güneş enerjisinin en uygunu olacağına karar verilmiştir. Sistemin maliyeti yaklaşık 7.500 Euro'dur.

Ayrıca Öztunç Mühendislik tarafından güneş enerjisiyle çalışan ve serinleme sağlayan bir şapka geliştirilmiştir. "Güneş Şapkası" adı verilen şapkanın ucuna takılan pervane,



güneş enerjisiyle dönerek kullanıcının yüz kısmını serinletmektedir. Şapkanın üzerine takılan güneş pili sayesinde güneş ışınları elektriğe çevrilmekte, bu elektrik kullanılarak şapkanın ucunda bulunan ve vantilatör görevi yapan pervane döndürülerek kullanıcıların yüz kısmı serinletilmektedir. Ayrıca şapkanın kendisi de güneşten koruyarak, sıcaklığın altında durmak zorunda olanlara kolaylık sağlamaktadır.

PROJE ENERJİ

Proje Enerji yenilenebilir enerji kaynaklarının belirlenmesi ve kullanımına yönelik bilgi sistemleri geliştiren ve bu konuda danışmanlık hizmetleri veren ilk yerli ve marka bağımsız firma özelliğini taşımaktadır. ODTÜ Teknokent'te KOSGEB Tekmer bünyesinde 2007 yılında kurularak faaliyete başlayan Proje Enerji, 2008 yılında Türkiye güneş enerjisi potansiyeli verilerini, tematik haritalarını ve analizlerini hazırlayarak Enerji Bakanlığı'na bağlı ELE'ye teslim etmiş ve GES yatırımlarına yönelik sektörün gelişiminde öncü rol üstlenmiştir. GES yatırımları için Türkiye genelinde saha belirleme çalışmalarını tamamlayan firma, kendi bünyesinde geliştirdiği model ve yazılımlarla GES yatırımları için ihtiyaç duyulan bilgileri üretmektedir. Ayrıca, güneş enerjisi ölçüm sistemleri üretimi de yapmaktadır.

TUNÇMATİK

Tunçmatik tarafından Güneş Sigorta'nın İstanbul - Esentepe'de bulunan Genel Müdürlük binasına kurulan 10 kWp gücündeki fotovoltaik güneş panelleri sayesinde yılda 9 MWh enerji üretilmektedir. 2 Mart 2009'da devreye giren sistemle yılda, 5,47 ton karbondioksit emisyonu engellenmesine olanak tanınmaktadır.

5.4.4. Dernekler ve Sivil Toplum Kuruluşları

Enerji Ekonomisi Derneği

Enerji ekonomisi konularında çalışmalar yapan akademisyenlerin önderliğinde Enerji Ekonomisi Derneği (EED), 15 Şubat 2005 tarihinde İstanbul'da kurulmuştur.

Türk enerji sektörünü dünya ile kucaklaştırmayı, enerji sektöründe karar verici mercilere ulaşmayı ve karar mekanizmalarında sinerji yaratmayı amaçlayan dernek, üyelerine aynı zamanda 86 ülkede 3200 den fazla üyesi bulunan Uluslararası Enerji Ekonomisi Derneği (International Association for Energy Economics - IAEE) olanaklarından faydalanabilme imkanını da sağlamaktadır.

Enerji Ekonomisi Derneği; enerjinin verimli, akılcı, temiz, ucuz, güvenilir üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi ile ilgili araştırma, teknoloji, tecrübe ve politikaların tartışılabileceği bir platform oluşturmayı, eğitim, tanıtım ve bilgi aktarma faaliyetlerini gerçekleştirmeyi hedeflemektedir.

Dernek belirlenen amaç ve hedefleri kapsamında Nükleer Enerji, Kyoto Protokolü, Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve diğer benzer konularda panel, seminer ve çalıştaylar gerçekleştirerek basın açıklamaları yapmıştır. Ayrıca dernek düzenli olarak çeşitli konularda enerji sohbetleri de gerçekleştirmektedir.

Bunlara ek olarak, 31. Uluslararası IAEE Konferansı, 18–20 Haziran 2008 tarihleri arasında, Uluslararası Enerji Ekonomisi Derneği ve Türkiye Enerji Ekonomisi Derneği'nin ortak organizasyonu ile İstanbul'da gerçekleştirilmiştir.



GÜNDER - Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu - Türkiye Bölümü

Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu - Türkiye Bölümü (GÜNDER), Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu'nun (ISES) Türkiye Bölümü olarak 3335 sayılı Uluslararası Nitelikteki Teşekküllerin Kurulması Hakkındaki Kanun'un 1. maddesine göre Bakanlar Kurulu'nun 10 Şubat 1992 tarih ve 92/2752 sayılı kararıyla kurulmuştur. GÜNDER halen Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü bünyesinde.

GÜNDER, güneş enerjisi ile ilgili konularda bilim ve teknolojinin geliştirilmesi, araştırma ve geliştirmenin özendirilmesi, güneş enerjisinin yaygın kullanımının teşvik edilmesi, güneş enerjisi ile ilgili alanlarda eğitimin özendirilmesi gibi konularda faaliyet göstermekte, uluslararası toplantılara ve yurt içi seminerlere katılım sağlamakta ve ortak sempozyumlar düzenlemektedir.

Bu faaliyetlerinin yanı sıra GÜNDER' in halen devam eden bir çalışması kapsamında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Bilkent Nanoteknoloji Merkezi ve Demirdöküm yüksek verimli güneş pili projesi başlatmışlardır.

Bu proje ile yeni malzemelere dayanan ve yüksek teknoloji gerektiren yüksek verimli güneş pili teknolojilerini geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef çerçevesinde projede verimlilikleri yüksek yeni ve akıllı fotovoltaik malzemeler tasarlanacak ve geliştirilecektir. Bu şekilde tasarlanmış ve üretilmiş akıllı malzemeler kullanılarak güneş pillerinin günümüzde % 10 civarında olan sistem verimlilikleri bu yeni malzemeler ile teorik olarak % 50 civarına çıkarılacak yeni yüksek teknolojilerin geliştirilmesi için araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapılacaktır. Projenin ilk kısmında güneş enerjisinin kullanımını en yüksek seviyeye çıkaran yarı iletken temelli malzemelerin tasarımı ve bu malzemelerin epitaksiyel yöntemlerle ülkemizde ilk kez üretimi gerçekleştirilecektir. Bu adımdan sonra üretilen bu malzemelerin mikro ve nanoteknoloji yöntemleri ile fabrikasyonu yapılacak ve malzemelere dayanan güneş pili hücreleri üretilenecektir. Yüksek teknolojinin Türkiye'de geliştirilmesini içeren bu aşamadan sonra üretilen güneş pili hücrelerinin elektrik ve optik özellikleri ölçülecektir. Karakterizasyonları başarı ile tamamlanan güneş pili hücreleri daha sonra projenin endüstriyel ortağı tarafından üretilen güneş paneli modüllerinde kullanılacaktır. Bu şekilde üretilen Güneş Paneli Modül Prototiplerinin elektrik ve optik karakterizasyonu yapılacak ve proje sonucunda ortaya çıkan Güneş Paneli Modül Prototiplerinin verimliliği ölçülecektir.

Güneş Derneği

GÜNEŞ Derneği (Güneşten Elektrik Üreticileri, Fotovoltaik Sanayicileri ve İşadamları Derneği) Tunçmatik ve Norm Enerji önderliğinde Kasım 2008'de kurulmuştur. Derneğin kuruluş amacı Türkiye'de güneşten elektrik enerjisi üretimini çoğaltıp yaygınlaştırmak ve bu konuda toplumun bilincini ve farkındalığını arttırmak olarak belirlenmiştir. Sektörde faaliyet gösterenler ile bu işe hizmet etmek isteyen gönüllü kişi ve kurumların bir araya gelmesi, aralarındaki iletişim ve bilgi paylaşımının sağlanıp sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunulması hedeflenmiştir. Dernek kurs, seminer, konferans, panel gibi birçok eğitim çalışmaları düzenlemek, gerekli olan her türlü bilgi, belge, doküman ve yayınları temin etmek, dokümantasyon merkezi oluşturmak ve bilgilendirme bölümleri çıkarmak dahil olmak üzere konuyla ilgili ve kuruluş amacına hizmet eden tüm faaliyetleri yapmayı amaçlamıştır.



Uluslararası örgütlerle de temasta olan Güneşe Derneği, Mayıs 2009'da Avrupa Birliği'nde (AB), güneş enerjisi endüstrisinin yüzde 95'ini temsil eden ve alanında Avrupa'nın en büyük sektörel birliği konumundaki Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Birliği'nin (EPIA = European Photovoltaic Industry Association) üyesi olmuştur.

Temiz Dünya Ekoloji Derneği

Temiz Dünya Ekoloji Derneği, son yıllarda dünyada giderek hız kazanan çevre sorunları ve küresel ısınma problemlerine karşı çalışma yapmak amacıyla Eylül 2007 başlarında kurulmuştur. Dernek kurulurken ekolojik mimari, besin çemberi, temiz enerji kaynaklarının kullanımı, ekolojik günlük yaşam rehberi gibi uygulamalar yapılması düşünülmüştür. Yine dernek kurulurken 4E (Enerji, ekoloji, ekonomi, eğitim dörtlüsü) ilkesinden hareket etmek ve bir bütünün ayrılmaz parçaları olarak görülen bu kavramları kamuoyuna uygulamalı olarak göstermek amaçlanmıştır. Bu anlamda atılacak ilk adımlardan biri olarak, ekolojik yaşam modeli ile bağlantılı çeşitli çevresel konularda referans niteliği taşıyacak projeler oluşturmak düşünülmüştür. En başta kendi geleceğine duyarlı tüm kurum ve şahısların bir çatı altında toplanmasına hizmet verecek ilk ve tek internet portalı çalışmasına başlanmıştır.

Bu amaçlar kapsamında dernek ofisinin önüne 1 kWp gücünde ve yılda 2 MWh elektrik üretebilen bir "güneş ağacı" kurulmuştur. Bu sayede dernek Türkiye'nin kendi enerjisini kendi üreten ilk sivil toplum kuruluşu olmuştur. Ayrıca bu projenin devamı sayılabilecek "Güneş Ormanı" için ilk güneş ağacı Fore Enerji ve İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü katkıları ile dernek ofisinin önüne dikilmiş bulunmaktadır.

Bir başka proje olan EkoEv (Temiz Dünya Evi) projesinde ise, Temiz Dünya Ekoloji Derneği, küresel ısınma ve iklim değişikliği gündeminde önemli bir yer tutacak yeni yaşam modellerinin Türkiye'deki ilk örneğini göstermek üzere, merkez binasını kendi enerjisini kendi üreten bir bina olarak inşa etmektedir. İstanbul içinde herkesin rahatlıkla ulaşabileceği bir üniversite kampüsünde inşası hedeflenen EkoEv, aynı zamanda birçok akademik çalışmaya da ev sahipliği yapacaktır.

Diğer bir proje olan "Güneş Okulu" projesinde, güneşi takip eden bir solar sistem ile güneşten elektrik üretilecek, okul içine yerleştirilecek bir LCD ekran ile üretilen elektrik enerjisi, tüketim, ne kadar karbondioksit emisyonuna engel olunduğu ve bunun doğada kaç ağaç dikmeye karşılık geldiği gibi faydalı bilgiler, öğrenci ve öğretmenlere grafikler ile sunulacaktır.

Başka bir proje olan TemizDunya.Com ile Türkiye'deki en büyük eksiklerden biri olan çevre dostu ürün ve servis üreticileri ile tüketicilerinin bir araya geleceği platformların eksikliğini gidermek ve hızla gelişen ve hızlanan internet dünyasının bu konuda içerdiği faydalı çözümlerden faydalanmak amaçlanmaktadır.

Derneğin diğer bir projesi Mersin'deki Soloi antik kentinin güneş enerjisiyle aydınlatılmasıdır. Temiz Dünya Ekoloji Derneği projeyi birçok özel sektör kuruluşu, Mersin Valiliği ve Büyükşehir Belediyesi, Kültür ve Turizm Bakanlığı gibi kurumlarla işbirliği yaparak gerçekleştirecektir.

Dernek Şubat 2009'da 144 sayfalık "Temiz Dünya Rehberi – Güneş Enerjisi" kitabını yayınlamıştır.



Temiz Enerji Vakfı (TEMEV)

Temiz Enerji Vakfı, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü ve TÜBİTAK'ın öncülüğünde 14 kişisel ve dört kurumsal üye ile 1994 yılının sonunda kuruldu. Vakfın bugün 21 kişisel, 5 kurumsal ve 150 civarında gönüllü üyesi bulunmaktadır. Temiz Enerji Vakfı'nın çalışma alanları üç ana başlık altında toplanarak, temiz ve tükenmez enerjilerin yaygın, etkin ve verimli kullanımını sağlayacak

- Araştırma-geliştirme ve uygulama çalışmalarını,
- Eğitim, bilgilendirme ve tanıtım çalışmalarını,
- Bilgi-belge derleme çalışmalarını, yapmaya, yaptırmaya ve desteklemeye yönelik etkinlikler olarak belirlenmiştir.

Vakıf kuruluşundan bu yana belirtilen bu ana başlıklarda çalışmalarını sürdürmüştür. Vakıf, iki adet AB Sinerji Projesi (Türk ortağı olarak), iki adet UNDP projesi, bir adet UNESCO projesi ve bir adet de Alman Büyükelçiliğinin desteklediği proje olmak üzere altı adet uluslararası projeye katılmış ve başarıyla sonuçlandırmıştır.

Bu çalışmaların yanı sıra Vakıf tarafından güneş enerjisi uygulamalarına yönelik projeler gerçekleştirmekte ve eğitim ,bilgilendirme ve tanıtım çalışmaları sürdürülmektedir.

Vakıf ayrıca,

- Temiz tükenmez enerjilerde yayınlar ve yazarlar için bilgi bankası oluşturulması ve zaman zaman güncellenmesi,
- Temiz tükenmez enerjilerle çalışan firma adreslerinin derlenerek bir bilgi bankası oluşturulması,
- İlgililere açık kitaplık oluşturulması,
- Video film arşivi oluşturulması,
- Yaklaşık 300 slaytlık arşiv oluşturulması,
- Temiz tükenmez enerjilerdeki yayınlara destek verecek yönerge oluşturulması, gibi bilgi ve belge derleme çalışmaları da yapmaktadır.

5.4.5. Diğer Kurumlar

DIYARBAKIR BELEDİYESİ

Diyarbakır Belediyesi'ne bağlı Diyarbakır Güneş Evi 21 Haziran 2008'de açılmıştır. "Enerji mimarlığı" ilkeleri kullanılarak inşa edilen güneş evinin taşıyıcı sisteminde ahşap malzeme kullanılmıştır. Bu evde, güneş panelleri ve kolektörleri aracılığıyla enerji elde edilmekte, biyolojik arıtma yapılmakta, yağmur suyu bahçe sulamada ve temizlikte kullanılmak üzere depolanmaktadır. Sera ve güneş duvarlarının yer aldığı evde yemekler güneş ocağında pişmekte, "Enerji Mimarlığı" ile ilgili bilgi paylaşımını desteklemek üzere evde özel bir kütüphane yer almaktadır.

Yörenin enlemine eşit olarak 40 derece eğimli olan güney çatısında ve yine güneye bakan 17 derece eğimli mutfak çatısında; her biri 162 Wp'lik, toplam 3,88 kWp kurulu güce ulaşan 24 adet fotovoltaik güneş paneli vardır. Bu düzenek, invertör, regülatör ve depolama amaçlı 16 adet 12 volt 100 Ah özel aküler aracılığı ile elektrik ihtiyacını sürekli olarak karşılayacaktır.



Toplam maliyeti 91 bin 600 Euro olan projenin 78 bin 700 Euro'su Avrupa Birliği'ne katılım öncesi Mali Yardım Programı çerçevesinde yer alan "Sürdürülebilir Kalkınmanın Sektörel Politikalara Entegrasyonu Projesi" kapsamında temin edilmiştir. Geriye kalan maliyet ise yerel sponsorlar tarafından karşılanmıştır.

5.5. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ KONUSUNDA FAALİYET GÖSTEREN BAZI DERNEK VE FİRMALAR

5.5.1. Dernekler

1. **Enerji Ekonomisi Derneği**
Tel: 0212 359 75 44
www.traee.org
2. **GÜNDER – (Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu – Türkiye Bölümü)**
Tel: 0312 295 52 24
www.gunder.org.tr
3. **Güneşe Derneği**
Tel: 0216 526 57 66
www.gunese.org
4. **GETSİD – Güneş Enerjisi Teknoloji Sanayici ve İşadamları Derneği**
www.getsid.com
5. **Temiz Dünya Ekoloji Derneği**
Tel: 0216 372 03 89
www.temizdunya.org
6. **Temiz Enerji Vakfı**
Tel: 0312 468 03 09
www.temev.org.tr

5.5.2. Firmalar

1. **Acer Enerji / Kayseri**
Tel: 0352 691 47 00
www.acerenerji.com
2. **Al Enerji / İstanbul**
Tel: 0212 219 98 94
www.alenerji.com.tr
3. **Anel Grup / İstanbul**
Tel: 0216 528 50 00
www.anel.com.tr
4. **Aneltech / İstanbul**
Tel: 0216 528 52 12
www.aneltech.com
5. **Anıtcam-SunStrip / Konya**
Tel: 0332 239 01 78
www.anitcam.com
6. **Ataseven Enerji / Ankara**
Tel: 0312 213 97 17
www.ataseven.com.tr
7. **Biovizyon Enerji / İstanbul**
Tel: 0216 574 94 43
www.biovizyon.com
8. **BMD Group / Ankara**
Tel: 0312 232 34 37
www.bmdgroup.net
9. **Dağsan Solar / Konya**
Tel: 0332 239 09 06
www.dagsan.com.tr
10. **Data TSP / İzmir**
Tel: 0232 328 00 96
www.datatsp.com
11. **DCD Enerji / İstanbul**
Tel: 0216 330 87 13
www.dcdenergy.com
12. **Demir Solar / Denizli**
Tel: 0258 263 79 80
www.demirsolar.com.tr
13. **Denba Telecom / İstanbul**
Tel: 0242 324 39 61
www.denba.com
14. **Depar Solar / Ankara**
Tel: 0312 397 72 36
www.deparsolar.com
15. **Dinler / Turhal / Tokat**
Tel: 0356 275 18 73
www.dinlersolar.com.tr
16. **DKS Enerji Sistemleri / Denizli**
Tel: 0258 263 42 83
www.solaraaenerji.com
17. **Dünya Prestij Elektronik / Ankara**
Tel: 0312 354 92 27
www.dunyaprestigesolar.com



18. **e Sistem** / İstanbul
Tel: 0216 528 50 00
www.esistem.com.tr
19. **Ebitt Akışkan Teknolojileri** / İstanbul
Tel: 0216 660 01 30
www.ebitt.com.tr
20. **Efsun Solar** / Antalya
Tel: 0242 258 11 53
www.efsunsolar.com
21. **Ekogüneş** / İstanbul
Tel: 0216 467 41 57
www.ekogunes.com
22. **Ekosolar** / Ankara
Tel: 0312 491 64 53
www.ekosolar.com
23. **Eksen Enerji** / Balıkesir
Tel: 0226 385 07 14
www.eksenenerji.com
24. **Elektropazar** / İstanbul
Tel: 0212 254 11 68
www.elektropazar.com
25. **Elektrosolar** / İstanbul
Tel: 0212 295 27 63
www.gunes-pilleri.com
26. **Eltesan Mobil Teknolojileri** / İstanbul
Tel: 0216 540 51 51
www.eltesanmobil.com
27. **Elite** / Ankara
Tel: 0312 472 83 93
www.eliteas.com.
28. **Enerda** / Ankara
Tel: 0312 433 03 13
www.enerda.com
29. **Enisolar** / İstanbul
Tel: 0212 291 13 73
www.enisolar.com
30. **ENVY** / Ankara
Tel: 0312 583 88 00
www.envy.com.tr
31. **Eraslan** / Kırşehir
Tel: 0386 272 10 70
www.eraslan.com.tr
32. **Eren Solar Grup** / Ankara
Tel: 0312 354 09 92
www.eren-solar.com
33. **Erk Solar** / Aydın
Tel: 0256 316 27 27
www.erksolar.com
34. **Ersan** / Yalova
Tel: 0226 812 40 55
www.ersangunesenerjisi.com.tr
35. **Espe Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 639 57 29
www.espe.com.tr
36. **ESS Energy – Er-Şah** / Ankara
Tel: 0312 441 56 27
www.ess-energy.com
37. **Euro Solar** / İstanbul
Tel: 0216 680 44 50
www.eurosolar.com.tr
38. **Ey-Naz Kompozit** / Ankara
Tel: 0312 395 79 30
www.ey-naz.com
39. **EYT** / İstanbul
Tel: 0216 342 68 67
www.eyt.com.tr
40. **Ezinç Metal** / Kayseri
Tel: 0352 321 13 21
www.ezinc.com.tr
41. **Federal Mir Group** / İstanbul
Tel: 0212 465 06 09
www.federalmir.com
42. **Ferhat Elektronik** / Ankara
Tel: 0312 309 16 11
www.ferhat.com.tr
43. **Fethiye Consult** / Fethiye /Muğla
Tel: 0532 599 27 94
www.fethiye-consult.com
44. **Fore Enerji** / İstanbul
Tel: 0216 372 03 80
www.foresolar.com
45. **Form Grup** / İstanbul
Tel: 0212 286 18 38
www.formgroup.com
46. **Ges Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 438 45 90
www.gesenerji.com



47. **Gira Solar** / İzmir
Tel: 0232 251 19 90
www.girasolar.com.tr
48. **Global Enerji** / Kayseri
Tel: 0352 240 81 74
www.globalenerji.org
49. **Go Grup Enerji** / Ankara
Tel: 0312 217 52 19
www.goenerji.com
50. **Green Enerji** / İzmir
Tel: 0232 264 64 43
www.greenenerji.com
51. **Güneş Pili** / Konya
Tel: 0332 342 73 43
www.gunes-pili.com
52. **Günişığı Aydınlatma** / İstanbul
Tel: 0212 356 45 03
www.gunisigiaydinlatma.com
53. **Hitit Solar Enerji – Zorlu Grup** / İstanbul
Tel: 0212 456 23 00
www.hititsolarenerji.com
54. **Hizmark - Solis Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 264 17 17
www.hizmark.com
55. **İnci Solar** / Kayseri
Tel: 0352 233 50 60
www.incisolar.com
56. **İnform A.Ş.** / İstanbul
Tel: 0216 622 58 00
www.inform.com.tr
57. **Intersolar - Atamer Grup** / Ankara
Tel: 0312 473 44 24
www.atamergroup.com
58. **IPC** / İstanbul
Tel: 0216 317 41 42
www.ipc.com.tr
59. **KA Metal** / Bursa
Tel: 0224 411 99 49
www.kametal.com
60. **Koçtaş Teknoloji** / İstanbul
Tel: 0212 556 40 50
www.koctasteknoloji.com
61. **Kuzeymak** / Mersin
Tel: 0324 444 44 88
www.kuzeymak.com
62. **Laterna** / İstanbul
Tel: 0212 567 88 86
www.laek.com.tr
63. **Linetech** / İstanbul
Tel: 0212 671 09 39
www.linetech-tr.com
64. **Mavisis Teknoloji** / Gebze / Kocaeli
Tel: 0262 678 89 75
www.mavisis.com
65. **Mekanik Tasarım** / İstanbul
Tel: 0212 259 38 25
www.halukderya.com
66. **Merk Solar** / İstanbul
Tel: 0212 233 82 91
www.merkenerji.com
67. **Mert Solar** / Ankara
www.mertsolar.com
68. **Moduled Elektronik** / Ankara
Tel: 0312 394 34 62
www.modul-solar.com
69. **Motif Proje** / Ankara
Tel: 0312 442 87 27
www.fotoelektron.com
70. **Multi Contact Türkiye / Staubli** / İstanbul
Tel: 0212 472 13 00
www.multi-contact.com
71. **Mutlu Akü** / İstanbul
Tel: 0216 304 15 90
www.mutlu.com.tr
72. **Na-Me** / Ankara
Tel: 0312 395 14 96
www.na-me.com.tr
73. **Net Enerji Ltd. Şti.** / Diyarbakır Tel: 0412 257 16 61
www.netenerji.com
74. **Norm Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 444 09 41
www.normenerji.com.tr
75. **Normtest** / Ankara
Tel: 0312 491 57 00
www.normtest.com.tr
76. **Ontek** / İstanbul
Tel: 0216 340 26 63
www.gunespil.net



77. **Ostim Enerjik** / Ankara
Tel: 0312 385 50 90
www.ostimenerjik.com
78. **Ouraset Solar** / Adana
Tel: 0322 346 49 00
www.ouraset.com
79. **Öz Lodos Enerji** / Ankara
Tel: 0312 436 27 62
www.ozlodos.com
80. **Özbaylar** / Elazığ
Tel: 0424 255 14 70
www.ozbaylar.com
81. **Özen Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 227 82 22
www.ozenerji.com.tr
82. **Öztunç Mühendislik** / Mersin
Tel: 0324 320 38 39
oztuncmuhendislik.awardspace.com
83. **Permak Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 227 68 11
www.permakenerji.com
84. **Power Elektronik** / İstanbul
Tel: 0216 533 88 88
www.powerelektronik.com.tr
85. **Proje Enerji** / Ankara
Tel: 0312 210 10 56
www.projeenerji.com
86. **Renener** / İstanbul
Tel: 0212 273 15 00
www.renener.com
87. **RSB Yapı** / Mersin
Tel: 0324 237 80 52
www.rsbyapi.com.tr
88. **Sader** / Ankara
Tel: 0312 256 53 53
www.sader.com.tr
89. **Seiso** / Konya
Tel: 0332 444 06 02
www.seiso.net
90. **Semai Güneş Enerji Sistemleri** / İstanbul
Tel: 0212 699 88 93
www.semai.com.tr
91. **Ser-Gün Güneş Enerji Sistemleri** / Antalya
Tel: 0242 444 07 01
www.sergun.com
92. **Schüco** / İstanbul
Tel: 0212 465 68 80
www.schueco.com.tr
93. **SKM Grup** / İstanbul
Tel: 0216 573 96 92 www.skmgrup.com
94. **Solartek - Feniş Teknik** / Gebze / Kocaeli
Tel: 0262 742 18 30
www.solartek.com.tr
95. **SolarTürk** / Ankara
Tel: 0312 424 04 47
www.solarturk.com
96. **Solen** / İstanbul
Tel: 0216 302 33 73
www.solenenerji.com.tr
97. **Solenx** / İzmir
www.solenx.com
98. **Solimpeks** / Konya
Tel: 0 332 444 06 02
www.solimpeks.com
99. **Sonnendach** / Gaziantep
Tel: 0342 232 40 30
www.sonnendach.com.tr
100. **Sunset Enerji** / Antalya
Tel: 0242 323 11 95
www.sunsetenerji.com.tr
101. **Sunstrip** / Konya
Tel: 0332 239 01 78
www.sunstrip.com.tr
102. **Tayfun Otomotiv** / Gaziantep
Tel: 0342 337 46 73
www.tayfunltd.com
103. **Tunçmatik** / İstanbul
Tel: 0216 314 51 51
www.tuncmati
104. **Uzman Enerji** / İstanbul
Tel: 0216 492 48 78
www.uzmanenerji.com
105. **Yesa Enerji** / İstanbul
Tel: 0212 855 36 98
www.yesaenerji.com



5.6. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Web Sitesi / Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Güneş (http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes_index.html)
2. Kaynak: **Dr. Çiğdem TIRIS / TÜBİTAK-MAM**
3. Türkiye'nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları / Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını / Ağustos 1984 / Baskı: Önder Matbaa / Sayfa: 62
4. Coody, Güneştrik A. Ş. / 3e / Mayıs 1994. / Sayfa: 29
5. IEA – PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme) Annual Report 2007 – Turkey – PV Technology Status and Prospects. Siddık İçli, Director, Solar Energy Institute, Ege University, İzmir, Turkey Mete Çubukçu, Research Assistant, Solar Energy Institute, Ege University, İzmir, Turkey
6. TÜBİTAK-MAM (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi)
7. Prof Dr. Metin Çolak, Ege Üniversitesi, Ulusal PV Teknoloji Platformu ve Türkiye'de Bazı PVPS Uygulamaları, 23 Ocak 2009.
8. Temiz Dünya Rehberi – Güneş Enerjisi / Temiz Dünya Ekoloji Derneği / Doğa Yayıncılık Ltd. Şti. / İstanbul, 2009.

6. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ VERİLERİNİN ANALİZİ VE İLAVE ÇALIŞMALAR

6.1. EİE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEPA)

Aşağıda Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası ve bununla ilgili açıklama ve tablolara yer verilmiştir.



Şekil 6.1. - Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası

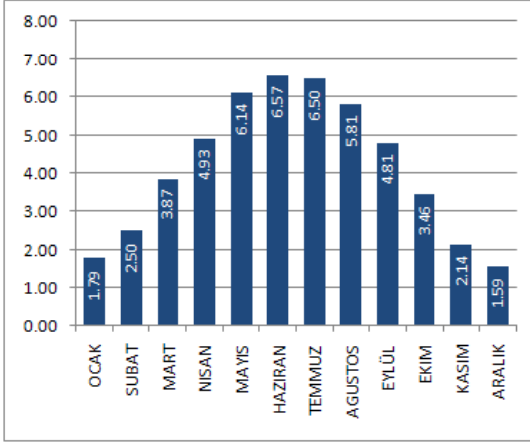
Açıklamalar:

Güneş Modeli:

- Türkiye Güneş Modeli, Coğrafi Bilgi Sistemi’nde kullanılan “*ESRI Solar Radiation Model*” ile aşağıdaki temel parametreler kullanılarak hazırlanmıştır.
- Eğim-Baki-Gölgelenme Hesaplamaları için, Türkiye 1/100.000’lik topoğrafik haritadan üretilmiş yatayda 500m x 500m grid boyutlarına sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)
- Türkiye 36–42 Derece Enlem Değerlerine Ait Alanlar
- 32 yönde Zenit ve Azimut Açılırları
- Açık ve Kapalı Gökyüzü Hesaplama Metotları
- Modelde kullanılacak parametrelerin hesaplanması ve model kalibrasyonunun yapılması için EİE ve DMİ istasyonlarında 1985 – 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 22 yıllık saatlik güneş ölçüm değerleri
- Gökyüzü Işık İletim Katsayısı (Transmittivity) ve Gökyüzü Açıklığı (Diffuse Proportion)

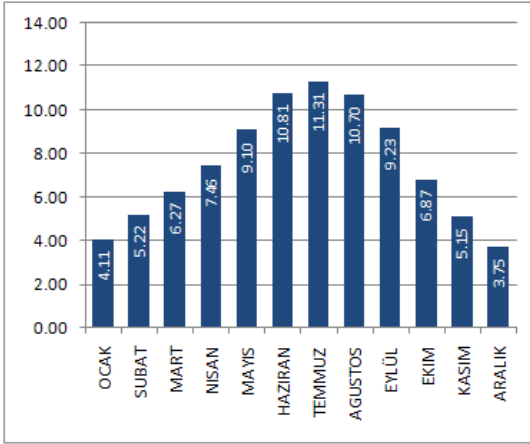
Modelin Kullanılması sonucunda, 12 aya ait günlük değerlerden elde edilen aylık ortalamaları içeren aşağıdaki bilgiler 500m x 500 m grid haritası olarak elde edilmiştir.

- Toplam Güneş Radyasyonu (kWh/m²-gün)
- Direkt Güneş Radyasyonu (kWh/m²-gün)
- Difüz Güneş Radyasyonu (kWh/m²-gün)



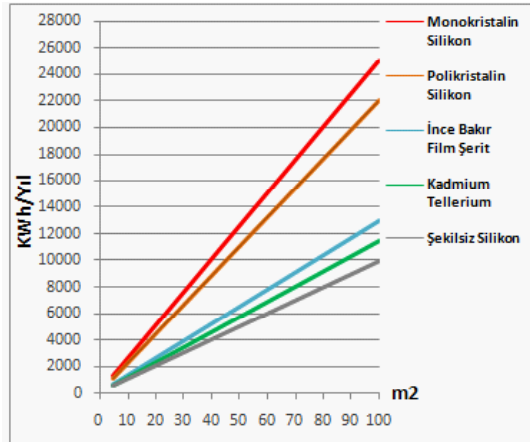
Şekil 6.2. - TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün)

(Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneş Radyasyonu)



Şekil 6.3. - TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)

(Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi)



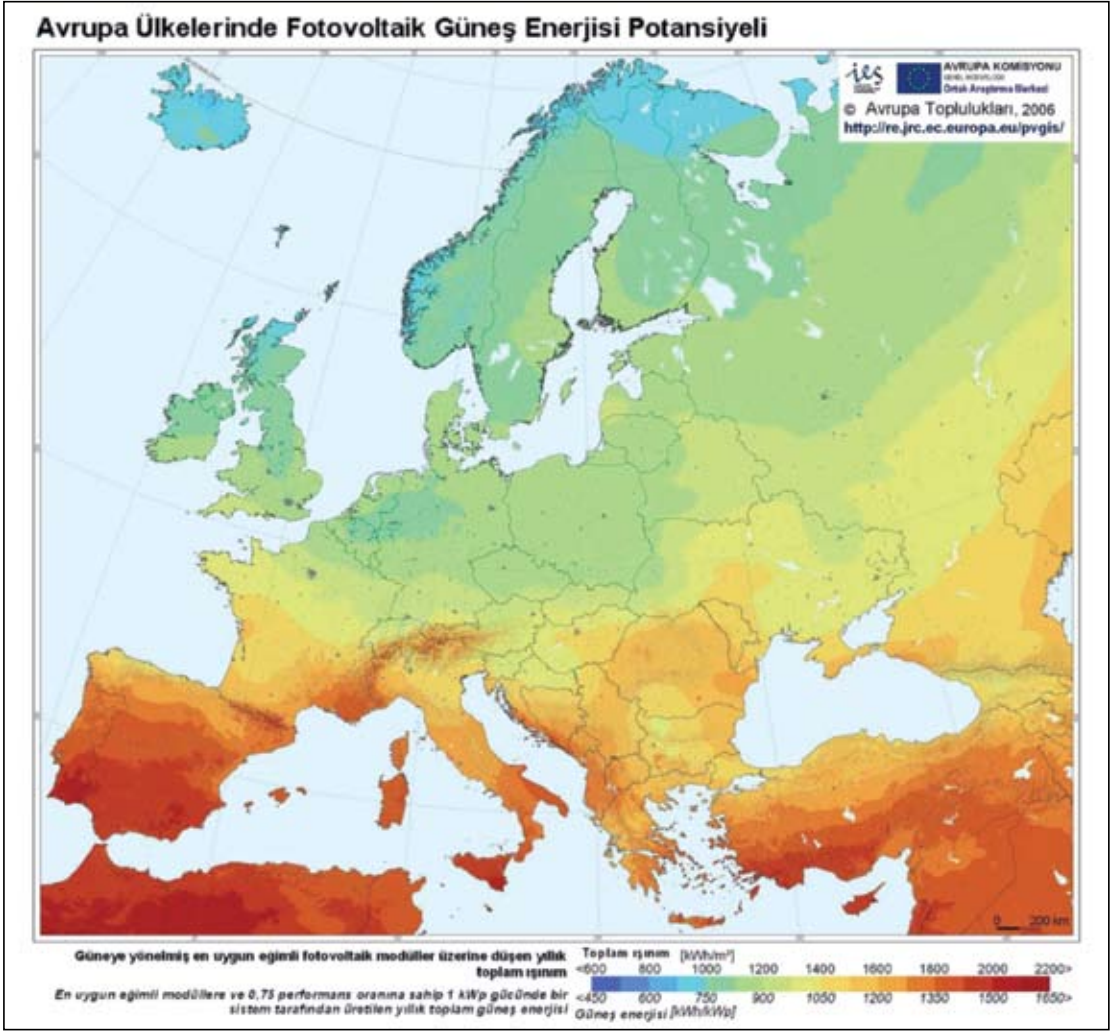
Şekil 6.4. - TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretelebilecek Enerji (KWh-Yıl)

(PV Sistemi-Alan-Enerji-Grafiği)

(Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü)

6.2. PVGIS (AVRUPA KOMİSYONU ORTAK ARAŞTIRMA MERKEZİ FOTOVOLTAİK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ) VERİLERİ:

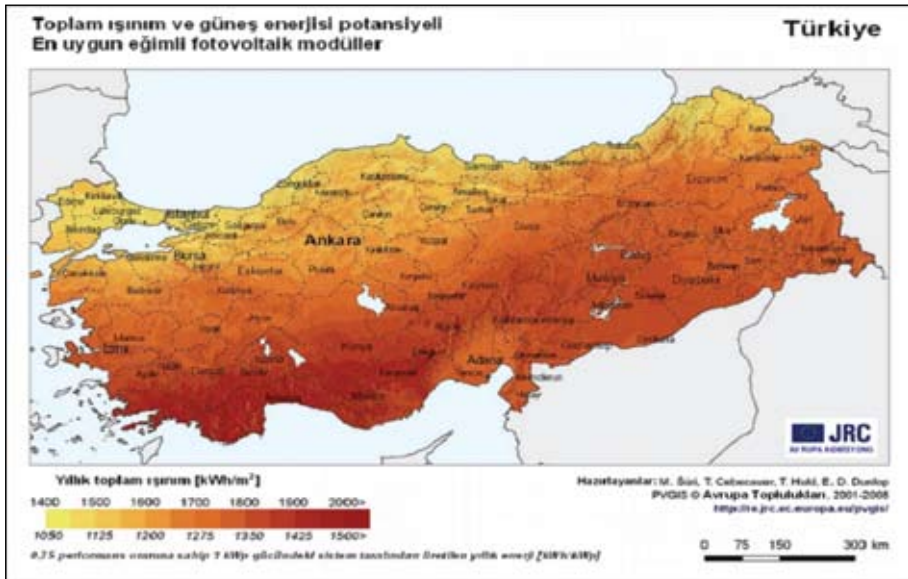
Temelleri 1957 yılında Roma anlaşmasıyla kurulan Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu'na (European Atomic Energy Community = Euratom) dayanan Ortak Araştırma Merkezi (Joint Research Centre), Avrupa Komisyonu şemsiyesi altında faaliyet gösteren araştırma merkezleri topluluğunun genel adıdır. Bu merkezin en önemli projelerinden biri olan PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System = Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi) güneş enerjisi ile ilgili çok değerli bilgiler sunmaktadır. Aşağıda buradan alınan biri Avrupa, ikisi de Türkiye ile ilgili üç harita verilmektedir.



Şekil 6.5. – Avrupa ülkelerinde güneşe yönelmiş en uygun eğimli fotovoltaik modüller üzerine düşen toplam yıllık güneş ısınım şiddeti



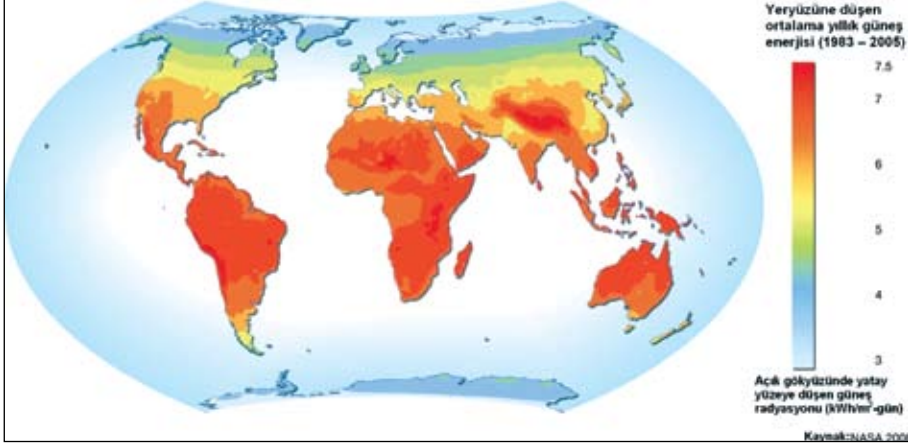
Şekil 6.6. – Türkiye’de yatay yerleştirilmiş fotovoltaik modüller için toplam güneş ışınlam şiddeti ve güneş enerjisi potansiyeli



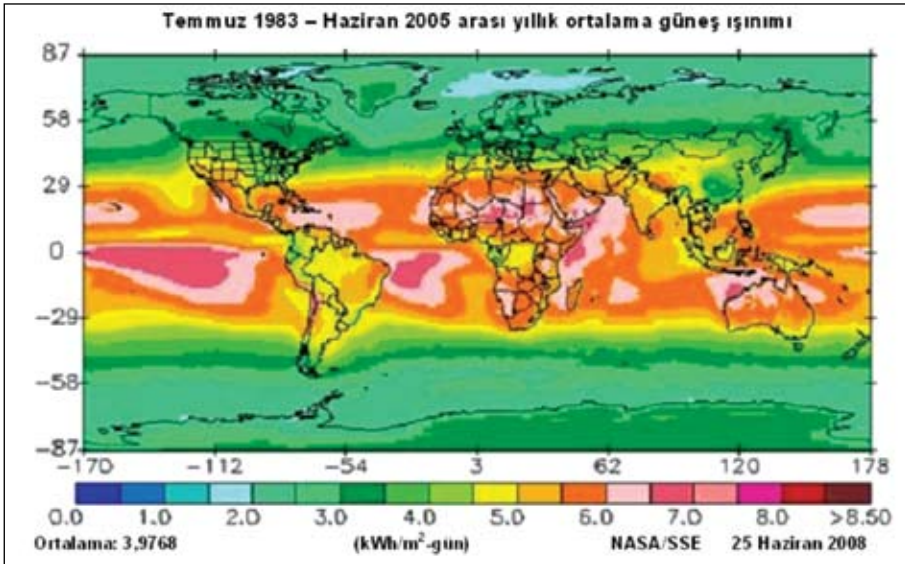
Şekil 6.7. – Türkiye’de en uygun eğimli fotovoltaik modüller için toplam güneş ışınlam şiddeti ve güneş enerjisi potansiyeli

6.3. NASA (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION) (ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) Verileri

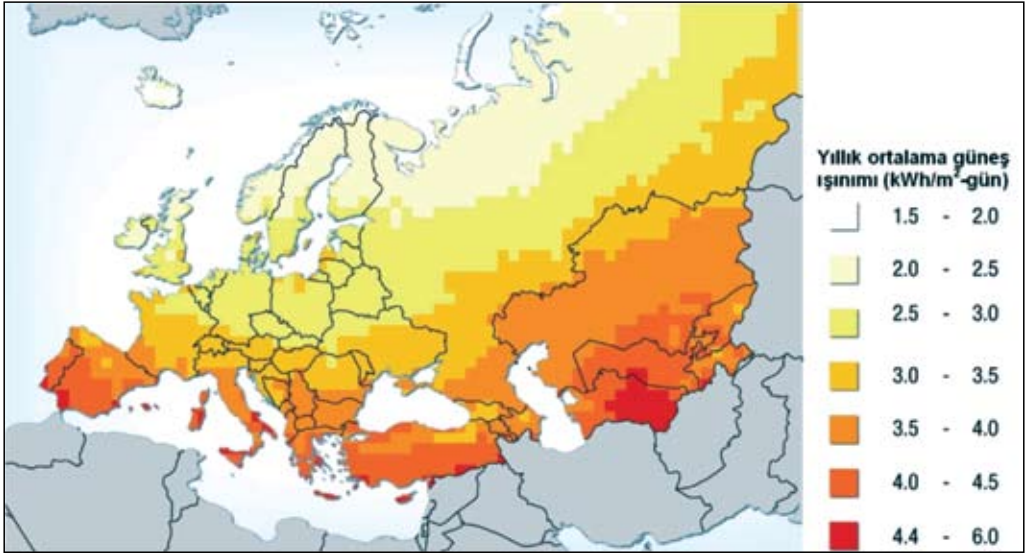
NASA'nın uzun yıllar boyunca topladığı veriler ve bunlara dayanarak çizilen haritalardan Dünya, Avrupa ve Türkiye ile ilgili olanlardan dördü aşağıda verilmektedir.



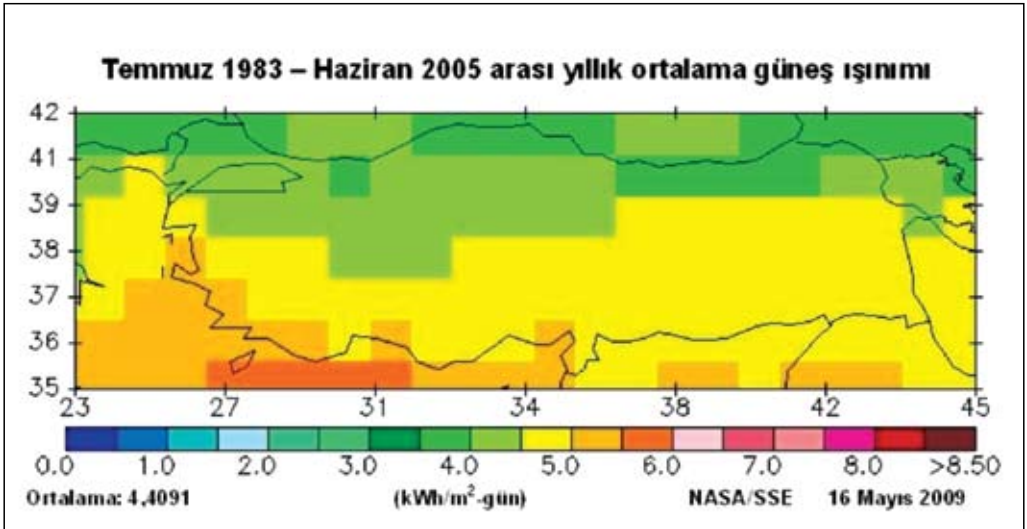
Şekil 6.8. – NASA verilerine göre hazırlanmış açık gökyüzü yatay yüzeye düşen ortalama yıllık toplam güneş ışınımı dünya haritası (1983 – 2005 dönemi) (Kaynak: NASA 2008)



Şekil 6.9. - NASA verilerine göre hazırlanmış ortalama yıllık toplam güneş ışınımı dünya haritası (1983 – 2005 dönemi) (Kaynak: NASA/SSE (NASA Surface Meteorology and Solar Energy Web Site) (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>))



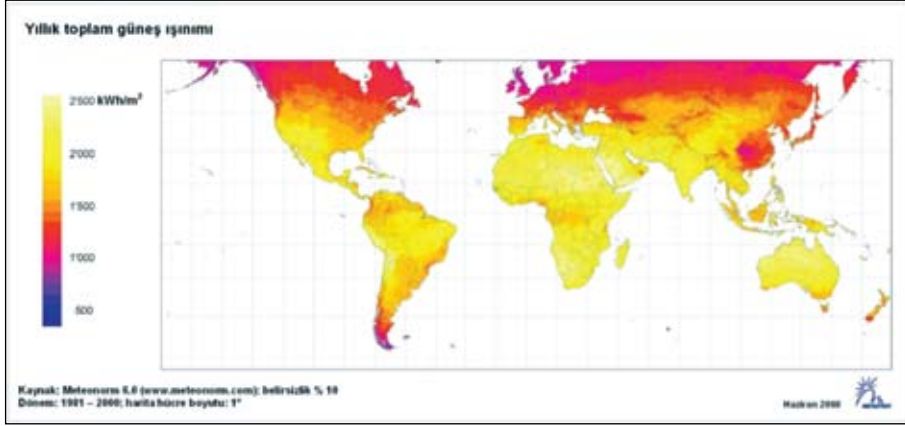
Şekil 6.10. - NASA verilerine göre hazırlanmış ortalama yıllık toplam güneş ışınlamı Avrupa haritası (1983 – 1995 dönemi) (Kaynak: <http://maps.grida.no/go/graphic/solar-insolation>; Hugo Ahlenius, UNEP/ GRID-Arendal; Veri: NASA. 2007. NASA Surface meteorology and Solar Energy: Global Data, release 5.1 - Insolation on horizontal surface (1983-1993). <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s01> (Accessed July 14th 2007))



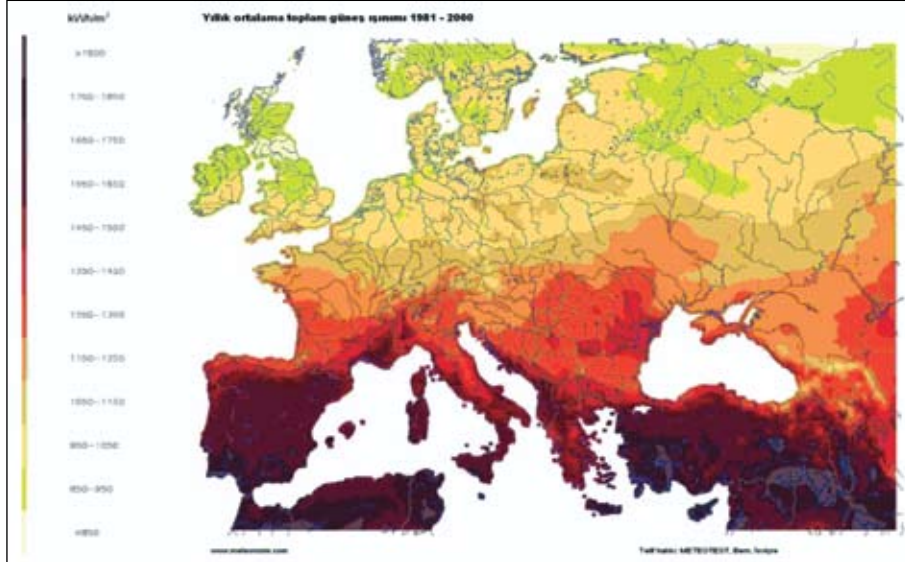
Şekil 6.11. - NASA verilerine göre hazırlanmış ortalama yıllık toplam güneş ışınlamı Türkiye haritası (1983 – 2005 dönemi) (Kaynak: NASA/SSE (NASA Surface Meteorology and Solar Energy Web Site) (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>))

6.4. METEONORM (METEOTEST GLOBAL METEOROLOGICAL DATABASE FOR SOLAR ENERGY AND APPLIED METEOROLOGY) VERİLERİ

1981 yılında kurulan İsviçre merkezli bağımsız ve özel bir şirket olan Meteotest, hava tahmini, uygulamalı meteoroloji, hava kirliliği kontrolü, coğrafi bilgi sistemleri, veritabanı çözümleri ve web uygulamaları alanlarında faaliyet göstermektedir. Şirketin güneş enerjisi ve uygulamalı meteoroloji için bir veri tabanı olan Meteonorm'un, Türkiye'yi de kapsayan Dünya ve Avrupa ile ilgili iki güneş enerjisi haritası aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.12. – Meteonorm dünya yıllık toplam güneş ışıması haritası (1981 – 2000 dönemi)
(Kaynak: Meteotest; database Meteonorm (www.meteonorm.com))



Şekil 6.13. - Meteonorm Avrupa ortalama yıllık toplam güneş ışıması haritası (1981 – 2000 dönemi)
(Kaynak: Meteotest; database Meteonorm (www.meteonorm.com))



6.5. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (<http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>)
2. European Commission Joint Research Centre Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)
3. NASA (National Aeronautics and Space Administration) <http://www.nasa.gov/>
4. NASA Surface Meteorology and Solar Energy Web Site (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>)
5. <http://maps.grida.no/go/graphic/solar-insolation>
6. METEOTEST - <http://www.meteotest.ch/>
7. METEONORM – Global Solar Radiation Database <http://www.meteonorm.com/>
8. METEONORM – Maps of Global Horizontal Radiation and Temperature <http://www.meteonorm.com/pages/en/downloads/maps.php>



7. ENERJİ ARZ- TALEP DURUMUMUZ

7.1. POLİTİKALAR

Türkiye enerji tüketiminde ciddi boyutlarda dışa bağımlılık yaşamaktadır. Halen yaklaşık % 75 oranındaki ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığımız önümüzdeki yıllarda da devam edecektir. Enerji talebimiz ağırlıklı olarak fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu bölümde birincil enerji kaynakları ve elektrik enerjisi arz-talep dengemiz kısaca özetlenerek yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın bu dengeye katkısına değinilecektir.

Enerji, günümüz teknolojisinin, sosyo-ekonomik refahının ve ileriye dönük gelişmenin temel girdisidir. Bu nedenle; yeterli, güvenilir, kaliteli ve çevreye en az zarar verecek şekilde temin edilmesi için bölge ve ülkeler bazında enerji politika ve strateji alternatifleri üretilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından hazırlanan alternatifli senaryolar kapsamında yer alan; enerji güvenliği ve iklim değişikliği önlemlerinin tüm ülkelere benimsendiği ve uygulandığı fosil yakıtların kullanımında önemli düşüşler, enerji verimliliğinde artışlar ve karbondioksit salınımının azaltılması gibi önlemleri içeren bir senaryo hızla benimsenmektedir. Bu alternatif senaryo ile referans senaryodaki 43 Gigaton/yıl olan emisyon, 23 Gigaton/yıl'a düşürülmekte, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının paylarının artırılması yanında tüketimde verimlilik artışları ön plana çıkarılmaktadır. Bu çerçevede, artan talebin olabildiğince fosil kökenli olmayan kaynaklardan karşılanmasını teminen alınabilecek önlemlere de büyük önem ve öncelik verilmektedir. Bu politikaların benimsenmesinin diğer sebeplerini; üretici ülkelerdeki politik ve ekonomik istikrarsızlık, bölgesel çatışmalar, hızla büyüyen ekonomilerin artan enerji talebi, enerji projeleri için gerekli finansman ihtiyacının teminindeki güçlükler, enerji nakil yolları üzerindeki siyasal çatışmaların yarattığı arz kesintileri, çevre konusunda ortaya çıkan yeni çevresel yükümlülükler, petrol fiyatlarındaki dalgalanmaların ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri olarak sıralamak mümkündür.

Bu küresel gelişmeler doğrultusunda, ülkemizin enerji politikaları da, enerjinin, ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek ve sosyal gelişme hamlelerini destekleyecek şekilde; zamanında, yeterli, güvenilir, rekabet edilebilir fiyatlardan, çevresel etkileri de göz önünde tutularak temin edilmesi olarak tespit edilmiştir.

Bu kapsamda, ülkemizin ana enerji politika ve stratejileri arasında;

- * İthalatta kaynak ve ülke çeşitlendirilmesi,
- * Yerli ve yenilenebilir kaynakların kullanımı ve geliştirilmesine öncelik verilmesi,
- * Farklı teknolojilerin kullanımı, geliştirilmesi ve yerli üretimin artırılması,
- * Ülkemizin enerji ticaret merkezi olma potansiyelinden en iyi şekilde yararlanılması,
- * Talep yönetiminin etkinleştirilmesi ve verimliliğin artırılması,
- * Her aşamada çevresel etkilerin göz önünde bulundurulması,

gibi günümüz global enerji politikaları ile uyum içerisinde olan bazı ana başlıklar yer almaktadır. Bu ana başlıklar “yerli enerji kaynaklarımızın üretime olan katkısının hızla artırılması ve yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın etkin şekilde kullanılması” gibi on yıllar öncesinde deklare edilmiş olan ülkemizin enerji politikaları ile tamamen örtüşmektedir.



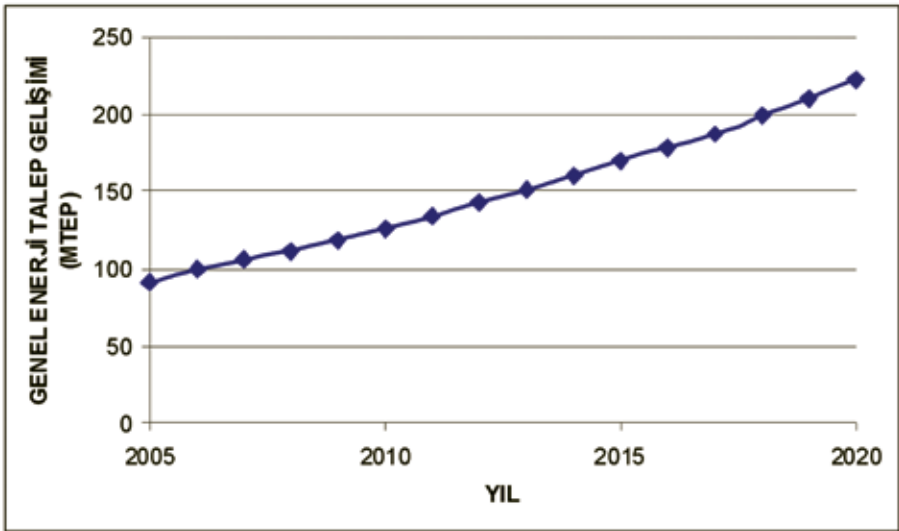
7.2. GENEL ENERJİ DURUMU

Ülkemiz her çeşit enerji kaynağına sahip olmakla birlikte, linyit kömürü ve hidrolik enerji hariç diğer bilinen birincil enerji kaynaklarımız şimdilik, talebin karşılanmasına etkili bir katkı yapacak kadar yeterli kullanılmamaktadır. Artan talebin karşılanabilmesi bakımından, geçmiş yıllarda olduğu gibi gelecek yıllarda da önemli ölçüde ithalât yapılacak ve enerji konusunda dışa bağımlılık devam edecektir. Ancak, Türkiye'nin dünya bor rezervlerinin % 72'sine, toryum rezervlerinin % 54'üne sahip olduğu da bilinmektedir.

Birincil enerji kaynakları açısından arz-talep dengemize bakıldığında;

1990 yılındaki talebimizin 52,9 MTEP olduğunu bunun 25,4 MTEP'inin yerli üretimle karşılandığını görmekteyiz. 2004 yılına gelindiğinde birincil enerji talebimiz 87,8 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Bunun % 28'i olan 24,3 MTEP birincil enerji üretimi yerli kaynaklardan karşılanırken, % 72'si ithal edilmiştir. 2004 Yılı'ndaki 24,3 MTEP olan enerji üretiminin; % 43,4'ü kömür, % 12,4'ü petrol ve doğal gaz, % 16,2 hidrolik, % 22,7 ticarî olmayan kaynaklar, % 5,2'si yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Birincil enerji tüketimimiz yıllık ortalama % 2,8 oranında artış göstererek 2007 yılı sonu itibarıyla 107,6 MTEP eşdeğerine ulaşırken yerli üretimimiz 27,4 MTEP'de kalmıştır. Yerli birincil enerji kaynak üretimimizin % 54'ü kömür, % 8'i petrol, % 3'ü doğal gaz, % 17'si yenilenebilir kaynaklar ve % 18'i ticari olmayan kaynaklardan karşılanmıştır.

İleriki yıllara dönük genel enerji talep gelişimiz **Şekil 7.1.**'de verilmektedir.



Şekil 7.1. - Türkiye Genel Enerji Talep Gelişimi

İleriye yönelik olarak birincil enerji talebinin ithal kaynaklarla karşılanma oranındaki artış trendinin azaltılması planlanmakta, 2020 Yılı'nda % 80'lere ulaşması beklenen ithalâtın % 70'ler civarında tutulabilmesi hedeflenmektedir. 2004 ve 2007 yılları ile bu hedef doğrultusunda, 2020 Yılı'na ait enerji üretim ve tüketim durumu, **Tablo 7.1.**'de özetlenmiştir.

Tablo 7.1. - Türkiye'nin Enerji Üretim ve Tüketim Durumu

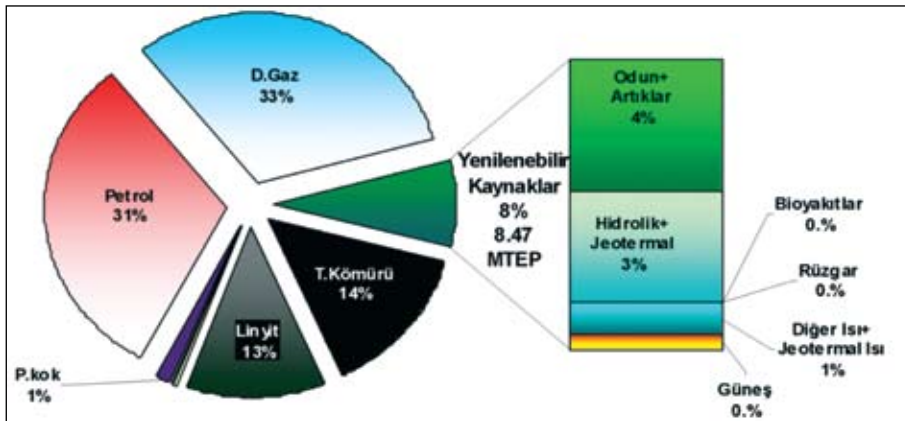
Yıllar	2004	2007	2020*
Üretim (Mtep)	24,3	27,4	65,7
Net İthalât (Mtep)	63,5	80,2	156,7
Talep (Mtep)	87,8	107,6	222,4

Kaynak: ETKB Genel Enerji Planlama Çalışması 2004

Tablodan da görüleceği üzere talebin yerli üretimle karşılanma oranları yaklaşık olarak, 2004 yılı için % 28, 2007 yılı için % 26 olup, 2020 Yılı için % 30 civarında olması beklenmektedir.

Ülkemiz, kendi enerji kaynakları ile enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilecek bir potansiyele sahip olmasına karşın bu kaynaklardan yeterince yararlanamamaktadır. Yukarıda verilen tablonun değiştirilmesi için yerli kaynaklarımızın üst düzeyde kullanılması ve yeni teknolojilerin istihdamı yönünde ciddi finansman kaynaklarının ayrılması gerekmektedir.

Diğer taraftan, Türkiye önemli miktarda yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeline de sahiptir. Bu kaynaklar hidro, rüzgar, jeotermal, güneş ve biyokütledir. Yenilenebilir kaynaklarımız Kömürden sonra enerji üretimi için ikinci büyük yerli kaynağımızdır. Ülkemiz yenilenebilir enerji arzı ağırlıklı olarak hidrolik kaynaklar ve biyokütleden üretilmektedir. Biyokütlenin payı yenilenebilir enerji arzımızın yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Bu oranın tamamına yakını ticari olmayan yakıtlardan olan ve konut ısıtılmasında kullanılan odun ve hayvan artıklarıdır. Geri kalan yenilenebilir enerji arzı ise ağırlıklı olarak hidrolik kaynaklardan elde edilmektedir. Halen çok küçük olan rüzgar ve güneş enerjileri payının yakın gelecekte hızla artması beklenmektedir. Ülkemizde büyük potansiyele sahip jeotermal, rüzgar ve güneş gibi yerli kaynaklarımız, enerji politikalarımızda önemle vurgulanmasına karşın, şimdiye kadar sistematik olarak geliştirilmemiştir. 2007 yılında bu üç kaynağımızın toplam birincil enerji arzı içindeki payı % 1,5 ila 2 civarındadır.

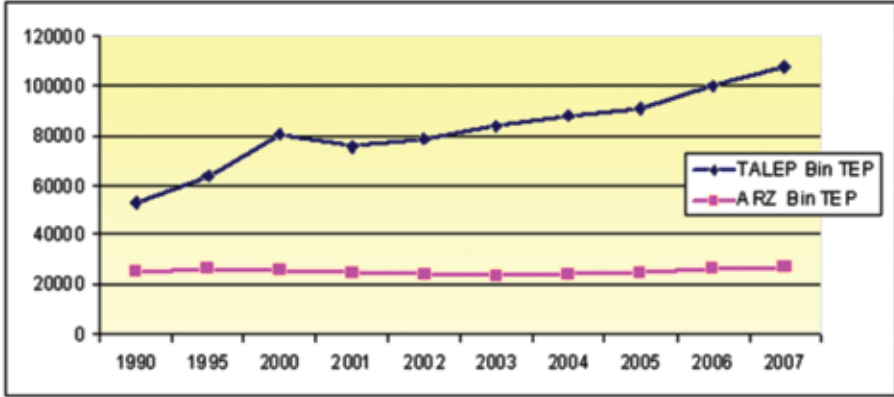


Şekil 7.2. Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Birincil Enerji Tüketimindeki Payı

*Kaynak: DEK-TMK 2007-2008 Türkiye Enerji Raporu



Yerli kaynaklarımızdan üretilen birincil enerji miktarında belirgin bir artışın olmayışı nedeniyle net enerji ithalatımız 1990'daki 28,5 MTEP değerinden 2007'de 81,1 MTEP değerine ulaşmıştır. 2007 yılında enerji talebimizin sadece % 26'sı yerli kaynaklar (üretim) ile karşılanmıştır.



Şekil 7.3. - Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi (*Kaynak: DEK-TMK 2007–2008 Türkiye Enerji Raporu)

7.3. ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU

Elektrik enerjisi sektörünün son yıllardaki gelişimi aşağıda özetlenmiştir.

2005 sonunda Türkiye'nin kurulu gücü 38.843 MW'dır. Bu kurulu gücün 11.967,4 MW'ı barajlı hidrolik santral, 938,6 MW'ı akarsu hidroelektrik santrali olmak üzere toplam hidroelektrik kurulu güç, 12.906 MW olmuştur. 2005 Yılı'nda elektrik üretimindeki fiili gerçekleşme olan 162 milyar kWh'in yaklaşık 39 milyar kWh'i hidroelektrik santrallerinden karşılanmıştır.

2007 yılında, kurulu gücümüz 40.835 MW olmuştur. Bu kurulu gücün 13.564 MW'ı hidrolik ve yenilenebilir kaynaklardan, 27.271 MW'ı termik santrallerden oluşmaktadır. Aynı yıl 191.6 milyar kWh elektrik enerjisi üretilmiş ve 190.1 milyar kWh'lik ülke ihtiyacı karşılanmıştır.

2008 yılı sonu itibarıyla; Kurulu güç 41.806 MW (Hidrolik % 66, termik % 33) olmuş, 198 milyar kwh, tüketime karşılık 198.3 milyar KWh üretim yapılmıştır. Üretimde doğal gaz % 48,2, kömür % 29, hidrolik % 16,8 olarak pay almıştır. Yapılan çalışmalarda baz senaryo için talepte yılda yaklaşık % 7,5 artış öngörülmüştür. Talebin önümüzdeki 10 yılda (2017 yılına kadar) iki katına çıkması beklenmektedir.

Türkiye'de genel enerji talebi içindeki elektrik sektörünün yakın gelecekteki arz talep dengesini ortaya koymak üzere Bakanlık ve TEİAŞ tarafından elektrik enerjisine ilişkin yürütülen planlama çalışmalarında baz ve düşük talep senaryo yaklaşımları hazırlanmıştır. 2008 – 2017 dönemini kapsayan Üretim Kapasite Projeksiyon çalışması, 2008 yılı Mayıs ayında iki alternatifli olarak ETKB tarafından yürütülen talep tahmin çalışması sonuçları doğrultusunda yapılmıştır.



Bu talep projeksiyonlarından Baz Senaryo; DPT tarafından tarım, maden, imalat, enerji, inşaat, ulaştırma ve diğer hizmetler sektörlerinin her birisi için 2030 yılına kadar GSYİH'ya sağladıkları katkı ve dolayısıyla bunların toplamından oluşan 1998 yılı fiyatları ile GSYİH miktarı verilerinin kullanılmasıyla hesaplanmış, Düşük Senaryo ise 2009 yılından itibaren GSYİH'nın yıllık % 4,5 oranında artacağı varsayımı ile yapılmıştır.

Yapılan tahminlere göre tarım ve maden sektörlerinin milli gelire olan katkılarının giderek azalmasına karşılık, imalat sanayinin katkısının artması, inşaat sektörünün payının çok az düşmesi beklenmektedir. Uzun dönemde enerji ve imalat sektörlerinin payı artmakla birlikte, en fazla artışın hizmetler sektöründen gelmesi beklenmektedir.

Düşük Senaryoda ise GSYİH artışı hızlarının ve dolayısı ile toplam milli gelirin düşmesi ancak sektör paylarının aynı kalması öngörülmüştür.

Talep tahmin serileri olan Baz Talep ve Düşük Talep ile puant kurulu güç ve enerji talebinin yıllara göre artışları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 7.2. - Talep Tahmini (Baz Talep)

YIL	PUANT TALEP		ENERJİ TALEBİ	
	MW	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2008	32478		204000	
2009	35053	7,9	219013	7,4
2010	37832	7,9	236182	7,8
2011	40716	7,6	253837	7,5
2012	43819	7,6	272812	7,5
2013	47159	7,6	293205	7,5
2014	50753	7,6	315123	7,5
2015	54622	7,6	338679	7,5
2016	58560	7,2	363695	7,4
2017	62782	7,2	390559	7,4

Tablo 7.3. - Talep Tahmini (Düşük Talep)

YIL	PUANT TALEP		ENERJİ TALEBİ	
	MW	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2008	32143		204000	
2009	34571	7,6	216992	6,4
2010	37182	7,6	230705	6,3
2011	39673	6,7	246181	6,7
2012	42331	6,7	262696	6,7
2013	45167	6,7	280319	6,7
2014	48193	6,7	299124	6,7
2015	51421	6,7	319190	6,7
2016	54788	6,5	340379	6,6
2017	58376	6,5	362975	6,6

Kaynak: TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ 10 YILLIK ÜRETİM KAPASİTE PROJEKSİYONU (2008 – 2017), TEİAŞ-APK, TEMMUZ 2008



2008 ve sonraki yıllarda da minimum yükün puant talebe oranının geçmiş yıllarda gerçekleştiği gibi % 40 dolayında devam edeceği, diğer bir deyişle yük eğrisi karakteristiğinin çok fazla değişmeyeceği kabul edilmiştir. Talep tahminleri Türkiye elektrik sistemi için geçerli olup, brüt taleptir. İletim ve dağıtım hatlarındaki kayıplar, santrallerin iç ihtiyaçları dahildir. Ayrıca dağıtım sistemine bağlı ve Yük Tevzi Merkezinden talimat almayan üretim tesislerinin de üretimleri bu çalışmaya dahil edilmiştir.

Yukarıda verilen bilgilerin ışığında enerji sektörümüzdeki gelişmeler kesinlikle deklare edilen politika ve stratejilerle uyum göstermemektedir. Bilindiği üzere 1990'lı yıllardan bu yana enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için yerli birincil enerji kaynaklarımızdan maksimum üretimin sağlanması ve yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın kullanımına ve geliştirilmesine öncelik verilmesi gibi hususlara enerji politikamız arasında öncelikle yer verilmiştir.

Oysa 1990 yılında 25,6 MTEP olan birincil enerji üretimimiz, 2005 yılında 24,5 MTEP ve 2007 yılında 27,4 Mtep olmuştur. Yani geçen 17 yıllık süre zarfında birincil enerji üretiminde kayda değer hiç bir artış sağlanamamıştır. Bu durum Enerji Arz ve Talebin Gelişimi (Şekil 7.3.) grafiğinde açıklıkla görülmektedir. Diğer taraftan 2007 yılı itibarıyla hidrolik ve jeotermal kaynakların elektrik üretimindeki % 19'luk payının dışında rüzgar ve diğer yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin katkısı sadece % 0,4 olarak gerçekleşmiştir.

2008 yılı başlarında ülke ihtiyaçları doğrultusunda normal artış hızı gösteren elektrik enerjisi talebi, baş gösteren ekonomik kriz nedeniyle, yılın ikinci yarısından itibaren artış hızında düşme göstermiş ve Ekim 2008 ayı itibarıyla de düşüşe geçmiştir. 2008 yılında 204 milyar kWh olarak beklenen yıllık elektrik üretimi 198 milyar kWh mertebesinde kalmıştır. Bu durumun 2009 yılında da devam etmesi beklenmektedir.

Ekonomik krizin bozduğu dengelerin enerji tüketimine yansımaları dikkate alınarak yapılacak yeni değerlendirme çalışmalarında, ülkemiz yenilenebilir enerji potansiyelinin kullanımına özellikle elektrik enerjisi uygulamaları için gerekli önem ve önceliğin verileceği beklentisindeyiz.

7.4. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Genel Enerji Planlama Çalışması 2004
2. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 2007–2008 Türkiye Enerji Raporu
3. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri
4. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Planlama Çalışması (2005–2020)
5. Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2008 – 2017), TEİAŞ-APK, Temmuz 2008



8. MEVZUAT

Türkiye’de, AB müktesebatına uyum sürecinde enerji piyasalarının serbestleştirilmesi ve yaratılacak rekabet ortamında enerji fiyatlarının düşürülmesi, verimliliğin artırılmasının temini yolunda geçmiş yıllarda başlatılan çalışmalar sürdürülmüş ve bu çalışmaların sonucu olarak hazırlanan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu 2001’de yürürlüğe girmiş ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur. Geliştirilmesine çalışılan rekabetçi elektrik piyasası ortamında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı makro düzeydeki enerji politikalarını belirleyerek uygulayacak, EPDK ise 4628 sayılı Kanun’un kendisine verdiği yetkiler doğrultusunda piyasada rekabetin temini için düzenleme, denetleme, piyasa içi kontrol ve özel sektör kuruluşlarına piyasada faaliyet gösterebilmeleri için gerekli lisansların verilmesi ile takibi konularında faaliyetlerini sürdürecekti.

Ancak piyasayı düzenleyen kanunun temel felsefesini oluşturan “**gerçek elektrik maliyetleri ve doğrudan sübvansiyon**” gibi bazı temel düzenlemelerin zamanında uygulanmayarak ötelenmesi, Kanunda muhtelif tarihlerde ve 80’i aşan sayıda yapılan değişiklikler sonucunda piyasa mekanizmaları beklenen şekilde oluşturulamamıştır.

Elektrik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve teşviklerini düzenleyen yasal ve politik gelişmeler aşağıda özetlenmiştir.

8.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ MEVCUT MEVZUAT

Konvansiyonel enerji kaynaklarının; zamanla tükeneyeceği veya azalacağı, çevre kirliliği, ekolojik yapının bozulması gibi çevresel etkileri ve bu etkilerin önlenmesinin devlete getirdiği ilave finansman yükü, dışa bağımlı olması ve yüksek ithalat giderlerine karşılık yenilenebilir enerji kaynakları, tükenmeyen doğal kaynak olması, yerli olması, temiz olması gibi nedenlerle birçok ülkede olduğu gibi ülkemiz için de teşvik edilmesi gereken bir alternatif enerji kaynağı haline gelmiştir.

Kanunlar;

Enerji sektörümüzün devlet tekeline çıkarılarak özel sektör yatırımlarına açılması 1984 yılında çıkarılan **3096 sayılı “ Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi Dağıtım ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun**” ile elektrik sektöründe başlatılmıştır. Bu yasanın amacı “ Türkiye Elektrik Kurumu dışındaki özel hukuk hükümlerine tabi sermaye şirketleri statüsüne sahip yerli ve yabancı şirketlerin elektrik üretimi, iletimi, dağıtım ve ticareti ile görevlendirilmesini düzenlemek” olarak belirtilmiştir. Daha sonra 3096 sayılı yasa’ya dayalı olarak 1985 yılında 18858 sayılı Resmi gazete’ de “**Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Dışındaki Kuruluşlara Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen Yönetmelik** “ 85/9799 sayılı ile yayımlanmıştır.

Yönetmelik de üretim tesisi kurup işletme izni verilmesine dair hükümlere yer verilmiş ve bu kapsamda; Hidroelektrik Santral Tesisleri, Termik Santral Tesisleri, Jeotermal Enerji Santralleri, Rüzgar Enerjisi Elektrik Santralleri yanı sıra Güneş Enerjisi Elektrik Santralleri ile ilgili olarak hazırlanacak fizibilite raporlarında yer alacak ana başlıklar belirtilmiştir.



Daha sonraki yıllarda 3096 sayılı kanun ve yönetmelikleri uyarınca güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi dışında kalan diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili olarak elektrik üretimi amaçlı çok sayıda projenin gerçekleştirilmesi için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına başvurular olmuştur.

2001 yılına gelindiğinde; **4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu** 3.3.2001 tarihli resmi gazete’de yayımlanarak yürürlük kazanmıştır. Bu kanun ile enerji sektöründe yeniden yapılanma hedeflenmiştir. Elektrik Piyasası Kanunu, kamunun tek alıcı ve tek satıcı olduğu risklerin hemen hemen tümüyle devlet tarafından üstlenildiği, uzun süreli alım garantilerine ilişkin ödemelere dair Hazine garantilerinin bulunduğu, pazar için rekabete dayanan bir piyasa yerine, mali açıdan güçlü, istikrarlı, şeffaf ve pazar içi rekabete dayanan bir piyasa yapısının kurulmasını amaçlamıştır.

Bu yeni yapıda konvansiyonel enerji kaynaklarına dayalı projeler ile kıyaslandığında maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle özellikle ilk yıllar itibari ile serbest piyasada rekabet etmeleri zor görünen ve bu nedenle teşvik edilmeleri kaçınılmaz olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı projelerin desteklenmesi yönünde çalışmalar başlatılmıştır. Başlatılan bu teşvik çalışmaları kapsamında öncelik; rüzgar, jeotermal, biyokütle, gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına verilmiştir.

Yenilenebilir enerjiye ilişkin mevzuat düzenleme çalışmaları meyvesini **18.05.2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren 5346 no’lu “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”** ile vermiştir.

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 geliştirilmesi” olarak tanımlanmıştır.

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 olan kaynaklar, elektrik enerjisi üretim kaynakları olarak tanımlanmıştır. 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) verileceği hüküm altına alınmıştır. Ayrıca;

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 alınmayacağı,

Güneş pilleri ve odaklayıcı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri ile ilgili olarak yapılacak AR-GE ve imalat yatırımlarının, Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılabilmesi,



Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamalarının esas olduğu, gibi hususlar Kanun kapsamına alınmıştır.

2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe giren 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu”nun amacı ise “enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması” olarak verilmiştir. Bu kanunda **E.İ.E. İdaresinin görevleri arasında** Ülkenin hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları öncelikli olmak üzere tüm enerji kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik ölçümler yapmak, fizibilite ve örnek uygulama projeleri hazırlamak; araştırma kurumları, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği yaparak pilot sistemler geliştirmek, tanıtım ve danışmanlık faaliyetleri yürütmek hususu yer almıştır.

Yalnızca kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azami iki yüz kilovatlık üretim tesisi ile mikro kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişiler, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmuştur.

Ayrıca kanunun **17. Maddesi ile;**

10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun 6’ncı maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“MADDE 6- 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 Belgeli 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 toplam 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.”

Yönetmelikler;

4 Ekim 2005 tarih ve 25956 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik kapsamında Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olarak belirlenmektedir. Aynı yönetmelik de bu kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye Kurum tarafından Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verileceği hususu öngörülmektedir.

4 Ağustos 2002 tarih ve 24836 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanmış olan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’nin 7/12/2008 tarihli nihai metninde

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri kapsamında;

Rüzgar, güneş, jeotermal, dalga, gel-git, biyokütle, biyogaz, hidrojen enerjisine dayalı üretim tesisleri ve kurulu gücü 50 megavat (MWe) ve altında olan kanal veya nehir tipi hidroelektrik üretim tesisleri ile rezervuar hacmi yüz milyon metre küpün veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisleri,

Mikro kojenerasyon tesisi olarak da Elektrik enerjisine dayalı kurulu gücü 50 kilovat ve altında olan kojenerasyon tesisleri, tanımlanmıştır.

Ayrıca, güneş enerjisine dayalı kaynaklar açısından; üretim tesisinin kurulacağı sahanın özel mülkiyete konu olması ve kamulaştırma talep edilmemesi halinde mülkiyet ve/veya diğer aynı hakların tesis edilmiş veya bu hakların tesis edileceğinin yetki sahibi gerçek veya tüzel kişilerce taahhüt edilmiş olduğunun belgelenmesi zorunluluğu getirilmiştir.

4 Kasım 2004 tarih ve 25632 sayılı Resmî Gazete’de yayınlan Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği’nin 12/11/2008 tarihli nihai metninde

Dengeleme sistemine katılacak piyasa katılımcıları, dengeleme birimlerini tanımlamak ve kendi adlarına kayıt ettirmekle yükümlü olduğu belirtilerek Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin dengeleme birimi olma yükümlülüğünden muaf olduğu, ilgili piyasa katılımcısı tarafından talep edilmesi ve MYTM (Milli Yük Tevzi Merkezi) tarafından uygun bulunması halinde dengeleme birimi olabilecekleri belirtilmiştir.

26 Temmuz 2008 tarih ve 26948 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 5784 Sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun”un 3. Maddesinde;

“Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azami beş yüz kilovatlık üretim tesisi ile mikro kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişiler, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaftır. Bu tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde uygulanacak teknik ve mali usul ve esaslar Kurum tarafından çıkartılacak bir yönetmelikle belirlenir.” denilmektedir. Ancak



çıkartılacak yönetmeliğin gerçek kişilerini, tüzel kişilerini yoksa her ikisini de mi kapsayacağı açık değildir.

Yukarıda verilen mevzuat çerçevesinde güneş enerjisi ile ilgili düzenlemelerin tümüyle yetersiz olduğu, çeşitli kanun ve yönetmeliklerde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına ait hususlar düzenlenirken güneş enerjisi ile ilgili eklemelerin yapıldığı görülmektedir.

Ülkemiz için ciddi bir alternatif enerji kaynağı olma potansiyeline sahip güneş enerjisi ile ilgili bir bütünlük arz etmeyen mevcut mevzuatın yetersizliği açıkça görülmektedir. Bu yetersizliği günlük tedbirlerle aşmak için yeni mevzuat düzenlemeleri yapılmaktadır. Bu kitabın hazırlandığı Haziran 2009 ayında “**Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun da Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi**”nin TBMM Komisyonlarında görüşmeleri sürdürülmekte idi. Söz konusu kanun teklifinde fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesislerin işletmedeki ilk on yıl için 25, ikinci on yıl için 20 Euro Cent / kWh, yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için ilk on yılda 20 ikinci on yılda 18 Euro Cent / kWh fiyat garantisi öngörülmekte olup, ilk beş yıl süresince yerli katkı ilavesi için kWh başına ek ödeme yapılması da söz konusudur.

Bu tip düzenlemeler ile güneş enerjisi kullanımına ait plan, politika ve hedef saptanması olanaklı değildir. Bu nedenle, mevcut mevzuatın bazı yerlerine yeni eklemeler yapmak yerine Ülkemizin güneş enerjisi ile ilgili beklentilerini ve hedeflerini ortaya koyan Stratejinin öncelikle belirlenmesi ve bunu gerçekleştirmek üzere teşvikleri de kapsayan tek bir kanunun hazırlanmasında yarar görülmektedir.

8.2. MEVCUT MEVZUAT SÜRECİ

Mevcut mevzuatta bir değişiklik olmaması durumunda Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Kabul edilmesinden önce;

- Güneş enerjisi için mevcut 5346 sayılı “*Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun*”da fiyat yönünden düzenleme yapılması,
- Vergi indirimi veya diğer teşviklerle ilgili mevzuatta düzenleme yapılması,
- Lisans başvurusu yapılan saha ve seçilen teknolojinin sağlıklı değerlendirilebilmesi için sahanın uydu veya yer ölçüm sistemlerinden sağlanmış ölçüm verilerine ve coğrafi özelliklerine ihtiyaç duyulacağı, bu verilerin saha karakteristiğini yansıtıp yansıtmadığının ve sahanın seçilen teknolojiye uygunluğunun değerlendirilmesi ile MW başına ihtiyaç duyulan arazi miktarı göz önüne alındığında yaşanabilecek muhtemel çakışmaların çözümüne yönelik yönetmelik bazında düzenleme yapılması
- Saha ile ilgili olarak kadastro ve benzeri düzenlemelerin yapılması, gerekebilecektir.

Mevcut mevzuatta Başvuru , İnceleme Değerlendirme, Uygun Bulma , Lisans verilmesi gibi 4 aşamadan oluşan EPDK Lisanslama Süreci söz konusudur. Bu husustaki bilgiler ilgili web sayfasında yer almaktadır.

(<http://www.epdk.gov.tr/lisans/elektrik/bilgibelge/bilgibelge.htm>)



Yukarıda sıralanan ve yürürlükte olan mevzuat uyarınca lisans sürecinin tamamlanmasını takiben İç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımda kaynak türünün belirlenmesi ve izlenmesi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye EPDK tarafından “Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi” (YEK Belgesi) verilmektedir. Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten YEK Belgeli tesislerin işletmede on yılını tamamlamamış olanlarından, elektrik enerjisi satın alırlar. 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 Belgeli elektrik enerjisinden satın almaktadırlar.

Elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; her yıl için, EPDK’nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır. 2007 yılı için Türkiye ortalama toptan satış fiyatı 9,67 Ykr/kWh olarak, 2008 yılı için ise 12,82 Ykr/kWh olarak belirlenmiştir.

Ancak uygulanacak bu fiyat, şu anda geçerli olan mevzuata göre, 5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından az, 5,5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından fazla olamaz. 5,5 Euro Cent/kWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkânı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans sahibi tüzel kişiler bu imkândan yararlanabilirler.

4628 sayılı Kanunda belirtilen 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.

Mevcut mevzuatta yer alan ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapanlara sağlanan teşvikler aşağıda toplu halde özetlenmiştir:

- Yerli doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurmak üzere, lisans almak için başvuruda bulunan tüzel kişilerden, lisans alma bedelinin % 1’i dışında kalan tutarı tahsil edilmemektedir.
- Yerli doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için ilgili lisanslara derç edilen tesis tamamlanma tarihini izleyen ilk 8 yıl süresince yıllık lisans bedeli alınmamaktadır.
- Yerli doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine, TEİAŞ ve/veya dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiler tarafından, sisteme bağlantı yapılmasında öncelik tanınmaktadır.
- Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, serbest olmayan tüketicilere satış amacıyla yapılan elektrik enerjisi alımlarında, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisi satış fiyatı; TETAŞ’ın satış fiyatından düşük veya eşit olduğu ve daha ucuz başka bir tedarik kaynağı bulunmadığı takdirde, öncelikli olarak söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisini satın almakla yükümlü kılınmıştır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde üretim yapan üretim lisansı sahibi tüzel kişiler, bir takvim yılında, lisanslarında yer alan, öngörülen ortalama yıllık üretim miktarını geçmemek kaydıyla, özel sektör toptan satış şirketlerinden elektrik enerjisi satın alabilirler.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden; Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliğinin “Dengeleme Birimleri ve Kayıt Kuralları” başlıklı 18 inci maddesi kapsamında olanlar, dengeleme birimi olma yükümlülüğünden muaftır.



8.3. YENİ MEVZUAT GEREKSİNİMİ

Ülkemiz; güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin ülke sathına dağılımı yönünden her türlü güneş enerjisi uygulamaları için elverişli bir konumdadır. Yüksek güneş potansiyelimiz, 1970'li yıllardan buyana uygulana gelen güneşten yararlanma teknikleri konularındaki reel sektörde ve üniversitelerimizde var olan bilgi birikimi, mevcut teknik alt yapımız dikkate alındığında bu yenilenebilir enerji kaynağını büyük bir katma değere dönüştürme imkanı önümüzde uzanmaktadır.

Daha önceki yıllarda 4628 Sayılı kanun ile oluşturulmaya çalışılan liberal elektrik piyasası uygulamalarından istenen sonuçların alınamaması, rüzgar enerjisi uygulamalarında karşılaşılan olumsuzluklar dikkate alındığında aynı zorluklar ile yeniden karşılaşılmaması için güneş enerjisi uygulamalarının alt yapısının ve ilgili mevzuatının açık, anlaşılır ve uygulanabilir bir şekilde piyasa paydaşlarının katılımı ile hazırlanması gereği ortaya çıkmaktadır.

Mevcut mevzuatın bazı maddelerine yapılacak ilaveler ile ileri teknoloji gerektiren güneş enerjisi uygulamalarının gerçek bir katma değere dönüştürülmesi olanaklı değildir. Özellikle bazı dış kaynaklı yatırımcıların yerli firmalarımız ile oluşturdukları ortaklıkların yatırım taleplerinin karşılanması için acilen yapılacak mevzuat düzenlemeleri güneşten elektrik üretilmesi konusunda ileride yapılacak kapsamlı düzenlemelerin önünü kesebilecektir. **Zira teşvikleri, uygulama esaslarını açıklıkla ortaya koyacak bir güneş enerjisi mevzuatı hazırlanmadan yola çıkılması daha önceki uygulamalarda açıklıkla görülen aksamaların tekrarı olacaktır.**

Halen güneş enerjisinin düşük sıcaklıklarda kullanılması imkanları piyasa rekabet koşullarında başarı ile yaygın bir şekilde uygulanabilmektedir. Orta sıcaklıklardaki güneş uygulamalarının piyasa rekabet imkanını artırmak için bazı desteklere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak güneş enerjisinden ısı ve direkt yollarla elektrik enerjisi üretiminde maliyetlerin düşürülmesi yanı sıra önemli ölçüde fiyat ve alım garantisine ihtiyaç duyulmaktadır. Güneşten elektrik enerjisi elde edilmesi hususunda uzun vadede başarılı sonuçlar alınabilmesi için öncelikle ülkemizdeki teknolojinin geldiği seviye tespit edilmelidir. Bilahare AR-GE faaliyetlerinin kapsamı ve yöntemi belirlenmeli, takiben pilot tesis, sonra üretim tesisleri ve imalat montaj aşamaları planlanmalıdır. Pilot tesis aşaması dahil olmak üzere, uygulamalar yatırımcılara açılmalıdır. Bütün bu aşamalar gerçekçi bir planlama ve sanayi sektörü ile işbirliği halinde yürütülmeli gerekli olduğu yerlerde özümsemek kaydıyla teknoloji transferine olanak sağlanmalıdır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi hususunda yeni bir mevzuat hazırlanırken özellikle;

- Elektrik enerjisi sektörüne ait plan, strateji ve hedeflerin belirlenmesi,
- Yabancı yatırımcıların ağırlıklı olduğu konsorsiyumların bu alana yapacakları yatırımların önünü açmak adına aceleyle getirilmiş yasal düzenlemelerden kaçınılması,
- Güneş enerjisine yapılacak yatırımlarda AR-GE çalışmalarının ve yerli üretim payının artırılmasının özendirilmesi,
- Üretim lisanslarının verilmesinde proje fizibilitelerinin esas alınması,
- Güneş enerjisinden elektrik üretecek tesislerde kullanılacak yerli katkı oranına göre kWh fiyatının yükseltilmesi,



- Güneş enerjisinden üretilecek alım garantisi verilmiş elektriğin kWh fiyatının, nihai tüketiciye olacak yansımaları dikkate alınarak, belirli bir süre için mümkün olduğunca çatı sistemleri ve GES ler için maksimum kurulu güç değerlerinin belirlenmesi, (İtalya örneği)
- Güneş santrallerinin kurulması için kullanılacak arazilerin özelliklerinin çok iyi tanımlanması, ve bu arazilerin envanterinin öncelikle belirlenmesi,
- İletim ve dağıtım sistemlerine bağlantı için imkanların önceden hazırlanması,
- Düzenlenecek mevzuatın güneş enerjisi ile ilgili teşviklerin tümünü yatırımcı tarafından kolayca anlaşılacak şekilde kapsamı,
- Özellikle bölgemizdeki İspanya, İtalya, Yunanistan gibi ülkelerin deneyimlerinden yararlanılması, gibi bazı önemli hususlar dikkate alınmalıdır.

8.4. TÜRKİYE'DE TEŞVİK SİSTEMİ

Türkiye'de yatırımların teşviki, Kalkınma Planları ve Yıllık Programlar doğrultusunda hazırlanan mevzuat ile yürütülmektedir. Kalkınma planı ve yıllık program hedeflerine uygun olarak hazırlanan teşvik mevzuatı ile; bölgeler arası dengesizlikleri gidermek, sermayeyi tabana yaymak, istihdam yaratmak, katma değeri yüksek, ileri ve uygun teknolojileri kullanmak ve uluslararası rekabet gücünü sağlamak için yatırımların uluslararası yükümlülüklerimize aykırılık teşkil etmeyecek şekilde yönlendirilerek desteklenmesi amaçlanmaktadır.

Ülkemizin taraf olduğu iki önemli anlaşma Dünya Ticaret Örgütü (Sübvansiyonlar ve Telafi Edici Önlemler Anlaşması) ile Türkiye-AB arasında bir gümrük birliği tesis eden anlaşmadır. 6 Mart 1995 tarih ve 1/95 Sayılı Ortaklık Konseyi Kararı'nın rekabet ve devlet yardımlarına ilişkin hükümlerine göre, ihracat performansına dayalı destekler "Yasaklanmış Tedbir" olarak değerlendirilmekte, spesifik olarak tabir edilen sektörel teşvik politikalarına imkan tanımamaktadır. Diğer taraftan, bölgesel kalkınmaya yönelik faaliyetlerin ve yatay amaçlar olarak tabir edilen küçük ve orta boy işletmelerin, AR-GE ve çevre korumaya yönelik faaliyetlerin desteklenmesine izin verilmektedir.

10.06.2002 tarih ve 2002/4367 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı uygulanmasına ilişkin 2002/1 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ çerçevesinde enerji üretimine yönelik yatırımlarda Gümrük Muafiyeti, KDV İstisnası, Vergi, Resim ve Harç İstisnası ve % 100 Yatırım İndirimi gibi destek unsurları uygulanmaktaydı. Ancak, 24.04.2003 tarihi itibarıyla yürürlüğe giren 193 sayılı Gelir Vergisi Kanununda düzenleme yapan 4842 sayılı Kanunun 1 inci maddesi ile teşvik belgelerinde yatırım indirimi uygulaması kaldırılmıştır. Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin 5035 sayılı Kanun'un 30.Maddesi gereğince 02.01.2004 tarihinden itibaren anılan istisna kapsamı harçlar kaldırıldığından Vergi, Resim ve Harç İstisnası da Teşvik Belgesi kapsamından çıkartılmıştır.

28.08.2006 tarih ve 2006/10921 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın uygulanmasına ilişkin 2006/3 sayılı Tebliğ çerçevesinde KDV istisnası ve Gümrük muafiyeti gibi teşvik unsurlarına faiz desteği de ilave edilmiştir. Faiz desteği;

Kalkınmada öncelikli yöre yatırımlarında (KÖY), KOBİ yatırımlarında, Araştırma –Geliştirme (AR-GE) ve Çevre yatırımlarında kullanılacak en az 1 yıl vadeli yatırım kredileri ile ilgili olarak ilk 4 yıl için uygulanmak kaydıyla,



AR-GE yatırımlarının gerçekleştirilmesi için Müsteşarlıkça uygun görülen yatırım dönemini müteakip azami 1 yıllık sürede gerekli olan işletme malzemelerinin teminine yönelik olarak kullanılacak en az 6 ay ve en çok 12 ay vadeli işletme kredileri ile ilgili olarak,

her itfa planında belirtilen ödenecek faizin veya kar payının, Türk Lirası cinsi kredilerde 5 puanının, döviz kredilerinde ise 2 puanının bütçeden karşılanabilmesidir.

Ancak, yatırım kredisi için uygulanacak faiz desteği tutarı , AR-GE ve Çevre için azami 300 bin TL, KOBİ yatırımları için 200 bin TL, KÖY'lerde yapılacaklar için ise 1 milyon TL'sidir. AR-GE yatırımlarına yönelik işletme kredisi için uygulanacak faiz desteği tutarı 100 bin TL'sını geçemez.

Ayrıca anılan Tebliğ ile teşvik belgeli yatırımlarda asgari % 20 öz kaynak oranı kaldırılarak gelişmiş yörelerde de her türlü konuda yatırımın komple yeni yatırım olarak desteklemesine izin verilmiştir.

Genel teşvik sistemi ile her yıl ortalama 5.000 yatırım projesi Yatırım Teşvik Belgesine bağlanmaktadır. Özel sektör yatırımlarının yaklaşık % 30'u teşvik belgeli olarak gerçekleşmektedir. Bu oran, düşük faizli kredi ve hibe türü teşvik unsurlarının uygulandığı dönemde ortalama % 50-55 iken bu teşvik unsurlarının kaldırılması ile % 15-20 azalmış ve Yatırım İndirimi ve Vergi Resim Harç İstisnası teşvik unsurlarının Teşvik Belgesiz olarak uygulamaya dönüştürülmesi ile daha da düşmüştür.

Elektrik enerjisi yatırımları, ilk kez 96/8639 sayılı Kararname ile özel önem taşıyan sektör yatırımları kapsamına alınarak gelişmiş yörelerde "komple yeni yatırım" olarak teşvik edilmiştir. 1996 yılından başlayan ve 1997 yılında en üst değere ulaşan teşvik kullanımındaki artış trendi, enerji darboğazının gündemde olması, Yap-İşlet Devret (YİD) ve Yap-İşlet (Yİ) yatırımlarına olan ilgiden ve enerji sektörü yatırımlarının gelişmiş yörede de komple yeni yatırım olarak teşvik unsurlarından yararlandırılmasından kaynaklanmıştır. Ancak, bu artışın 2002 yılında yaşanan ekonomik kriz etkisi ile düşmesi enerji yatırımlarının, 1997 yılı hariç, teşvik tedbirlerinde meydana gelen değişimlere göre değil, daha çok ülke enerji politikalarına göre gerçekleşmekte olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Diğer taraftan, 06.02.2004 tarih ve 25365 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ve bazı illerde vergi ve sigorta primi teşvikleri uygulamak, enerji desteği sağlamak ve yatırımlara bedelsiz arsa ve arazi temin etmek suretiyle yatırımları ve istihdamı artırmayı amaçlayan 29.01.2004 tarih 5084 sayılı Yatırımların ve İstihdamın Teşviki ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun ile; Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı'nca 2001 yılı için belirlenen fert başına gayri safi yurt içi hasıla tutarı 1.500 ABD Doları veya daha az olan illerde; gelir vergisi stopajı teşviki, sigorta primi işveren paylarında teşvik ve enerji desteği yanı sıra anılan illere ilaveten kalkınmadaki önceki illerde dahil olmak üzere bedelsiz yatırım yeri tahsis uygulaması yapılmaktadır.

Kanunda yer alan "sigorta primi işveren hissesi teşviki" Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca, "gelir vergisi stopajı teşviki" Maliye Bakanlığınca (vergi daireleri), "bedelsiz yatırım yeri tahsis" Maliye Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğünce, enerji desteği ise Hazine Müsteşarlığı Teşvik ve Uygulama Genel Müdürlüğünce uygulanmaktadır.



18/05/2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak 01/04/2005 tarihinden geçerli olmak üzere yürürlüğe giren 5350 sayılı Kanun ile 5084 sayılı Kanunda değişiklik yapılarak il sayısı 36'dan 49'a, asgari istihdam sayısı 10 kişiden 30 kişiye çıkarılmış, enerji desteği uygulaması açısından ise yeni yatırım konuları eklenerek istihdam sayısı sektörel özellikler dikkate alınarak yeniden belirlenmiştir.

Hayvancılık (su ürünleri yetiştiriciliği ve tavukçuluk dahil), seracılık, sertifikalı tohumculuk ve soğuk hava deposu yatırımlarında asgari 10 işçi ve imalat sanayi, madencilik, turizm konaklama tesisi, eğitim ve sağlık alanlarında asgari 30 işçi çalıştıran işletmelerde enerji desteği oranı asgari % 20 olarak uygulanmaktadır.

Öte yandan, 5084 sayılı Kanun kapsamında yukarıda belirtilen alanlarda faaliyet gösteren ve asgari 10 işçi şartını sağlaması kaydıyla asgari % 20 oranında enerji desteğinden yararlanmakta olan işletmelerdeki uygulama devam etmektedir. Asgari istihdamdan sonraki her bir ilave istihdam için bu orana 0,5 puan ilave edilerek yararlanılacak enerji desteği oranı belirlenmektedir. Destek oranı; OSB ve endüstri bölgelerinde kurulu işletmelerde % 50'yi, diğer alanlardaki işletmelerde ise % 40'ı geçmemektedir.

Enerji desteği uygulaması 31/12/2008 tarihinde **sona ermiş olup, ilgili mevzuatın gereği** 5084 sayılı Kanun kapsamı illerdeki işletmelerden 01/10/2003 tarihinden, 5350 sayılı Kanun kapsamı illerdeki işletmelerden ise 01/04/2005 tarihinden sonra yatırıma başlayarak 31/12/2007 tarihine kadar yatırımlarını tamamlayanlar, yatırımın tamamlanma tarihini izleyen 5 yıl, 31/12/2008 tarihine kadar tamamlayanlar 4 yıl, 31/12/2009 tarihine kadar tamamlayanlar 3 yıl süresince bu destekten yararlanabileceklerdir.

5350 sayılı Kanun ile getirilen en önemli değişiklik 5084 sayılı Kanunda yer alan "bir takvim yılının en az $\frac{3}{4}$ ünde, yani bir yılda en az 9 ay süresince asgari istihdamın çalıştırılması şartı" kaldırılarak, asgari istihdamın sağlandığı aylar için destekten yararlanma imkanı olmasındır.

4628 sayılı kanun ve bu kanunun uygulanması aşamalarında çıkarılan yönetmelikler ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimini teşvik etmek üzere bazı teşvik tedbirleri uygulamaya konulmuştur. Yukarıda mevzuat bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ile ilgili mevcut mevzuat verilmiş bulunmakla birlikte, aşağıda söz konusu mevzuat kapsamındaki teşvik unsurları toplu olarak tekrar özetlenmektedir.

4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu (Lisans Yönetmeliği Madde 12).gereği yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik enerjisi üretim santralı yatırımlarından lisans bedeli alınmamaktadır.

Anılan Lisans Yönetmeliğinin 30.Maddesi gereğince Perakende satış lisanslı tüzel kişiler, serbest olmayan tüketicilere satmak amacıyla yapılan alımlarda, yenilenebilir enerji kaynaklı bir üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisi satış fiyatı TETAŞ'ın satış fiyatından düşük veya eşit olduğu ve daha ucuz başka bir tedarik kaynağı bulunmadığı takdirde öncelikle olarak söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisini satın almak zorundadır.

Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği uyarınca yenilenebilir enerji kaynakları üretim tesisleri, yük alma ve yük atma tekliflerini Piyasa Mali Uzlaşma Merkez'ine vermekten ve Ulusal Yük Dağıtım Merkezi tarafından verilecek yük alma ve atma talimatları kap-



samında bulunmaktan söz konusu Lisans Yönetmeliği'nin 19.Maddesi gereği muafırlar. Yerli doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine TEİAŞ ve/veya dağıtım lisanslı tüzel kişiler tarafından sisteme bağlantı yapılmasında anılan yönetmeliğin 38.Maddesi uyarınca öncelik tanınmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin 5346 sayılı Kanun kapsamında;

Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilerin her birisine, EPDK tarafından ilan edilen YEK Belgeli elektrik enerjisinden satın alma yükümlülüğü getirilmiştir. Bu alım yükümlülüğü bir önceki yıl sattıkları elektrik enerjisi miktarının % 8'inden az olamayacaktır.

2011 yılı sonuna kadar her yıl alınacak elektrik enerjisi fiyatları EPDK tarafından belirlenecek olup bu fiyatın % 20 oranında artırma yetkisi Bakanlar Kuruluna verilmiştir.

2011 yılı sonundan itibaren bu fiyat uygulaması işletmede 7 yılını doldurmuş bulunan YEK Belgeli elektrik üreten tesisler için sona ermektedir. Perakende satış şirketleri almakla yükümlü oldukları YEK Belgeli elektrik enerjisini öncelikle işletmede 7 yılını doldurmamış olan tesislerden alacaklardır. Alım miktarı % 8'in altında kaldığı takdirde geri kalan miktarı ikili anlaşmalar ile piyasa koşullarında satın almakla yükümlü kılınmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak sadece kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla azami bin kilovatlık kurulu güçte sahip izole elektrik üretim tesisi ve şebeke destekli elektrik üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerden kesin projesi, planlaması, mastır planı, ön incelemesi veya ilk etüdü DSİ veya EİE tarafından hazırlanan projeler için hizmet bedelleri alınmaması ve yeterli jeotermal ve güneş kaynaklarının bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediye sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyacının öncelikle bu kaynaklardan karşılanması, anılan Kanun'un 7 Madde'sinde öngörülmüştür.

Anılan Kanun'un 8.Maddesi çerçevesinde, Orman, Hazine veya devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan her türlü taşınmazın 5346 sayılı Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretme maksadı ile kullanılması durumunda, bu araziler için Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama yapılmakta, irtifak hakkı tesis edilmekte veya kullanım izni verilerek yatırım döneminde izin, kira, irtifak hakkı ve kullanım bedellerine yüzde elli indirim uygulanmakta ve orman arazilerinde de ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri alınmamaktadır

Ayrıca, 26 Temmuz 2008 tarihli 5784 Sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"un 3. Maddesinde; "Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azami beş yüz kilovatlık üretim tesisi ile mikro kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişiler, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmaktadır.

Enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve yöntemler 20/2/2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununa ve 18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanarak hazırlanan yönetmelikte belirlenmiştir.



Bu Yönetmelik; enerji verimliliğine yönelik hizmetler ile çalışmaların yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasında üniversitelerin, meslek odalarının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi uygulamalarına, enerji yöneticileri ile enerji yönetim birimlerinin görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği ile ilgili eğitim ve sertifikalandırma faaliyetlerine, enerji etütleri ve verimlilik artırıcı projelere, endüstriyel işletmelerde verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesine ve gönüllü anlaşmalara, talep tarafı yönetimine, elektrik enerjisi üretiminde, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde enerji verimliliğinin artırılmasına, termik santrallerin atık ısılarından yararlanılmasına, açık alan aydınlatmalarına, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesine ve idarî yaptırımlara ilişkin usûl ve esasları kapsar.

Endüstriyel İşletmelerde Verimlilik Artırıcı Projeler, anılan yönetmeliğin 17, 18 ve 20. Maddeleri çerçevesinde enerji yoğunluklarına göre ilgili ödenek kapsamında desteklenmektedir.

Diğer taraftan aynı yönetmeliğin 24.Maddesine göre Toplu Konut İdaresinin, toplu konut projelerinde kojenerasyon ve ısı pompası sistemlerinden ve güneş enerjisinden yararlanma imkânlarını öncelikle analiz etmesi ve konut maliyetinin yüzde onunu geçmeyen uygulamaları yapması öngörülmektedir.

Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi yoluyla ülke ekonomisinin uluslararası düzeyde rekabet gücünün artırılması, yabancı yatırımların ülkemize girişinin hızlandırılması, nitelikli iş gücü istihdamının artırılması suretiyle teknolojik bilgi üretilmesi, üründe ve üretim düzeyinde yenilik yapılmasını amaçlayan 5746 sayılı Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun 12.03.2008 tarih ve 26814 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.



Anılan kanun kapsamında uygulanacak Destek unsurları ve hangi kurumlara yönelik olduğu aşağıdaki **Tablo 8.1.**'de özetlenmiştir.

Tablo 8.1. - AR-GE İNDİRİM İSTİSNA DESTEK VE TEŞVİK UNSURLARI

Teşvik Unsuru	Kimlere Hangi Kurumlara Verileceği	Yaralanılacak Tutar, İstisna, Teşvik
1-Ar-Ge İndirimi	— Teknoloji merkezi işletmeleri — Ar-Ge merkezleri — Kamu kurum ve kuruluşları ile kanunla kurulan vakıflar tarafından veya uluslararası fonlarca desteklenen Ar-Ge ve yenilik projeleri — Teknogirişim sermaye desteklerinden yararlananlar	· Ar-Ge ve yenilik harcamalarının tamamı · Ayrıca 500 ve üzerinde tam zaman eş değer Ar-Ge personeli istihdam eden Ar-Ge merkezlerinde o yıl yapılan yenilik harcamasının bir önceki yıla göre artışının yarısı indirim konusu yapılır. · İndirilemeyen tutar sonraki hesap dönemlerine devir eder · Devreden tutar yeniden değerlendirilerek oranında artırılarak dikkate alınır. · Ayrıca harcamalar V.U.K hükümlerine göre aktifleştirilerek amortisman yolu ile itfa edilir. · İktisadi bir değer yoksa doğrudan gider yazılır.
2- Gelir Vergisi Stopajı Teşviki	— Kamu Personeli Haricinde — Teknoloji Merkezi İşletmelerinde — Ar-Ge Merkezlerinde — Kamu kurum ve kuruluşları ile kanunla kurulan vakıflar ve uluslararası fonlarca desteklenen ya da TÜBİTAK tarafından yürütülen Ar-Ge Yenilik Projelerinde — Teknogirişim sermaye desteklerinden yararlananlar — Rekabet öncesi işbirliği projelerinde çalışan Ar-Ge destek personelinin ücretleri (Destek personelinin tam zaman eş değeri sayısı, toplam tam zamanlı Ar-Ge personeli sayısının % 10'unu geçmemek şartı ile)	Ücretin;Doktoralı Olanlar için % 90'ı Diğerleri için % 80'i Gelir Vergisinden istisnadır.
3- Sigorta Primi Desteği	Yukarıda sayılanlara ilaveten 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanununun Geçici 2'nci maddesi uyarınca ücretleri Gelir Vergisinden istisna edilen personelin ücretleri (Destek personelinin tam zaman eş değeri sayısı, toplam tam zamanlı Ar-Ge personeli sayısının % 10'unu geçmemek şartı ile)	Ücretler üzerinden hesaplanan sigorta primi işveren hissesinin yarısı (her bir çalışan için 5 yıl süre ile) Maliye Bakanlığınca karşılanır.
4- Damga Vergisi İstisnası	Kanun kapsamında her türlü Ar-Ge yenilik faaliyetleri ile ilgili olarak düzenlenen kağıtlar	Damga Vergisinden İstisna



5- Teknogirişim Sermayesi Desteği	Örgün öğretim veren üniversitelerin herhangi bir lisans programından bir yıl içinde mezun olabilecek durumdaki - Öğrenci - Yüksek Lisans veya Doktora öğrencisi - Lisans, Yüksek Lisans veya Doktora derecelerinden birini ön başvuru tarihinden en çok 5 yıl önce almış kişilere Bir defaya mahsus olmak üzere teminat alınmaksızın Teknogirişim sermayesi desteği hibe edilecektir.	100.000.- TL hibe (Her yıl yeniden değerlendirilerek artırılır) (Toplamı 10.000.000.- TL'sını geçmez)
-----------------------------------	---	---

Ayrıca, Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde bulunanların, kamu kurum ve kuruluşlarının, kanunla kurulan vakıfların, uluslararası fonlardan aldıkları destekler özel bir fon hesabında tutulur. Bu fon Gelir Vergisi ve Kurumlar Vergisi Kanununa göre vergiye tabi kazancın ve ilgili yılda yapılan Ar-Ge harcaması tutarının tespitinde dikkate alınmaz. Bu fonun elde edildiği hesap dönemini izleyen beş yıl içinde sermayeye ilave dışında herhangi bir şekilde başka bir hesaba nakledilmesi veya işletmeden çekilmesi halinde, zamanında tahakkuk ettirilmeyen vergiler ziyana uğratılmış sayılır.

Kanununda öngörülen şartların ihlali veya teşvik ve destek unsurlarının amaç dışında kullanılması halinde, zamanında tahakkuk ettirilmeyen vergiler yönünden vergi ziyayı doğmuş sayılacaktır. Sağlanan vergi dışı destekler ise Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Hakkında Kanun hükümlerine göre gecikme zammı uygulanmak suretiyle tahsil edilecektir.

Gelişmekte olan ülkelerde en büyük sorunlardan biri, işletmelerin cirolarından Ar-Ge'ye fon ayırmaları ve ayrı bir Ar-Ge bölümünün kurulmasıdır. Bu bölüm kurulduğunda genellikle nitelikli mühendis kadrosuna ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece alt yapının kalıcı olması, Ar-Ge projelerinde etkin çalışılması ve yeni projeler üretilmesi söz konusu olabilmektedir. Ar-Ge bölümünde çalışan mühendisler kurumun Ar-Ge yeteneğinin geliştirilmesinde de önemli bir rol oynamaktadırlar. Özellikle Ar-Ge merkezi kuran işletmelerdeki mühendisler, yeni ürün projelerinde veya mevcut ürünün geliştirilmesinde firmanın belkemiğini oluşturan bir yapılanmayı sağlayabilmektedirler. Böylelikle firmanın ürün yelpazesi gelişmekte, rekabette üstünlük kazanmakta ve kurumsal desteklerden hibe ile kredilerden yararlanılmaktadır.

Bu nedenle 5746 sayılı Yasada Ar-Ge faaliyetlerinde bulunan işletmelerde çalışan personelin ücretlerinde bir artış sağlayacak indirimler konulmuştur. Buna göre Ar-Ge personelinin ücretlerinden kesilen gelir vergisi doktoralı olanlarda % 90, mühendislerde % 80 muafiyete tabi kılınmıştır. Böylece belirtilen Ar-Ge personel ücretlerinde doğrudan bir artış söz konusu idi.

Ancak 24.03.2009 tarih ve 27179 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan seri no 2 sayılı tebliğ ile 31.12.2013 tarihine kadar, 3 üncü maddenin 2. fıkrasında belirtilen Ar-Ge ve destek personelinin, bu çalışmalar karşılığında elde ettikleri ücretleri üzerinden hesaplanan gelir vergisinin; doktoralı olanlar için % 90'ı, diğerleri için % 80'i verilecek muhtasar beyanname üzerinden tahakkuk eden vergiden indirilmek suretiyle terkin edilmesi öngörülmektedir. Yani daha önce doktoralı olanlarda % 90, mühendislerde % 80 oranındaki gelir vergisi muafiyeti, çalışanlardan alınarak işletmelere aktarılmaktadır. Bu düzenleme, Ar-Ge personeli çalıştıran işletmelerde nitelikli personel istihdamını



baltalayıcı ve düşürücü niteliktedir. Bu düzenleme kalıcı bir Ar-Ge alt yapısı oluşturulmasını teşvik etmemektedir.

08.02.2006 tarih ve 26074 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun’un amacı; kamu kesimi, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları arasındaki işbirliğini geliştirmek, kaynakların yerinde ve etkin kullanımını sağlamak ve yerel potansiyeli harekete geçirmek suretiyle, ulusal kalkınma plânı ve programlarda öngörülen ilke ve politikalarla uyumlu olarak bölgesel gelişmeyi hızlandırmak, sürdürülebilirliğini sağlamak, bölgeler arası ve bölge içi gelişmişlik farklarını azaltmak üzere oluşturulacak kalkınma ajanslarının kuruluş, görev ve yetkileri ile koordinasyonuna ilişkin esas ve usûlleri düzenlemektir.

Ajanslar, bölgeler esas alınarak, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı’nın bağlı olduğu Bakanın teklifi üzerine Bakanlar Kurulu Kararı ile kurulmaktadır.

Diğer taraftan, ülkenin ekonomik kalkınmasında gereksinim duyulan yatırımların artırılması için Türkiye’de yatırım yapılmasını özendirmeye yönelik yatırım destek ve tanıtım stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanması maksadıyla, 21.06.2006 tarihinde kabul edilen ve 4 Temmuz 2006 Tarih ve 26218 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 5523 sayılı Kanunun ile kamu tüzel kişiliğini haiz, idarî ve malî özerkliğe sahip ve Başbakanlıkla ilgili Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı kurulmuştur.

Ajansın görevleri kısaca aşağıda özetlenmiştir:

Ulusal düzeyde yatırım destek ve tanıtım stratejisini, kalkınma ajansları ve ilgili diğer kuruluşlarla işbirliği halinde belirlemek ve uygulamak.

Kamu kurum ve kuruluşları, kalkınma ajansları ve özel sektör kuruluşlarınınca uluslararası düzeyde yürütülen yatırım destek ve tanıtım faaliyetlerini koordine etmek ve desteklemek.

Yatırımcılara yönelik bilgilendirme ve yönlendirme hizmetleri tasarlamak ve sunmak, yatırımcıların, yatırım yapmadan önce, yatırım aşamasında ve yatırımlarını yaptıktan sonra ihtiyaç duydukları bilgilendirme ve yönlendirme hizmetini kalkınma ajansları ile işbirliği halinde sağlamak.

Yatırımlara ilişkin izin ve onay işlemlerinin tamamlanmasında destek sağlamak üzere ilgili kurum ve kuruluşlar ile kalkınma ajansları nezdinde bu işlemleri takip etmek.

Bakanlar Kurulunca yerli sermayeli yatırımlar ile doğrudan yabancı yatırımlar için farklı veya aynı olmak üzere, yatırımın türüne, yerine, sermaye tutarına veya yatırımın sağlayacağı istihdam imkânı gibi kriterlere göre belirlenecek yatırımların izin ve onay işlemlerini ilgili kurum ve kuruluşlar ile kalkınma ajansları nezdinde yatırımcılar adına yürütmek ve sonuçlandırmak.

Yatırımcıların karşılaşılabilecekleri engel ve sorunları tespit ederek sorunların çözümü konusunda ilgili merciler nezdinde girişimde bulunmak.

Türkiye’de yatırımların artırılmasına katkı sağlayacak her türlü bilgi ve veriyi oluşturmak veya ilgili kurum ve kuruluşlardan toplamak, güncellemek ve dağıtmak, ulusal ve uluslararası kuruluşlarla bu konuda işbirliği yapmak.



Yatırım destek ve tanıtım faaliyetlerine etkinlik kazandırmak amacıyla gerekli politikaların oluşturulmasına yönelik olarak ilgili merciler nezdinde girişimde bulunmak.

Yatırım ortamının iyileştirilmesine ilişkin reform sürecine katkı sağlamak, bu kapsamda öneriler geliştirmek.

Ajansın teşkilâtı; başbakan tarafından belirlenen bakanlar ve özel sektör temsilcilerinden oluşan bir Danışma Kurulu, ana hizmet birimleri ile danışma ve yardımcı hizmet birimlerinden oluşmaktadır.

Diğer taraftan tarımsal faaliyetler için geliştirilen yeni teknolojilerin üreticiler tarafından kullanımını yaygınlaştırarak; daha kaliteli ve pazar isteklerine uygun üretim yapılmasını sağlamak, zor şartlarda ve bedenen çalışan üreticilerimizin işlerini kolaylaştırmak ve üretim maliyetlerini düşürerek uluslararası düzeyde rekabet edebilir bir düzeye getirmek için makine ve ekipman alımının desteklenmesine ilişkin 2009/34 sayılı Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı hakkındaki Tebliğ 30.03.2009 tarih ve 27185 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

Programın yatırım konuları arasında güneş kolektörü alımları da dahil olup, Program çerçevesinde 81 ilde yapılacak başvuruların kabul edilmesi ve il müdürlüğü ile hibe sözleşmesinin imzalanmasını takiben mal alımlarının en fazla iki ay içerisinde tamamlanması mümkün olmaktadır.

Bakanlık tarafından oluşturulan çiftçi kayıt sistemine veya Bakanlık tarafından oluşturulan diğer kayıt sistemlerine kayıtlı olmak şartıyla; Tebliğin 8 inci maddesinin birinci fıkrasında belirtilen her bir mal grubu için gerçek ve tüzel kişiler, 29/6/1956 tarihli ve 6762 sayılı Türk Ticaret Kanunu ve 22/4/1926 tarihli ve 818 sayılı Borçlar Kanununda tanımlanan kolektif şirket, limited şirket ve anonim şirket şeklinde kurulmuş olan şirketler, Tarımsal amaçlı kooperatifler, birlikler ve bunların üst birlikleri, programdan yararlanabilmektedir.

8.5. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. 3096 sayılı “Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi Dağıtım ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun” (1984)
2. “Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Dışındaki Kuruluşlara Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen Yönetmelik” (1985) 4628 sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu” (2001)
4. 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” (2005)
5. 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu” (2007)
6. “Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” (4 Ekim 2005 tarih ve 25956 sayılı Resmî Gazete)
7. “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği” (4 Ağustos 2002 tarih ve 24836 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanmış olan yönetmeliğin 7/12/2008 tarihli nihai metni).
8. “Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği” (4 Kasım 2004 tarih ve 25632 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanmış olan yönetmeliğin 12/11/2008 tarihli nihai metni).
9. 5784 Sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” (26 Temmuz 2008 tarih ve 26948 sayılı Resmi Gazete).
10. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi” (TBMM 23. Dönem 3. Yasama Yılı, Esas No: 2 / 340, Başkanlığa Geliş Tarihi: 14/11/2008).
11. 10.06.2002 tarih ve 2002/4367 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı uygulanmasına ilişkin 2002/1 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ
12. 4842 Sayılı “193 Sayılı Gelir Vergisi Kanununda Düzenleme Yapan Kanun” (Yürürlüğe giriş tarihi 24.04.2003).
13. 5035 Sayılı “Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun” (Yürürlüğe giriş tarihi 02.01.2004).
14. 28.08.2006 tarih ve 2006/10921 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın uygulanmasına ilişkin 2006/3 sayılı Tebliğ
15. 5084 Sayılı “Yatırımların ve İstihdamın Teşviki ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun” (06.02.2004 tarih ve 25365 sayılı Resmi Gazete).
16. 5350 Sayılı “Yatırımların ve İstihdamın Teşviki ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” (18/05/2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazete).
17. “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 25.10.2008 tarih ve 27035 sayılı Resmî Gazete).
18. 5746 Sayılı “Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun” (12.03.2008 tarih ve 26814 sayılı Resmi Gazete).
19. 5746 Sayılı “Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun Genel Tebliği (Seri No: 2)” (24.03.2009 tarih ve 27179 sayılı Resmi Gazete).



20. 5449 Sayılı “Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun” (08.02.2006 tarih ve 26074 sayılı Resmi Gazete)
21. 5523 Sayılı “Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı Kurulması Hakkında Kanun” (4 Temmuz 2006 Tarih ve 26218 sayılı Resmi Gazete).
22. 2009 / 34 Sayılı “Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı Çerçevesinde Makine ve Ekipman Alımlarının Desteklenmesi Hakkında Tebliğ” (30.03.2009 tarih ve 27185 sayılı Resmi Gazete).
23. Erdi,H.” Elektrik Enerjisi Sektöründe Serbestleşme ve Teşvikler Yönüyle Bir Değerlendirme”, Türkiye 9. Enerji Kongresi; İstanbul, (2003)
24. Dr Serdengeçti T., Erdi H., “Elektrik Piyasası Kanunun Elektrik Enerjisi Sektörüne Etkileri ve Teşvikler Yönüyle Değerlendirilmesi”, Türkiye 3. Enerji Kongresi; Ankara, (2001).

9. FİZİBİLİTE, MALİYET VE ARAZİ KULLANIMI

9.1. GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM SANTRALLERİ (GES) SAHA SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR VE YAPILABİLİRLİK ANALİZİ

Elektrik üretim santrallerinin gelişim döngüsü ana adımlar itibarıyla aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.



Şekil 9.1. Elektrik Üretim Santrallerinin Gelişim Döngüsü

GES yatırım ve işletme süreçleri diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına veya fosil enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim santrallerinin yatırım ve işletme süreçleri ile temel olarak aynıdır. Süreçler detaylarda farklılaşmaktadır.

Gelişim aşamaları genel yatırım getiri analizine dayalı bir öngörü ile başlar. Tesisin kurulabileceği uygun sahalara belirlenir ve değerlendirilir. Yatırım yapılacak sahanın belirlenmesini takiben detaylı saha analizi ve yatırımın hem teknik hem mali boyutunun yapılabilirlik analizi hazırlanır. Elektrik üretim lisansı başvurusunu ve lisansın alınmasını takiben tesisin kurulumu gerçekleşir ve test üretimini takiben tesis işletmeye alınır.

İşletme aşamasında üretilecek elektriğin en karlı şekilde satılması amacıyla tahmin ve üretim planlanması süreçleri, tesisin sürekliliğinin sağlanması amacıyla bakım süreçleri yürütülür. Yasal mevzuata gerek mevcut zamanda gerekse gelecekte uygunluk tüm süreçlerde titizlikle dikkate alınmalıdır. Fizibiliteyi yeterli özenle hazırlanmamış, mevzuata uygunluğu iyi gözetilmemiş projelerin yatırım, hatta işletim aşamalarında büyük risklerle karşı karşıya kaldığı ülkemizde sıkça gözlenmektedir.

Tesisin yaşam döngüsü süreçleri zamana, enerji kaynağına, yatırım zamanlamasına, mevzuattaki değişimlere, genel ekonomik koşullara ve yatırımcının kendi tercihlerine göre farklılaşmalar göstermektedir. Bu bölümde güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin yaşam döngüsü süreçlerinde özellikle yatırım aşamalarında dikkat edilecek hususlara yer verilmiştir.

9.2. GES SAHA SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Bu dokümanın hazırlandığı tarihte, Türkiye elektrik piyasası mevzuatında güneş enerjisi ile elektrik üretimine belli bir süre için dövizle endeksli alım garantisinin verilmesi, yerli üretim katkısı ile kurulacak tesislerin desteklenmesi gibi çeşitli teşvikleri içeren



bazı değişikliklerin yapılması beklenmektedir. Beklenen teşviklerin gerçekleşmesi durumunda ülkemizde güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisleri için ilk bakışta yapılacak getiri analizinin oldukça olumlu görüleceğini varsaymaktayız.

GES teknoloji türleri diğer bölümlerde detaylı olarak ele alınmış olup, genel olarak 2 temel sınıfa ayrılmaktadır; Güneş Termik Sistemler ve Fotovoltaik Sistemler. Güneş termik sistemlerde, içerisinde akışkan (temel olarak su) bulunan taşıyıcı hatlarına veya direkt olarak bir kazana kolektörler (yansıtıcı yüzeyler) ile güneş enerjisi yoğunlaştırılarak (konsantre edilerek) buhar elde edilir. Basınçlı buharın gücü ile, aynı kömür veya doğalgaz kaynaklı termik sistemlerde olduğu gibi, türbinden elektrik enerjisi üretilir. Güneş Termik Sistemlerde bir diğer teknoloji Stirling makinası olarak bilinen ve yalıtılmış gazın (hava, helyum, hidrojen, v.b.) ısıtılma ve soğutulma işleminin tekrarı ile elde edilen mekanik gücün elektrik enerjisine döndürülmesi ile çalışan sistemlerdir.

Fotovoltaik sistemlerde ise güneş radyasyonu ile elektron salan malzemelerden oluşturulan panellerden direkt elektrik akımı üretilmektedir. Çok sayıda kollektör veya panel birlikte kullanıldığında, ulusal elektrik şebekesine verilebilecek büyüklükte elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.

GES yatırım kararının verilmesi öncesinde, öncelikle nerede ve hangi teknolojiye dayalı bir tesis yatırımı yapılabilceğinin getirilerinin ve risklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Yatırımcının tüm süreçlerin sonucunda odaklanacağı konu tesisin getirisi, karlılığı olacaktır.

Bu amaçla ilk aşamada 2 farklı sorusunun cevaplanması beklenecektir.

1- Bir saham var, bu sahada hangi teknoloji ile ne miktar enerji üretebilirim, yatırım maliyetim nedir ve işletme ömrü boyunca ne kazanırım ?

2- Nerede hangi teknoloji ile ne miktar enerji üretim, yatırım maliyetim nedir, ne kazanırım ?

- Her iki sorunun yanıtlanması için;
- Öncelikle uygun bir sahanın belirlenmesi,
- Saha'ya gelen güneş radyasyonunun değerlendirilmesi,
- Güneş radyasyonundan farklı teknolojiler ile üretilebilecek elektrik enerjisinin hesaplanması,
- İlk yatırım ve işletme aşamasında giderlerin değerlendirilmesi, kar-zarar hesaplarının yapılması,
- Teknik ve teknik olmayan risklerin tanımlanması gerekmektedir.

Sahaya kurulacak GES teknolojisine göre saha seçimini etkileyen faktörler ayrı ayrı değerlendirilmekle birlikte, enerji girdisi açısından amaç aynıdır, sahaya ne kadar fazla direkt ışın geliyorsa ve ne kadar fazla sürede geliyorsa sahanın enerji girdisi o kadar fazla olacaktır. Güneş termik sistemler sadece direkt gelen güneş ışınlarını kullanabilmektedir.

Bunun sebebi , belli bir açıda gelen ışın huzmesinin bir noktaya odaklanabilmesidir (yoğunlaştırılmasıdır). Aynı anda birçok farklı açıdan yansıtıcı / odaklayıcı kollektör yüzeyine gelen ışınların bir noktaya odaklanabilmesi mümkün olmamaktadır. Fotovoltaik sistemler ise direkt gelen ışınların (direct radiation) yanı sıra atmosferden saçılarak gelen ışınları da (diffuse radiation) kullanabilmekle birlikte, panel yüzeyine direkt ve dik



gelen güneş ışınları panellerin daha verimli elektrik üretmesine olanak sağlamaktadır.

Saha'nın belirlenmesi aşamasında dikkate alınan faktörlerin neticede aynı amaca yönelik değerlendirildiğini söyleyebiliriz, o da sahanın güneş enerjisi potansiyelinin, tesis kurulum ve işletim maliyetlerinin doğru belirlenmesidir. Saha'nın **güneş enerjisi potansiyeli** ise aşağıda sıralanan temel faktörlere bağlıdır:

- Sahanın yeryüzündeki konumu,
- İklim özellikleri,
- Konumsal özellikleri,
- Diğer hususlar.

9.2.1. Sahanın küresel koordinat sistemine göre konumu: Saha ekvator'a ne kadar yakınsa o kadar daha fazla güneşlenme süresine ve sahaya dik gelen güneş ışınlarına sahip olacaktır. İklim ve konum özelliklerini bir kenara koyarsak, Türkiye için bir saha ne kadar güneyde ise güneşlenme süresi o kadar fazladır ve güneşten o kadar daha fazla dik ışın almaktadır diyebiliriz.

9.2.2. İklim özellikleri: Ülkemiz fosil yakıtlı elektrik üretim tesislerinde, başta doğalgaz olmak üzere dış ülkelerin tedarik risklerine maruz kalmaktadır. Ülkemizin yıllık elektrik enerjisi üretiminin yarısına yakınının sadece doğalgaz ile üretildiğini dikkate alırsak, fosil enerji kaynaklarında büyük ölçüde dış alıma bağımlı olduğumuz görülecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının öne çıkartılan bir özelliği de enerji girdisinin dış kaynaklara ve risklere bağımlı olmamasıdır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları bizi dışa bağımlılıktan kurtarmakla birlikte, su, rüzgar, güneş ve dalga gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının bağımlı olduğu bir başka belirleyici etkene bağımlı kılar. Bu etken İKLİM'dir. O yüzden yatırım yapılacak sahanın iklim özellikleri iyi anlaşılmalı ve analiz edilmelidir. Özellikle küresel ısınmanın getirdiği ve getireceği iklim değişiklikleri, bir GES yatırım ömrünün en az 25 yıl olacağı düşünüldüğünde mutlaka dikkate alınmalıdır. Buna basit örnek vermek gerekirse, halen büyük ölçüde kurumuş da olsa bir nehir yatağının önümüzdeki yıllarda taşkınlarla maruz kalabileceğidir ve GES yatırımı için düşünülen bir sahanın nehir yataklarından taşkın risklerine maruz kalmamasıdır. Diğer bir örnek GES kurulacak bir sahaya yakın ancak zamanla kuruma ihtimali olan bir akarsudan tedarik edilecek GES su ihtiyacının ileride nasıl karşılanacağını dikkate alınmasıdır.

Sahanın bulunduğu bölgede gündüz saatleri içerisinde gökyüzü ne kadar açıksa, diğer bir deyişle atmosfer ne kadar az yoğun ise sahaya o kadar daha fazla direkt güneş ışını ulaşabilecektir. Dünyamıza gelen güneş ışınlarının bir kısmı atmosfer tabakasında bulunan çeşitli gaz ve partiküllerden (bulut, nem, metan, CO₂ gibi) yansarak uzaya geri gider. Işınların bir kısmı atmosferde bulunan partiküllerden saçılarak (bulut gibi) yeryüzüne ulaşır, bir kısmı direkt olarak yeryüzüne ulaşır, bir kısmı da atmosferdeki partiküllerle etkileşiminde ısı enerjisine dönüşür (küresel ısınmaya sebebiyet verir). Herhangi bir anda güneş ışınlarının sahaya gelen yönünde atmosfer yoğunluğu ve atmosferde bulunan bileşenlerin yansıtma, ışıını emme ve saçma özellikleri ne kadar az ise, sahaya o kadar daha fazla güneş ışını (radyasyon) gelecektir. Sahaya gelen en değerli güneş ışınları ise direkt gelen yüksek frekanslı (yüksek enerjili) ışınlardır. Dolayısıyla sahanın gökyüzü açıklığı yüksek olan bölgelerde, atmosfer kalınlığının yüksek irtifalarda azaldığı dikkate alınarak yüksek rakımlı bir bölgede olması tercih edilmelidir. Genellikle bulutlu, nemli, kirli veya tozlu, kısaca ışınların sahaya gelişini engelleyen ve/veya saçılımına yol açan atmosfer özellikleri olan bölgeler tercih edilmemelidir.



Gökyüzü açıklığı ve atmosfer kalınlığı ise hem iklime hem de insan katkısı ile oluşan hava kirliliğine bağlıdır. İnsan katkısı ile oluşan hava kirliliği yerleşim bölgelerine yakınlaştıkça artmaktadır. Aynı şekilde sahada veya etrafında bulunan alanların rüzgarla birlikte havaya toz toprak tanecikleri saçabilecek özellikte zemine sahip olmaması tercih edilecektir. Rüzgarla birlikte havaya saçılma potansiyeli barındıran gevşek toprak zeminler, etrafta bol miktarda kuru yaprak v.b. saçılma potansiyeli bulunan sahalar tercih edilmemektedir.

Nem ve bulutluluğu, deniz ve göl gibi büyük su kütlelerinin, bitki örtüsünü etkilediği düşünülürse, kurak alanlar tercih edilmelidir. Kurak alanlar nem ve bulutluluk bakımından GES yatırımı için ideal olmakla birlikte, rüzgarlı bölgelerin aynı zamanda toz toprak savrulmasına elverişli olabileceği de dikkate alınmalıdır.

Gökyüzü açıklığını etkileyen nem, toz toprak gibi faktörlerin aynı zamanda panellerin / kolektörlerin yüzeylerini de kaplaması sebebiyle diğer bir olumsuz etkisi bulunmaktadır. Örneğin nem oranı yüksek bir sahada, su buharı aynı zamanda panel yüzeyinde oluşacak ve panele gelen ışınların yansımaya veya saçılmasına yol açacaktır. Benzer şekilde havada rüzgarla uçuşan toz toprak, yaprak v.b. etkenler aynı zamanda panel/kolektörlerin yüzeyinde birikerek güneş ışınlarının engellenmesine sebep olacaktır. Bu etkilere kar ve yağmuru da ekleyebiliriz. Bu etkenler özellikle kolektörlerin temizliği için gerekli su ihtiyacını ve temizlik giderlerini etkileyecektir.

GES tesislerinin verimliliğini etkileyen diğer bir özellik yüzeye yakın mesafedeki (5-10 metre gibi) hava sıcaklığıdır. Özellikle fotovoltaiik panellere gelen radyasyonun büyük bir kısmı panel yüzeyinde ısı enerjisine dönüşmektedir. Panel yüzeyleri ısındıkça, panneden elde edilen elektrik enerjisi oranı (verimlilik oranı) da azalmaktadır. Bu sebeple hava sıcaklığının panel sıcaklığını artırıcı veya soğutucu etkisi olacağını düşünürsek yerden birkaç metre yükseklikte yüzey sıcaklığının düşük olduğu sahalar tercih edilmelidir. Aynı şekilde rüzgarın da panel yüzeylerini soğutma etkisi olacağı düşünüldüğünde, fırtına seviyelerine ulaşmayan veya toz toprak saçılımı olmayan bölgelerde makul bir rüzgara sahip sahalar tercih edilecektir.

Kısaca sahanın bulunduğu bölgede açık gökyüzü, düşük hava sıcaklığı, makul şiddette rüzgar, temiz zemin ve ortam özellikleri tercih edilir. Bununla birlikte sahada kar, dolu ve yağmur yağışı, istenmeyen özelliklerdir.

9.2.3. Sahanın Konumsal Özellikleri: Öncelikle saha aşağıda belirtilen nitelikleri karşılamalıdır.

- Ortalama eğimi 5 dereceden yüksek olmamalıdır.
- 1. Derece deprem bölgelerindeki fay hatları üzerinde olmamalıdır.
- Kanunlarca koruma altına alınmış bir alan olmamalıdır.
- Üretken (prodüktif) veya sık dokulu orman arazisi üzerinde olmaması tercih edilmelidir.
- Verimli tarım arazisi üzerinde olmaması tercih edilmelidir (yatırımcının tapulu veya sözleşmeli arazisi değil ise). Verimli tarım alanları genel olarak kuru, sulu ve dikili tarım alanlarıdır.
- Mera sahası olmaması tercih edilmelidir.
- Saha üzerinden demiryolu ve karayolu geçmemelidir.
- En yakın hava alanına en az 5 km mesafede olmalıdır.
- Akarsu yataklarından, durgun göl, doğal veya inşa edilmiş barajlı göllerden, su



kaynağı kurumuş dahi olsa kayıtlı sulak alan sınırlarından en az 500 metre uzakta olmalıdır.

- Askeri amaçla kullanılan (silahlı tatbikat alanı gibi) bir bölgede olmamalıdır
- Yerleşim alanı olmaması tercih edilmelidir.
- Ana karayollarına ve kıyı şeridine en az 100 metre uzaklıkta olmalıdır.
- Maden, petrol, doğalgaz v.b. arama alanı olmamalıdır.

Sahaya gelen güneş ışınlarını etkileyen diğer bir faktör ise sahaya gölge etkisi olabilecek yükseltilerdir. Sahaya güneş ışınlarının gelmekte olduğu, güneşin doğumundan batımına kadar doğu batı ve güney yönleri arasında gölgeleme etkisi olan yükseltilerin bulunmaması tercih edilecektir.

Panellerin / kolektörlerin, akışkan sıvı taşıyan ısıtılan hatların (boruların) ve diğer tesis bileşenlerinin uygun şekilde konumlandırılabilmesi amacıyla saha yüzeyinin de düz olması, arazi ortalama eğiminin en fazla 5 derece olması tercih edilmektedir. Yüksek eğim ortalamasına sahip sahalarda tesis kurulum (inşaat) maliyetleri yüksek olacaktır.

Saha tercihlerini etkileyebilecek diğer bir özellik, sahanın yoğun kuş göç yolları üzerinde veya kuşların göç ederken konaklama sahalarna yakın olmamasıdır. Bunun sebebi kuş dışkılarının panel / kolektör yüzeylerini kapatması ve zor temizlenebilmesidir.

Her ne kadar fotovoltaik panellerin çalışması için su gerekmesi de, sahanın toz ve kirlilik özelliklerine de bağlı olarak düzenli temizlik yapılabilmesi için su lazım olacaktır. Güneş termik sistemlerde ise kullanılan suyun bir kısmı çevrim sırasında kaybedildiğinden sürekli su tedarik olanağı olmalıdır. Dolayısıyla sahanın durgun olmayan bir su kaynağına uzaklığı dikkate alınmalıdır.

Sahanın 1. Derecede deprem bölgelerindeki aktif fay hatları üzerinde olmaması, büyük akarsuların yataklarına çok yakın olmaması, sahanın kuzey yönünde de olsa yakınında dik eğimli yükselti(ler) var ise heyelan, çığ veya taşkın gibi sahanın bulunduğu bölgeden kaynaklanabilecek risklere açık olmaması gözetilmelidir.

Sahanın uygunluğunu belirleyen önemli özelliklerden birisi de elektrik şebekesine bağlantı ve iletim olanağının bulunmasıdır. Sahanın güneş potansiyeli ve diğer özellikleri çok uygun olsa dahi, sahada kurulacak bir tesisin şebekeye bağlantı olanaklarının bilinmesi, bağlantı imkanı yok ise trafo ve/veya iletim hattının yapılmasının ekonomik ve teknik olurunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Trafo bağlantı ve iletim olanakları, (dengeli) elektrik enerjisi üretebilen hibrid GES tesisleri için veya gündüz saatlerinde depolanan ısı enerjisinin, güneş enerji girdisinin azaldığı saatlerde ve güneşin batımını takiben de düzenli bir şekilde elektrik üretiminde kullanabilen ısı depolu sistemlerde daha fazla önem kazanacaktır. Örneğin 50 MW kurulu güce sahip bir tesis dikkate alınırsa, ilgili resmi birimlerin uygunluk vermesi durumunda yatırımcı, yatırım bedelinin % 1'ini geçmeyecek bir trafo ve hat yatırımını uygun görebilir. Bu durumda sahanın belirlenmesinde mevcut trafoya bağlantı kısıtları ve mevcut iletim hatlarının zamana göre sürekli değişen kapasite kısıtları belirleyici ana faktör olmayabilmektedir.

Tesisin gerek kurulum aşamasında, gerekse bakım ve idame aşamasında kolay ulaşılabilir bir lokasyonda olması, ihtiyaca göre kısaca karayolu, denizyolu veya demiryoluna uzak olmaması tercih edilmelidir. Özellikle hibrid (kömür / doğalgaz v.b. yakıtlar ile takviyeli çalışan sistemler) bir tesis kurulması değerlendirilecek ise, takviye enerji kaynağının sahaya ulaşılabilirliği önem kazanmaktadır. Örneğin sahanın doğalgaz hat-



larına yakınlığı, karayolu, demiryolu veya deniz yolu ile kömür nakliyesine elverişli olması gibi.

Sahanın belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken diğer bir özellik tesisin güvenliğinin kolay sağlanabilecek bir konumda olmasıdır. Örneğin ana karayollarına çok yakın veya yoğun yerleşim alanlarına çok yakın sahalara tercih edilmemelidir.

Saha'nın GES yatırımı için izin verilebilir veya diğer kullanım alternatiflerine göre GES yatırımı için tercih edilebilir nitelikte olması gerekmektedir. GES tesisleri için, diğer tüm elektrik enerjisi üretim tesisi türlerine göre çok daha fazla alana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç genel olarak fotovoltaik ve güneş termik sistemler için ortalama 1 MW kurulu güç için 15 dönümdür. (15.000 m²) Her ne kadar mevcut mevzuat enerji yatırımlarında saha tahsislerinin öncelikli olarak değerlendirileceğini belirtse de, özellikle üretken, sık dokulu orman alanlarının, yüksek verimli tarım alanlarının GES yatırımları için kullanılması veya kamulaştırma yolu ile yatırımcıya tahsisi söz konusu olabilir. Bu durum ileriki yıllarda bazı sorunların doğmasına yol açabilecektir. Zira, gelişen çevre bilinci ve gelişen bilgi teknolojileri GES yatırımlarına daha uygun veya alternatif sahaların belirlenebilmesine imkan sağlayacaktır. Çalışmakta olan bazı santrallerin bu sebeplerle açılan davalar sonucunda saha tahsisinin iptal edildiği ve faaliyetlerinin durdurulduğu dikkate alınmalıdır.

Halen mevcut mevzuatta GES üretim lisanslarının neye göre ve ne şekilde önceliklendirileceği, uygun görüleceği veya mevcut ve gelecekte sağlanacak bağlantı / iletim olanaklarına dair bilgi yer almamaktadır. 1 Kasım 2007'de lisans başvuruları alınan rüzgar enerjisi yatırımlarının yaklaşık 1,5 yıldır süregelen yüksek belirsizlik ortamında çok az bir miktarının değerlendirilmiş ve halen de değerlendirilmekte olması, gerek lisans aşaması öncesi, gerek lisans başvuru aşamasında, gerekse de lisans verilmesi aşamasını takip eden süreçlerde izlenecek benzer standartların belirlenmemiş, çok geç belirlenmiş veya yeterli teknik kalitede belirlenmemiş olması sektörde yüksek sesle eleştirilmektedir. Güneş enerjisi yatırımlarında ise, geçmişte alınan dersler doğrultusunda saha uygunluğu, bağlantı ve iletim olanakları gibi devletin uhdesinde olan konular dahil olmak üzere tüm süreçleri içerecek yasal mevzuatın ilgili birimlerce titizlikle ele alınacağını, hazırlanacağını, görüşe açılarak yatırımcıların ve etkilenen tarafların değerlendirmelerinin dikkate alınacağını ve sonuçta şeffaf, uygulanabilir ve teknik kalitesi yüksek nitelikte bir mevzuatımızın olacağını beklemekteyiz.

Son olarak, GES teknolojilerinin hızla gelişmekte ve değişmekte olduğu, gelecekte beklenen daha verimli teknoloji olanakları, fiyatlardaki düşüşler dikkate alınarak sahanın büyüklüğünün ilk kuruluma göre tesisin genişletilebileceği düşünülmektedir değerlendirilmesinde yarar vardır.

9.2.4. Diğer Hususlar: Yatırım yapılması düşünülen saha için teknik kriterlerin uygunluğunun yanı sıra, sahada kurulması ön görülen bir GES'in ne ölçüde lisans alma şansının olabileceğidir. Bu amaçla;

- *Sahanın rekabete açıklığı:* Seçilen saha'nın bağlanacağı trafo'ya en az 20 km uzaklıkta bulunan diğer GES yatırımı elverişli sahaların ne kadar fazla veya az olduğuna dikkat edilmelidir. Trafo'nun belli bir bağlantı kısıtı olacaktır ve o trafoya bağlanmak üzere yapılacak tüm GES lisans başvurularına trafo ve iletim kısıtları sebebiyle lisans verilemeyebilecektir. Dolayısıyla, bağlanması düşünülen trafo merkezi etrafında ne kadar fazla saha var ise o trafoya o kadar fazla lisans başvurusu olacağı düşünülmektedir.



lisans alma aşamasında “katkı payı” ihalesinde olabilecek rekabetin boyutu da düşülmelidir.

Sahanın bulunabilirliği: Eğer lisans başvurusunda bulunulacak olan saha yatırımcıya ait veya yatırımcının kiraladığı özel mülkiyet değilse, sahayı kısmen veya tamamen içine alan diğer lisans başvurularının olması durumunda saha lisans aşamasında ihaleye çıkartılabilecektir.

Dolayısıyla teknik kriterlerin yanı sıra yatırımcı, sahanın bağlantı imkanı ve saha çakışması itibarıyla rekabete açıklığını da dikkate almalıdır. Eğer saha yatırımcının sahip olduğu veya kiraladığı özel mülkiyet değil ise, lisans başvurusunda bulunulacak sahanın konum bilgilerinin gizliliğine dikkat edilmelidir.

Türkiye’nin Saha Potansiyeli

Proje Enerji firması tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye’de GES yatırımına uygun sahaların toplamı 8.200 km²’yi bulmaktadır. Yapılan çalışmada Türkiye’nin 38,5 – 36 derece paraleller ile 26 -42,5 derece boylamları arasında yer alan alanda aşağıda belirtilen kısıtlara göre belirlenen sahalara ait adet ve büyüklükler Tablo 9-1’de özetlenmektedir.

Orman arazisi olmayan alanlar,
Kuru, sulu veya dikili nitelikte tarım arazisi olmayan alanlar,
Göl veya benzeri nitelikte, yatırıma elverişli olmayan su alanları,
Yerleşim alanı olmayan alanlar,
Ortalama arazi eğimi 5 dereceden küçük alanlar,
11 yıllık ortalama toplam güneş radyasyonu potansiyeli değeri sabit ve yatay konumdaki bir yüzey için en az 1.600 MWh/m²-Yıl olan alanlar,
İlgili kanunlarınca koruma altına alınmış bir alan olmayan alanlar, (Doğal ve Arkeolojik Sit Alanı, Milli Parklar v.b.)
Hava ve deniz limanı arazisi olmayan alanlar,
1-3 derece ana fay hattı üzerinde bulunmayan alanlar.



Tablo: 9.1. Türkiye'nin saha potansiyeli

Saha Büyüklüğü (Dönüm) 1 Dönüm = 1.000 m ²	Saha Adedi	Kuşbakışı Toplam Saha Büyüklüğü (Dönüm)
0-20	8.178	98.300
20-75	10.450	402.546
75-150	2.927	307.722
150-300	1.869	394.517
300-600	1.137	474.898
600-1000	533	409.068
1000-1500	287	347.380
1500-3000	295	607.415
3000-4500	100	363.886
4500-6000	60	310.554
6000-7500	39	261.280
7500-9000	22	180.249
9000+	102	4.039.224
TOPLAM	25.999	8.197.039

Örneğin, yüzölçümü 20-75 dönüm arasında olup yatırıma uygun 10.450 adet saha vardır. Bu sahaların toplam yüzölçümü 402.546 dönümdür.

Çok genel bir yaklaşımla dahi;

- Sadece bu sahaların yarısının değerlendirildiğini (yaklaşık 4.100 km²),
- Bu sahalarda kurulabilecek tesislerde panellerin yüzölçümünün saha büyüklüğünün % 40'ı kadar olduğunu, (toplam 1.640 km² panel yüzeyi elde edilecektir),
- Panellerin yüzeyine yılda toplam 1.600 kWh/m² - Yıl güneş enerjisi geldiğini,
- Panellerin ortalama % 10 verimlilikle güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürdüğünü,
- Tesiste panellerden üretilen elektriğin şebekeye verilene kadar % 25'inin kayıp olduğunu varsayar isek;

(Sadece bu sahaların yarısından yılda en az 196,8 TWh elektrik enerjisi elde edilebileceği anlaşılmaktadır ki bu değer yaklaşık olarak Türkiye'nin mevcut toplam yıllık elektrik tüketimine karşılık gelmektedir.)

Ayrıca ;

- Mevcut sahaların yarısından fazlasının değerlendirilmesinde bir engel bulunmadığı, tüm Türkiye'yi kapsayan yatırıma uygun sahaların çok daha fazla olduğu;



- Bu sahaların bir kısmında daha verimli ve/veya güneş enerjisinin % 45-% 50 civarında daha fazla elde edilmesini sağlayan güneş izleme sistemlerine sahip tesislerin kullanılacağını,

-Bu sahaların bir kısmında güneş'in zayıf olduğu veya gün ışığı olmayan saatlerde de düzenli elektrik üretimi yapabilecek ısı depolama özelliğine sahip güneş termik sistemlerin kurulabileceği,

- Sahaların büyük kısmında yıllık güneş potansiyeli değerinin yatay ve sabit yüzey için 1600 kWh/m²'den daha fazla olduğu,

-Yerleşim alanlarında yer alan konutlarda, turizm tesislerinde, fabrikalarda, sera v.b. diğer tesislerde de çatı veya bahçe uygulamaları ile kendi ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi uygulamalarının olacağı,

Göz önüne alınırsa Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretimi ile tüm elektrik enerjisi ihtiyacını uzun yıllar karşılayabilecek büyük ve önemli bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu potansiyelin hayata geçirilmesinde ise Devlet'in görevi / izninde olan şebeke ve trafo yatırımlarının ve gerekli mevzuat düzenlemelerinin en önemli etken olduğunun burada tekrar vurgulanmasında fayda görüyoruz.

9.3. GES YAPILABİLİRLİK ANALİZİ

GES yapılabilirlik analizinde (fizibilite) cevap aranacak temel soru yatırım yapılıp yapılmayacağı kararının verilmesidir. Bu amaçla yapılacak bir analizden :

- tesisin ömrü boyunca getirisini,
- maliyetlerini,
- risklerini,

anlaşılabilir, sorgulanabilir ve doğru bir şekilde ortaya koyması beklenmelidir. Analizlerde ve hesaplamalarda yer alan gerek veri gerekse yöntemlerde kullanılan varsayımlar açıkça belirtilmelidir.

Yatırımcıların dikkat etmesi gereken temel nokta analizin yönlendirici değil, kaliteli, eksiksiz ve doğru bilgi içermesidir. Yapılabilirlik analizinin hedefi yatırımcının tesisi yapıp yapmamaya karar vermek amacıyla değerlendireceği bilgiyi içermesidir.

9.3.1. Mevzuatın İyi Anlaşılması

Fizibilite raporu içeriğine yer vermeden önce önemli bir konuyu dikkate getirmekte fayda görmekteyiz. O da lisans başvuruları öncesinde, lisans verilmesi aşamasında ve lisans alınmasını takip edecek süreçlerde resmi kuralların yatırımcının ve yatırımın geleceğini nasıl etkileyeceğinin yatırımcı tarafından iyi bilinmesi, iyi anlaşılması ve iyi değerlendirilmesi gerektiğidir.

Geçtiğimiz yıllarda rüzgar enerjisi ve hidroelektrik santralleri fizibilite raporlarının gerek lisans başvurusu öncesi aşamada, gerekse lisans alındıktan sonraki süreçlerde defalarca ve çok yüksek bedellerle el değiştirdiğine, hatta yatırımcılara olmayan yerlere ait sanal fizibilite raporlarının satıldığına, bir dönem lisans almış projelerin neredeyse tesisin kurulum maliyetine yakın bir bedelle satışa sunulduğuna tanık olduk.



Burada en büyük görev yine ilgili resmi kurumlara düşmektedir. Lisans başvurularının nasıl yapılacağı, başvuru dosyalarının neleri içermesi gerektiği, bu bilgilerin devlet tarafında değerlendirme aşamasında neye dayanılarak ve nasıl doğrulanacağı veya doğrulanmayacağı, başvuruların nasıl önceliklendirileceği, neye göre red veya kabul edileceği mevzuatta çok açık bir şekilde yer almalıdır ve mevzuat zamanında yayınlanarak zamanında uygulamaya konmalıdır. Örneğin lisans başvurularının şebeke bağlantı imkanlarına göre nasıl değerlendirileceği lisans başvuruları alındıktan sonra değil, önce belirlenmeli ve yayınlanmalıdır.

Bugüne kadar lisans başvurularına “doğruluk beni ilgilendirmez projenin doğruluğu yatırımcının aldığı bir risktir” mantığı ile yaklaşılması, lisans verilmesi aşamasında tamamen belirsiz olan önceliklendirme ve uygunluk kurallarının, kabul kriterlerinin başvuru sahiplerine lisans verme / red etme aşamasında açıklanmasında çok fazla zorlanılmasına sebep olmuştur. Zira mevzuatta boşluklar ve belirsizlikler bulunmakta, EPDK, EİE, EİGM, TEİAŞ, TEDAŞ gibi tüm yatırım ve işletme süreçlerinde koordineli çalışması gereken kurumların hangi süreçlerde hangi sorumlulukları üstleneceği, bu süreçlerin tanımları yeterli düzeyde bilinmemekte, açıklanmamakta süreçler iletilememektedir.

Örneğin 1 Kasım 2007’de alınan RES başvurularının çok büyük bir kısmının hala çözümlenememiş olmasının bir sebebi de RES’lere ayrılacak trafo kapasitelerinin trafo bazında önceden belirlenmemiş olmasıdır. Bu amaçla geçtiğimiz aylarda EPDK’ya çok sayıda bağlantı görüşü veren TEİAŞ, her bir trafoya bağlantı içeren başvuruların kendi aralarında yarışmaya alınarak en yüksek katkı payı verecek olan lisans başvurusu sahiplerine lisans verilmesi yönünde EPDK’ya görüş bildirmiştir. Bu görüşle birlikte her bir trafo’nun RES bağlantı kapasitesinin nasıl ve neye göre belirlendiği açıklanmamıştır. İlgili trafoda hangi lisans başvurusuna lisans verilirse verilsin, yatırımcı projesini TEİAŞ’ın izin verdiği kurulu güce göre revize etmek durumunda kalacaktır. Başvurulan kurulu güçlere ve trafo bazında ayrılan kapasitelere baktığımızda ise özellikle birden fazla başvuru yapılan trafolarda her bir başvuru dosyasında hedeflenen kurulu gücün TEİAŞ’ın ayırdığı kapasitenin çoğu yerde onlarca katı olduğu görülmektedir. RES projelerini uzun süreli ölçümler yaparak, profesyonellerle çalışarak hedefledikleri kurulu güçler için hazırlayan yatırımcılar, aradan geçen 1,5 sene sonunda hedeflediklerinden çok daha düşük bir kapasitede yatırım yapabileceklerini ve bu amaçla da ayrıca öngörmedikleri bir katkı payı yarışmasına çok yüksek bir rekabet ortamında gireceklerini öğrenmişlerdir.

Kanımızca “başvuru yapılan projenin doğruluğu ve uygunluğu yatırımcının riskidir” yaklaşımı ve yapılacak yatırımlara ilişkin mevzuattaki boşluklar ve belirsizlikler hem gerçekleştirilecek enerji yatırımlarının her bakımdan uygunluğunu devletin sorumluluk alanı dışına taşımakta, hem de lisans başvurusu aşaması öncesinden işletme aşaması sonuna kadar tüm süreçlerde yatırımcının büyük risklere maruz kalmasına yol açmaktadır. Bu durum aynı zamanda çanta sektörü olarak bilinen lisanssız veya lisanslı proje dosyası ticaretinin önünü açmakta, yatırım maliyetlerini yükseltmekte, devletin yatırım süreçlerinde direkt veya dolaylı yer alan birimlerinin dedikodularla yıpratılmasına sebep olmakta ve hepsinden önemlisi gerçek yatırımcıyı bu belirsiz ve kaotik ortamda ürkütürerek, bezdirerek yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim yatırımlarından uzaklaştırmaktadır.

Bu yaklaşıma göre muhtemel yanlış yatırımlar sonuçta sistem işletmesini (TEİAŞ) de zora sokacak, yatırımcıya kısa veya orta vadede zarar yolunu açabilecek, kredi veren



kuruluşun takiben yeni projelere vereceği kredilerde finansman risklerini zamanla daha fazla yükseltmesine sebep olacaktır.

Lisans başvuruları öncesinde veya başvuru sonrası lisans alındıktan sonra satılmak üzere hazırlanan ve sunulan fizibilitelere gerçek yatırımcılar tedbirle yaklaşmalıdır. Basit bir örnek vermek gerekirse, güneş enerjisi girdisi (potansiyeli) abartılmış bir fizibilite raporu doğal olarak tesisin olması gerekenden daha fazla kazanç sağlayacağını gösterecektir veya lisans alma aşaması öncesinde birden fazla yatırımcıya / kişiye satılmış bir fizibilite raporu, lisans aşamasında tüm ilgili tarafları yüksek bir rekabet ortamıyla karşı karşıya bırakacaktır.

Bir GES yapılabirlik analizi (fizibilite) dokümanında yer alması gereken bilgiler aşağıda sunulmaktadır. Sunulan içerik örnek ve öneri niteliğinde olup, konu uzmanlarının görüşlerine önerilerine ve katkılarına ağıttır.

9.3.2. GES Fizibilite Raporunda Bulunması Gereken Bilgiler

1.TANIMLAR

Teknik olmayan yönetim için, güneş enerjisine ve teknolojilerine ilişkin temel bilgilerin ve raporda sözü edilen teknik tanım ve ifadelerin açıklamalarının rapor eki olarak sunulması faydalı olacaktır.

2. PROJE ÖZETİ

Yapılacak yatırıma ilişkin anahtar değerler birkaç sayfayı geçmeyecek şekilde sunulmalıdır. Örnek özet bilgi içeriği aşağıda verilmektedir.

2.1) Saha Özellikleri,

Saha'nın koordinatları, yeri, saha büyüklüğü, deniz seviyesinden yüksekliği, ortalama eğimi, suya, iletim hatlarına ve trafoları, karayolu, demiryolu, deniz limanına, yerleşim yerlerine, doğalgaz hatlarına, deprem fay hatlarına v.b. faktörlere olan uzaklıkları, arazinin niteliği ve temel iklim özellikleri.

2.2) Sahanın Güneş Enerjisi Potansiyeli,

Sahanın güneş enerjisi potansiyeli değerleri ve sahada kurulması öngörülen tesisin teknoloji türü ve buna göre panel / kolektör yüzeylerine gelmesi beklenen güneş enerjisi potansiyeli değerleri.

2.3) Tesisin Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli ,

Sahada kurulacak tesisin güneş enerjisi – elektrik enerjisi dönüşüm oranı (verimliliği) ve buna göre tesisin güneş enerjisi üretimi alt üst limitleri ve beklenen elektrik üretimi değerleri, kurulacak tesiste yer alacak toplam panel/kolektör yüzölçümü belirtilmelidir. Varsa hangi firma(lar)nın ürünlerinin kullanılacağı ve firmanın diğer uygulamalarına ilişkin referanslar kısaca belirtilmelidir.

Sahanın güneş enerjisi potansiyeli ve tesisin elektrik üretim potansiyeli için Konya-Karaman bölgesinden örnek değerlendirme aşağıda verilmektedir.



Fotovoltaik Sistemler için üretim hesabı varsayımları:

- Panele gelen güneş enerjisi - Panelden çıkan elektrik Enerjisi ortalama Dönüşüm Oranı : % 10,00
- 1 MW kurulu güç için gerekli saha: 15.000 m²
- Sahada toplam panel alanı: 7.500 m²
- Tesisin Bakım / Arıza süresi : 2 Hafta / Yıl
- Tesis içerisinde enerji kaybı : % 25
- Parabolik Kollektörlü (Parabolic Trough) sistemler için üretim hesabı varsayımları:
- Kollektörlerin güneş enerjisini yansıtma oranı : % 96
- Toplam tesis verimliliği : % 20
- Kollektörlerin güneş enerjisini odaklayabildiği min güneş yükseklik açısı : 30 derece
- (Güneşi 30-150 derece doğuş batış ekseninde izleyebilen sistem)
- Tesisin Bakım / Arıza süresi : 2 Hafta / Yıl

Tablo 9.2. Örnek Bir Güneş Enerjisi Tesisinin Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli

Panel/Kollektör Yüzeyine GELEN RADYASYON	kWh/m ² -Yıl	MW Kurulu Güç Başına Üretim Kapasitesi (MWh/Yıl)
YÜZEY TÜRÜ	Toplam	
Yatay Sabit Global	1.810	(PV) 1.020
Optimal Sabit Global	1.860	(PV) 1.050
Optimal 1-Eksen Global	2.600	(PV) 1.470
Yatay 1-Eksen Global	2.520	(PV) 1.420
Yatay 1-Eksen Direkt (30-150)	1.340	(Parabolik Oluklu Sistem) 1.800
2-Eksen Global	2.760	(PV) 1.560

2.4) Gelir Gider Özeti

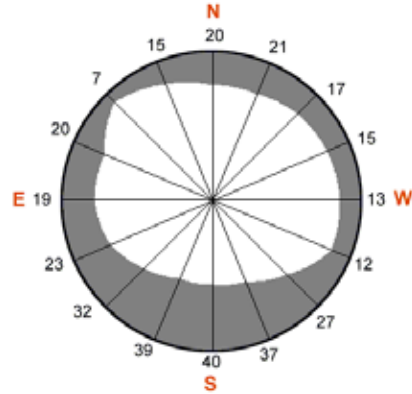
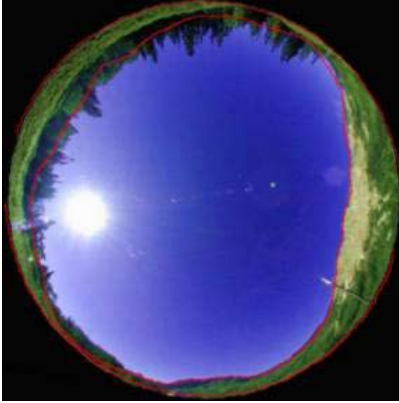
Tesis ömrü boyunca beklenen gelirlerin ve giderlerin özetinin, finansman maliyetleri ve kredi geri ödeme süresi, ana para ve faiz miktarı olarak ayrıca belirtilmesinde fayda vardır.

3. SAHA ANALİZİ

Sahaya ilişkin her tür coğrafi veya coğrafi olmayan bilgi detaylı olarak yer almalıdır. Bilgiler yazılı değerleri içermekle birlikte, ölçekli harita görüntüleri üzerinde gösterilmelidir. Bu tür bilgilerden bazıları aşağıda sunulmaktadır:

- Sahanın bulunduğu pafta indis(ler)i,
- Saha sınırlarını gösterir vektör harita ve sınır koordinatları,

- Sahanın çevresini de kapsayacak şekilde 3 boyutlu topoğrafik görüntüsü,
- Sahanın çeşitli açılardan yükselti kesitleri ve yükselti profilleri,
- Sahanın iletim hatlarına ve iletim trafo(lar)ına sulak alanlara, kara ve demir yollarına, yerleşim bölgelerine, ana fay hatlarına, doğalgaz ve petrol ana boru hatlarına, köy, kasaba, il/ilçe yerleşim alanlarına v.b. faktörlere olan uzaklıkları,
- Güneş radyasyonu potansiyeli hesaplarında kullanılan ölçüm istasyonu koordinatları ve istasyon tanımları,
- Sahanın varsa heyelan, çığ veya taşkın risklerine ilişkin değerlendirmeler,
- Sahanın yüzey yapı özellikleri,
- Sahanın iklim özellikleri, (nem, sıcaklık, basınç, rüzgar yağmur, kar ve dolu yağış istatistikleri)
- Sahanın doğu batı ve güney yönlerinden gölgelenme durumunu gösterir bakı durumu. Aşağıda bir sahanın bakı görüşü, balık gözü fotoğrafı ve karşılık gelen görüş açıları itibarıyla bakı görüşü. İlgili değerler sahanın hangi açıda bir yükselti ile ve hangi yönde görüşünün kapalı olduğunu göstermektedir. Örneğin aşağıdaki sahanın tam güney yönünde önünün 40 derecelik bir yükselti ile kapalı olduğu görülmektedir.



Şekil 9.2. Bir sahanın balık gözü fotoğrafı ve karşılık gelen görüş açıları itibarıyla bakı görüşü.

4.SAHANIN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Sahanın güneş enerjisi potansiyelinin hangi yöntem ve araçlarla hesaplandığı ve kullanılan girdi / ölçüm verilerinin kaynağı belirtilmelidir. Ölçüm verilerine dayalı yöntem ve araçların kullanılması durumunda, güneş enerjisinin önceki bölümlerde belirttiği üzere iklime dayalı olduğu düşünüldüğünde, uzun yıllara dayanan en az günlük radyasyon değerlerinin kullanılmış olması, elektrik enerjisi üretimi hesaplamalarında sadece bir ortalama değer olarak değil, olasılıklar dahilinde elde edilecek güneş enerjisi potansiyelinin sunulmasına imkan verecektir. Sahada ölçüm yapılmış ise, ölçümlerin direkt ve saçılan güneş enerjisi değerlerini ayrı ayrı ölçebilen ve sertifikalı cihazlarla yapılmış olması tercih edilmelidir.



Uzun yıllara dayalı analizlerin sağlanması durumunda, yıllar itibarıyla saatlik gün ve ay ortalamalarının, yığılma (dağılım) bilgilerinin ve detaylı grafik analiz görüntülerinin sunulması faydalı olacaktır.

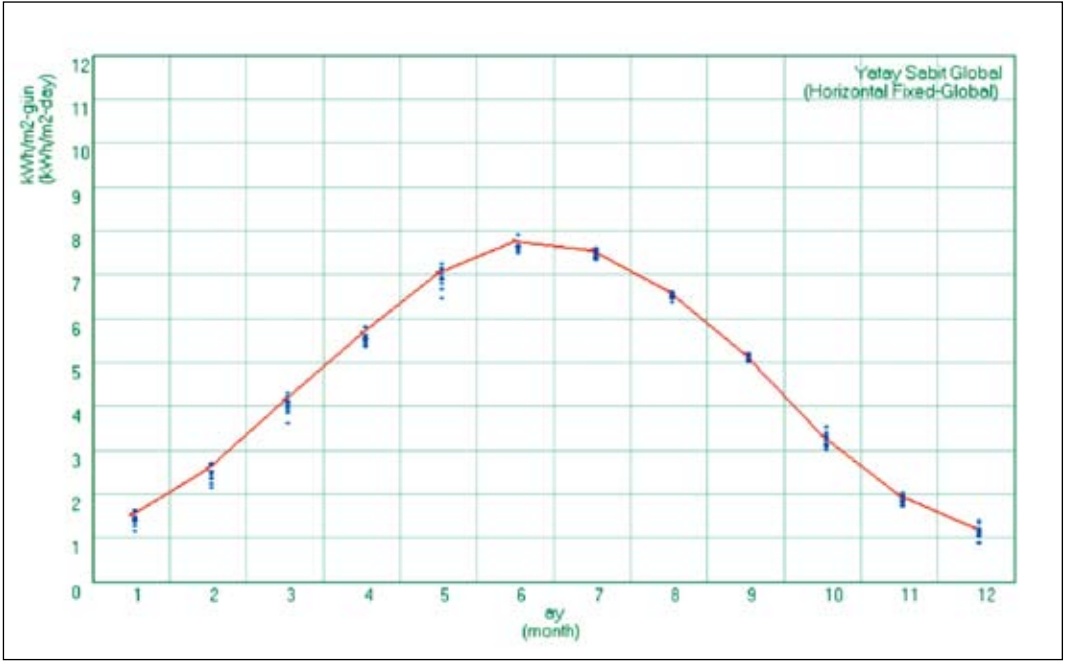
Kurulacak olan GES'in hangi teknoloji ile veya hangi firmanın ürünleri ile kurulacağı belirli ise, elektrik üretim potansiyeli hesaplarında ilgili ürünlerin panel/kolektör oryantasyonuna göre m^2 başına düşen güneş radyasyonu verileri kullanılarak, tesisin verimlilik ve üretim değerleri dikkate alınarak ilgili hesaplamalar yapılmalıdır. Ancak teknoloji kararı henüz verilmemiş ise, raporda yatırımcıya her tür teknoloji ve farklı verimlilik değerlerine göre yatırım hesaplarının kolayca yapılabilmesi için sahanın güneş enerjisi potansiyeli verileri farklı panel/kolektör oryantasyon türlerine göre sunulmalıdır. Bunlar kısaca:

- Yatay olarak ve sabit bir şekilde konumlanmış yüzeye gelen güneş enerjisi potansiyeli,
- Optimal güneş açısında (optimal güneş açısı belirtilerek) sabitlenmiş yüzeye gelen güneş enerjisi potansiyeli ,
- Optimal Güneş açısında sabitlenmiş, tek eksenle güneşi izleyen yüzeye gelen güneş enerjisi potansiyeli,
- Yatay konumda sabitlenmiş, güneşi doğu-batı açısında tek eksenle izleyen yüzeye gelen güneş enerjisi potansiyeli,
- Özellikle parabolik oluklu sistemler için, yatay konumda sabit, güneşi yatay düzleme göre doğu batı ekseninde 30^0 - 150^0 gibi belli açılar arasında tek eksenle izleyen yüzeye gelen güneş enerjisi potansiyeli ,
- Güneşi iki eksenle (doğu batı eksenini ve güneş yükseklik açısı eksenini) izleyen yüzeye gelen güneş enerjisi potansiyeli,

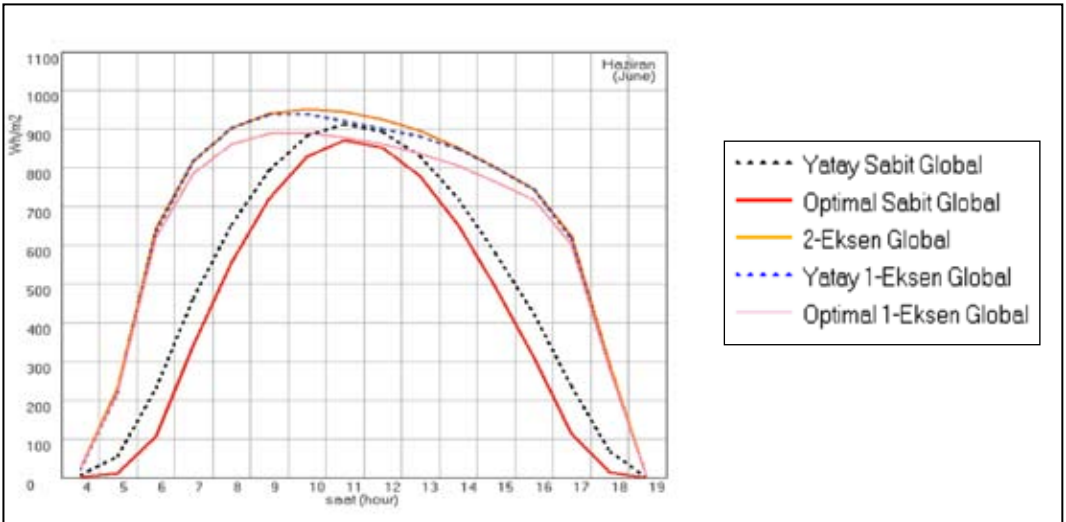
değerleridir.

Panel ve güneş termik sistemlerin hesaplarının doğru ve hassas yapılabilmesi için, bu verilerin direkt ve global radyasyon bileşenlerini ayrı ayrı içermesi ve en az günlük bazda olması beklenmelidir. Saatler bazında yapılacak hesaplamalarda ise, iklim verileri ile de birleştirildiğinde hassas elektrik enerjisi üretim potansiyel hesaplarının yapılması mümkün olacaktır. Örnek vermek gerekirse, PV panel yüzeyine gelen radyasyonun büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşmektedir ve panel ısısı gerek panelden elde edilecek elektrik miktarının verimini gerekse panelin üretebilir durumda olmasını direkt olarak etkilemektedir. Uzun yıllara ait gün bazında saatlik güneş enerjisi verileri, panel sıcaklığının yılın güneş alan saatleri bazında belirlenebilmesini ve hava sıcaklığı verileri ile de entegre edilerek elektrik üretim potansiyelinin hassas bir şekilde hesaplanabilmesini sağlayacaktır.

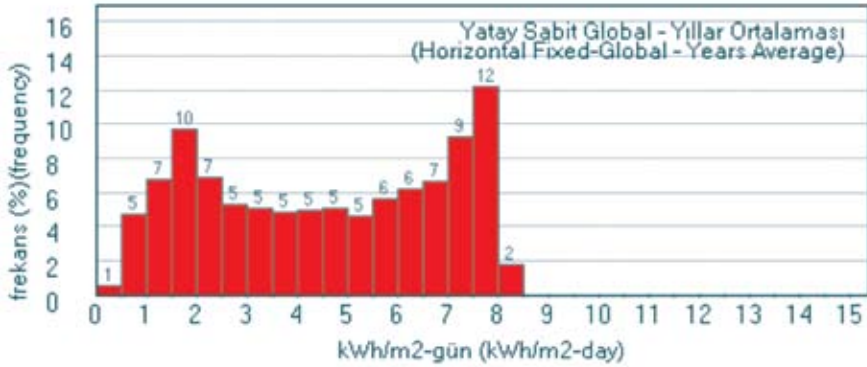
Aşağıda raporda yer alabilecek bazı görsel potansiyel verileri örnek olarak yer almaktadır.



Şekil 9.3. Örnek: Sahada yere paralel olarak yerleştirilmiş sabit yatay panel yüzeyine gelen günlük ortalama global radyasyon grafiği (ay bazında).



Şekil 9.4. Örnek: Sahada farklı panel yüzeyleri için Haziran ayı uzun yıllar saatlik ortalama radyasyon potansiyeli.



Şekil 9.5. Örnek: Sahada yere paralel olarak yerleştirilmiş sabit yatay yüzeye gelen uzun yıllar ortalama günlük global radyasyon potansiyeli yığım grafiği.

Saat Hour	Oca Jan	Şub Feb	Mar Mar	Nis Apr	May May	Haz Jun	Tem Jul	Ağu Aug	Eyl Sep	Ek Oct	Kas Nov	Ara Dec	Ort Avg
4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	5,5	3,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1
5	0,0	0,0	1,5	14,1	41,5	53,9	41,6	22,5	6,2	1,1	0,0	0,0	15
6	0,8	5,9	31,9	103,1	198,1	230,8	204,1	143,6	76,9	28,2	7,1	1,0	86
7	18,4	49,3	140,0	283,4	416,2	462,7	428,5	352,6	251,6	130,3	51,1	19,6	217
8	78,3	149,5	305,6	465,7	608,2	653,1	615,2	540,3	436,6	273,0	144,9	71,2	362
9	154,2	262,1	442,1	599,6	745,0	794,1	756,0	681,2	568,6	390,0	235,3	134,8	480
10	211,8	347,2	530,3	697,8	826,6	882,7	850,5	778,9	658,9	464,9	294,7	182,3	561
11	245,5	395,2	576,1	728,8	858,8	913,7	894,3	826,6	696,1	496,0	321,3	202,4	596
12	250,8	394,1	568,1	714,3	815,7	894,2	880,5	816,1	681,4	480,2	311,5	208,8	586
13	229,4	361,7	521,3	662,6	758,2	828,9	821,5	748,9	617,2	425,0	271,4	183,7	536
14	177,6	299,8	438,6	561,7	648,7	719,2	719,2	649,0	519,2	333,5	192,3	130,2	449
15	103,8	206,9	323,5	428,7	511,8	577,6	588,5	518,5	388,8	208,3	96,2	65,1	335
16	37,8	99,9	187,5	266,1	362,6	420,9	433,4	337,2	215,2	84,4	25,6	16,9	206
17	0,0	5,0	57,6	108,1	176,6	235,7	243,0	155,1	63,9	10,2	0,0	0,0	88
18	0,0	0,0	0,0	10,9	41,0	68,1	71,7	32,7	0,0	0,0	0,0	0,0	19
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Ort Avg	89	151	243	332	413	455	444	388	305	196	115	71	267

Şekil 9.6. Örnek: Yere paralel (Yatay) sabit yüzeye gelen saatlik ortalama global radyasyon değerleri (Watt Saat/m²) - Uzun yıllar ortalamaları.

5. SAHADA ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM POTANSİYELİ

- Sahada üretilebilecek elektrik enerjisi, tesisin yegane ticari kazancını oluşturmaktadır. Bir GES'in elektrik enerjisi üretim potansiyeli fotovoltaik teknoloji ürünleri kullanılacak ise;
- Sahaya yerleştirilecek panellerin toplam m² yüzey alanı büyüklüğüne,
- Bu panellere gelen direkt ve saçılan güneş enerjisi değerlerine,
- Panel yüzeyine gelen radyasyonun ne kadarlık kısmının panelden elektrik enerjisi olarak çıkabileceğine, (panel verimliliğinin panel sıcaklığına bağlı olarak değişeceği dikkate alınmalıdır),



- Tesisteki tüm panellerden elde edilen elektrik enerjisinin ne oranda tesis çıkışında trafoya ulaşabildiğine, (tesis verimliliğine) bağlıdır.

Parabolik oluk teknolojisi gibi güneş termik sistem kurulacak ise, GES'in elektrik enerjisi üretim potansiyeli;

- Sahaya yerleştirilecek kolektörlerin toplam m² yüzey alanı büyüklüğüne,
- Bu kolektörlere gelen direkt güneş enerjisi değerlerine,
- Kolektör yüzeyine gelen radyasyonun ne kadarlık kısmının ısıya ve bu ısı ile elde edilen buhar gücünün ne kadarlık kısmının türbin(ler)den elektrik enerjisi olarak çıkabileceğine, (tesis toplam verimliliğine) bağlıdır.

Elde edilecek değerlerin hesaplanmasında ayrıca üreticinin vereceği toplam çalışabilirlik oranı (availability) değerleri dikkate alınmalıdır. Normal olarak tesisler bakım ve arıza gibi sebeplerle ömürleri boyunca sürekli ve kesintisiz olarak hizmet verememektedir.

Ayrıca, sahada kurulacak kolektörlerin/panellerin ebatlarına göre ve kullanılacak oryantasyon türüne göre, birbirlerini gölgeleme etkisi de dikkate alınarak tesisin optimum panel/kolektör yerleşim planının yapılması gerekmektedir. Maliyet / getiri oranlarından elde edilecek % kazanç, tesisin getirisinde yıllık bazda büyük parasal miktarlara karşılık gelmektedir.

Güneş termik sistemlerde hibrid (doğalgaz veya kömür gibi diğer enerji kaynakları ile yapılacak takviye enerji kullanımı) sistemlerin hesapları, saatlik veriler ve bu verilere göre ne oranda ısı enerjisi takviyesi ile ne miktar elektrik enerjisi elde edileceğinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Ayrıca ısı deposu kullanılması durumunda, güneşten elde edilecek enerji ve depolanması planlanan enerji miktarı, hedeflenen saatlik elektrik enerjisi üretim değerlerine göre maksimum tesis verimliliği elde edilecek şekilde hesaplanmalıdır.

6. MALİYET GETİRİ ANALİZİ

Santralin proje geliştirme, lisans alma, kurulum ve lisans süresi boyunca maliyetlerini ve elektrik üretiminden elde edilecek gelirleri kapsayan gelir gider bilgileri sunulmalıdır. Maliyet ve Getiri analizinde dikkate alınması gereken kalemler aşağıda belirtilmektedir.

MALİYETLER

Proje geliştirme ve proje yönetim maliyetleri: GES tesisi yerinin belirlenmesi, yapılabirlik analizi aşamasında alınacak hizmetleri, arazi değerlendirme ve güneş ölçümleri gibi, yapılabirlik analizi aşamasında oluşan ve takiben projenin yürütümü ve koordinasyonu için gerekli personelin / hizmetlerin maliyetlerini içermektedir.

Saha ve Saha Hazırlama Maliyetleri : Saha özel mülk ise sahanın bedelini veya kirasını, araziye tesis kurulum ve işletme aşamasında ulaşılabilirliği sağlamak amacıyla yapılması gereken karayolu veya tren yolu, sahanın düzlenmesi için yapılacak kazı, dolgu ve hafriyat, tesis kurulumu aşamasında panel/kolektörlerin beton temelleri ve bunlar için gerekli işçilik ve ekipman v.b. maliyetleri içermektedir.



Tesis ve Tesis Kurulum Maliyetleri: Tesisi oluşturan bileşenlerin (kolektör/panel, destek ayakları, ısı toplama ve iletim elemanları, ısı tankları, buhar türbini, invertör, pompa, motor, su arıtma, v.b.) ve bu ekipmanların sahaya nakliye, montaj, test giderlerini, var ise trafo ve hat yatırım maliyetlerini içermektedir.

Finansman Maliyetleri: Lisans başvurusu aşamasında yatırılacak teminatları, lisans alındığı takdirde şirket sermayesi olarak ayrılacak öz sermayenin fırsat maliyetlerini, kredi ana para ve faiz geri ödemelerini içermektedir.

İşletme Giderleri : Tesisin kurulumunu takiben işletme aşamasında firmanın idari personel ve kira v.b. giderlerini, sigorta maliyetlerini, tesisin temizlik, güvenlik, işçilik maliyetlerini, varsa buhar amaçlı su giderlerini ve tesisi oluşturan fiziksel bileşenlerin arıza/tamir/değişim maliyetlerini, iletim bedeli, sıfır bakiye düzeltme kalemi v.b. giderleri içermektedir.

GELİRLER

Elektrik Satış Bedeli : Üretilerek sisteme satılan elektriğin bedelini içermektedir. Beklenen kanun değişikliği ile üretilen elektriğin 10 yıl gibi belli bir süre içinde sabit bir fiyatla satın alınması söz konusudur. Elektrik satış gelirleri hesaplanırken, trafo ve hat kayıplarının, sistemin bakım ve arıza sebebiyle devre dışı olması beklenen sürelerin, iletim ve sistem işletim ücreti gibi yasal kesintilerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Karbon hakkı: Üretilen elektriğin karbon hakkı satışı getirisini içermektedir.

7. DİĞER ESASLAR

Raporda “içindekiler” kısmı detaylı olarak yer almalıdır.

Rapor belli doküman standartlarına uygun olmalı ve sayfa düzeni gibi standartlara tüm dokümanda uyulmuş olmalıdır.

Raporu hazırlayan firmanın / kişinin kimlik bilgisi, rapor tarihi, müşteri kimliği ve müşteri/firma sorumlulukları açıkça belirtilmelidir. Yapılmış güncelleştirmeler varsa raporun versiyonu ve önceki versiyonlara ilişkin yapılan değişikliklerin açıklamalı olarak doküme yer almalıdır. Ayrıca yatırım yapacak olan firmanın açık adı ve erişim bilgileri, ortakları ve payları raporun ilk sayfalarında belirtilmelidir.

Raporda her tür bilginin kaynağı belirtilmeli ve ulaşılabilir referansı verilmelidir.

Raporda sunulan veriler, hesap sonuçları, izlenilen yöntem v.b. sonucu etkileyen varsayımlar açıkça belirtilmelidir.

Sayısal detay veriler rapor eki olarak sunulmalı, ana raporda detay verilerden elde edilmiş sonuç özet değerler bulunmalıdır. Özet veriler dışında detaylı sayısal değerler ana raporda yer almamalıdır ve sunulan özet veriler çeşitli grafik görüntüleriyle desteklenmelidir.

Saha'ya ilişkin bilgiler mümkün olduğunca ölçekli harita görüntüleri ile desteklenmelidir.

9.4. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Kaynak: Şenol Tunç – Proje Enerji



10. SONUÇ

10.1 TESPİTLER

Yapılan projeksiyonlara göre; 2030 yılına kadar enerji talebinin bugüne kıyasla yüzde 60 oranında artması, bu talebin de yaklaşık yüzde 80'lik kısmının fosil yakıtlardan karşılanması ve fosil kaynaklar içerisindeki en büyük talep artışının da doğal gazda olması beklenmektedir. Ancak Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve nükleer enerjinin birincil enerji kaynakları, elektrik ve hidrojenin de ikincil enerji kaynakları içindeki paylarının önceki yıllara göre hızla artması öngörülmektedir. Bu öngörüler doğrultusunda 21. yüzyılın enerji çağı olacağı varsayılmaktadır.

Bu doğrultuda, AB ülkelerinde de genel enerji tüketimi içerisinde petrolün ağırlığının devam edeceği ve doğalgaz kullanımının artacağı öngörülmektedir. Dünyadaki petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık yüzde 75'inin Ortadoğu, Hazar Bölgesi, Avrupa ve Rusya Federasyonu'nda bulunması ve Türkiye'nin de bu coğrafyanın ortasında olduğu dikkate alındığında, geçiş ülkesi konumundaki Türkiye'nin, doğru politikalar uygulaması halinde, önemi giderek artacaktır.

Ülkemizin gelişen bir ekonomiye sahip olması nedeni ile güvenilir, kesintisiz ve ucuz bir enerji arzına ihtiyacı vardır. Türkiye'nin 2007 yılında 1525 KEP olan kişi başına enerji tüketimi Dünya, AB ve OECD ortalamasının çok altındadır. Dolayısıyla, artan nüfus ve gelişen ekonomiyi göz önüne aldığımızda ; insanımızın refahının bir göstergesi olan fert başına kullanılan elektrik miktarının artması, enerjinin verimli kullanılması, Kyoto Protokolü uyarınca karbondioksit emisyonlarının azaltılması gibi hedefler öngörüldüğünde, 5-10-20 yıllık stratejik planların hazırlanması yanı sıra enerji talebimizi karşılayacak finansmanın da planlanması önem arz etmektedir. Bugün birincil enerji ihtiyacımızın, daralan ekonomiye rağmen % 70'ini, ithal etmekteyiz. Ciddi tedbirler alınmazsa yarın da artan oranlarda ithal edeceğimiz ortadadır.

Türkiye'nin uzun vadeli enerji stratejisi, coğrafi konumunun etkisi de hesaba katılarak değerlendirilmelidir. Türkiye, Ortadoğu, Balkan, Karadeniz ve Akdeniz ülkesi olup, bu coğrafyada zengin enerji kaynaklarına sahip komşuları ile yakın ilişki içindedir. Aynı zamanda da AB'ne girme uğraşısı veren ve AB'ne transit bir ülke konumundadır. Dolayısıyla, enerji talebinin sürekli, güvenilir ve kaliteli bir şekilde karşılanabilmesini teminen öncelikle ülke kaynaklarının rantabl olarak değerlendirildiği, arzda enerjinin cinsi ve temini konusunda kaynak çeşitliliğini gözetken ve enerji üretim, iletim ve dağıtım tesisi yatırımlarının planlı bir uygulamasını içeren ve dünyadaki konjonktürel gelişmeleri de göz önüne alan planlı bir devlet politikası oluşturulmalıdır. Bu çerçevede, elektrik, doğal gaz ve petrol sektörlerinde özel ve kamu kesimi faaliyetlerini düzenleyerek, tüketici haklarının korunmasının yanı sıra, etkin ve verimli bir arz sistemi kurulmasını amaçlayan, rekabete açık, sağlıklı, etkin ve işleyen bir piyasanın oluşturulması için mevcut mevzuat yeniden gözden geçirilmeli ve düzenlenmelidir.

Ulusal şebekenin Avrupa şebekesine bağlanması ve entegrasyonu halinde UCTE üyesi Türkiye'de herhangi bir enerji yatırımcısı üreteceği elektriği AB ülkelerindeki dilediği kuruluşa serbestçe satabilecektir. Yatırımcının yapacağı bu gibi satış anlaşmaları uluslararası bankalar tarafından garanti olarak kabul edileceği için, Türkiye'de yapılacak enerji yatırımlarının (özellikle yeşil enerji yatırımları) finansman sorunu büyük ölçüde çözülecektir. Bu, Türkiye'de Enerji sektörüne yapılacak yatırımı ve yabancı sermaye akışını da hızlandıracaktır.



Ülkemizdeki teşvik unsurlarını kapsayan mevzuat en az enerji yatırımları ile ilgili mevzuat kadar kapsamlı karmaşık ve yatırımcı tarafından kolay anlaşılabilir değildir. Bu durum yukarıda yer alan **Mevcut Mevzuat** ve **Türkiye’de Teşvik Sistemi** bölümlerinde açıklıkla görülmektedir.

Ülkemizde Özel sektörün elektrik sektörüne yatırım yapma imkanının ilk adımı “Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi” hakkındaki 3096 sayılı Kanun 19 Aralık 1984 tarihinde yürürlüğe girmesi ile atılmış ve 3/3/2001 tarihinde Resmi gazetede yayımlanan 4628 No’lu Elektrik Piyasası Kanunu ile liberal piyasanın tesis edilmesi aşamasına gelinmiştir.

3096 sayılı kanundan 4628 sayılı kanuna ve bu kanun yürürlüğünden günümüze kadar geçen sürede elektrik enerjisi piyasasını düzenlemek için pek çok kanun, yönetmelik çıkarılmış olmasına karşın piyasa düzenlenememiş bilakis daha karmaşık ve anlaşılamaz hale getirilmiştir. Halen mevzuatta boşluklar bulunmakta EPDK, EİE, EİGM, TEİAŞ, TEDAŞ gibi tüm yatırım ve işletme süreçlerinde koordineli çalışması gereken kurumların hangi sorumlulukları üstleneceği açık ve anlaşılır şekilde bilinmemekte, yatırım süreçlerinde karmaşa yaşanmaktadır. Bunun somut örneği 1 Kasım 2007’de alınan RES başvurularının çok büyük bir kısmının hala çözülmemiş olmasıdır. Bu durum gerçek yatırımcıyı bezdirmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim yatırımlarından uzaklaştırmaktadır.

Benzer durum yatırımları teşviki ile ilgili mevcut olan düzenlemeler için de geçerlidir. Teşvik unsurları kapsamında yer alan (değişik oranlı yatırım indirimi ve KDV istisnası, hazine arazisi tahsis, hızlandırılmış amortisman, sigorta primlerinin bir kısmının ödenmesi, faiz desteği, belli bir kotaya kadar işçi çalıştırmada değişik oranlarda vergi muafiyeti, ucuz krediler, enerji desteği v.b...) gibi karmaşık uygulamaların yeniden düzenlenerek sadeleştirilmesi ve maliyeti artırıcı olan enerji ürünlerindeki yoğun vergilerin (örneğin % 18 KDV oranı, Özel tüketim Vergisi (ÖTV) ve Elektrik enerjisindeki TRT ‘nin payı ...) azaltılması gibi hususlar bir bütünlük içinde mütaala edilmelidir.

Sistem son derece karışık olup, verilen teşviklerin sonuçları değerlendirilmemektedir. Bu da gereksiz zaman ve kaynak israfına yol açmaktadır. Bu bağlamda çeşitli kanun ve yönetmelikler (Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı ve Kalkınma Ajansı dahil) kapsamında uygulanan teşviklerin izlenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi öncelikle ülke kaynaklarının verimli ve etkin olarak kullanılıp-kullanılmadığının incelenmesi yönüyle sivil örgütlerin (Örnek olarak meslek odaları, üniversiteler gibi...) de yer aldığı özerk bir ünitenin kurulması önem arz etmektedir.

Güneş enerjisinden elektrik elde etmede teknolojdaki gelişme baş döndürücüdür. 2009 yılı itibariyle PV teknolojisindeki labaratuvar ortamında % 50 verimliliğe ulaşılmıştır. Maliyetlerde ise hızlı bir düşüş görülmektedir. Güneşten elektrik elde etmede birim elektrik enerjisi üretim maliyeti Japonya, Kaliforniya, Güney İtalya gibi bölgelerde şebeke elektrik enerjisi maliyetleri ile karşılaştırılabilir hale gelmektedir.

Dünya’da çatı üstünde elektrik enerjisi üretimi hızla yaygınlaşmaktadır. 2009 yılı ortası itibariyle teknolojik gelişme GES maliyetlerini bu dökümanda verilen değerlerinde altına düşürmüştür.



10.2 ÖNERİLER

Bu tespitlerin ışığında yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili mevzuatın yeniden yapılandırılması gerekli görülmektedir. Bu yapılanma, şimdiye kadar piyasa işleyişinde görülen aksamaları dikkate alarak, tüm piyasa oyuncularının görüşleri irdelenerek ve onların katılımları da sağlanarak genel bir çerçeve kanun hazırlanması ile sağlanabilir. Söz konusu çerçeve kanununa bağlı olarak her bir yatırım türü için (hidro, termik, rüzgar, güneş, jeotermal, vb.) teşvik unsurlarını da kapsayan yönetmelikler ayrı ayrı hazırlanmalı ve her bir kaynak için 2020 yılı hedefleri belirlenmelidir.

Bu Çalışma kapsamlı ve gerçekleştirilemez görülüyorsa daha önceki yıllarda hidroelektrik santral yatırımları ve yakın geçmişte rüzgar enerjisi yatırımları konusunda karşılaşılan karmaşayı önlemek ve gerçek yatırımcıyı desteklemek üzere Piyasası yakın gelecekte açılacak olan GÜNEŞ ENERJİSİ İÇİN TEŞVİKLERİ DE KAPSAYAN TEK BİR MEVZUAT HAZIRLANMALI VE 2020 YILI HEDEFİ SAPTANMALIDIR. Piyasa bu mevzuatın yürürlüğe girmesini takiben yatırımcıya açılmalıdır.

Bu süreç neden gereklidir:

Güneş enerjisi, ısıtmada, soğutmada ve değişik teknolojilerle elektrik enerjisi üretiminde kullanılmakta olup, yapılan projeksiyonlarda 2040 yılına kadar dünya enerji gereksinmesinin % 26'sının güneşten karşılanabileceği ve 2 milyondan fazla kişiye de istihdam imkanı sağlanacağı belirtilmektedir. Dünya'daki güneşten elektrik enerjisi üreten sistem maliyetlerine bakıldığında baş döndürücü bir teknolojik gelişme ve bu paralelde ilk yatırım maliyetlerinde büyük düşüşler gözlemlenmektedir. Yapılan tahminlerde 2010'lu yıllardan sonra güneş enerjili elektrik üretim sistemlerinin konvansiyonel kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi fiyatları ile rekabet edilebilir mertebelere geleceği öngörülmektedir.

Türkiye, güneş enerjisinden su ısıtmalı sistemler konusunda dünya sıralamasında başlarda yer almaktadır. Diğer taraftan, güneş santrallerinin tesisi ve çatı üstü güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretme sistemlerinde ise henüz kayda değer bir başlangıç yapılamamıştır. Güneş elektrik enerjisinin bireysel kullanımı ve fazla elektriğin şebekeye verilmesi konusunda, çatı üstü güç panellerinin üretilmesini ve kurulmasını teşvik edecek düzenlemeler ve ilgili yönetmelikleri yanı sıra güneş santralleri konusunda da yasal altyapı, teknik altyapı ve teşvikler acilen yürürlüğe konulmalıdır. Bu konuda Japonya'daki, Almanya'daki ve İspanya'daki uygulamalar dikkate alınmalıdır.

Dünya'da durgunluğun yaşandığı şu dönemde, iyi planlanmış bir yapılanma ile Güneş enerjisi piyasasının yatırımcıya açılması, kriz ortamını fırsata dönüştürebilecek konulardan birisi olarak görülebilir.



11. REFERANS VE KAYNAKLAR (KİTAP, DERGİ, PROGRAM, WEB SİTESİ VS.)

11.1. KAYNAKLAR

1. El-Wakil, M. M. / Power Plant Technology / McGraw Hill International Editions.
2. Boylestad, Robert. Nashelsky, Louis / Electronic Devices and Circuit Theory, Fifth Edition.
3. Sutton, G.W. / Direct Energy Conversion / McGraw Hill, 1966.
4. Hammonds, M. / Solar Photovoltaic Energy for the 1990' s Energy World / September 1990
5. Kuwano, Ykinori. / Sanyo Electric Company, Ltd. / Hashiridani, Hirikata, Osaka / Japan.
6. Özcan, Veysel. Elektrik 1997 / 5 Sayfa: 150
7. Türkiye'nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları / Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını / Ağustos 1984 / Baskı: Önder Matbaa / Sayfa: 62
8. Coody, Güneştrik A. Ş. / 3e / Mayıs 1994. / Sayfa: 29
9. Tırıs, Mustafa. Tırıs, Çiğdem. Erdallı, Yücel. / Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri / Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü / Gebze / Kocaeli 1997.
10. Allocca, A., John., Stuart, Fc. D. Allen. / Transducers Theory and Application.
11. Başçetinçelik, Ali. Toros, Haşim. Öztürk, Hüseyin. Öztekin, Serdar. / Güneş Enerjisi ve Çevre Bildirileri / IV. Türk - Alman Enerji Sempozyumu / Sayfa: 47,48
12. Çolak, Metin. Arsel, İsmail. / Güneş Enerjisi ve Çevre Bildirileri / IV. Türk - Alman Enerji Sempozyumu / Sayfa: 75, 76
13. Karakaş, Tamer. / Güneş Enerjisi ve Çevre Bildirileri / IV. Türk - Alman Enerji Sempozyumu / Sayfa: 247 – 252
14. Kılıç, Abdurrahman. Öztürk, Aksel. / Güneş Enerjisi / İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi / Kipaş Dağıtımıcılık / Sayfa: 203- 221
15. Ültanır, Mustafa Özcan. Bilim ve Teknik / Mart 1996 / Sayfa: 50
16. Ercömert, Taner. / Enerji Dünyası. / Ağustos 1995 / Sayı: 4 / Sayfa:12
17. Şen, Zeki. / İTÜ Vakıf Dergisi / 4. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayın Organı / Sayfa: 24
18. Mendilcioğlu, Mustafa. / TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası / Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 7. Ulusal Kongresi / 8–14 Eylül 1997 / ANKARA
19. K. W., Kanngisser., W., Kopatz, DIB.R., / Electrical Energy Supply with Application of Storage Equipment In An Isolated Power System / 330–04 / Cigre Symposium 11–85, Dakar, 1989.
20. Leblebici, D. /Elektronik Devreleri/ Cilt:1 / İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Matbaası / 1983
21. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries, Marcel Suri, Thomas A. Huld, Ewan D. Dunlop, Heinz A. Ossenbrink, European Commission, DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, TP 450, via E. Fermi 1, I-21020 Ispra (VA), Italy, Available online 14 February 2007



22. Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Edited by: Tom Markvart and Luis Castafier, 2003 Elsevier Ltd.
23. Environmentally Conscious Alternative Energy Production, Edited by Myer Kutz, John Wiley & Sons, Inc., 2007
24. Grid Connection of Photovoltaic Systems, Achim Woyte, 2003
25. Solar House: A Guide for the Solar Designer, Terry Galloway, Elsevier, 2004
26. SUSTAINABLE BUILDING TECHNICAL MANUAL, Green Building Design, Construction, and Operations, Produced by Public Technology Inc. n US Green Building Council, Sponsored by U.S. Department of Energy n U.S. Environmental Protection Agency, P U B L I C T E C H N O L O G Y , I N C . , 1996
27. Wind and Solar Power Systems, Mukund R. Patel, Ph.D., P.E., U.S. Merchant Marine Academy Kings Point, New York, CRC Press, 1999
28. THE SOLAR ECONOMY Renewable Energy for a Sustainable Global Future, Hermann Scheer, Earthscan, 2005
29. Solar Engineering of Thermal Processes, John Duffie, William A.Beckman, John Wiley Sons, 1980
30. Hoppe, Harald and Sarıçiftçi, N. Serdar / Polymer Solar Cells / Photoresponsive Polymers II / Pages 1 – 86 / Advances in Polymer Science Book Series / Springer Berlin / Heidelberg, 2008 / ISBN: 978-3-540-69452-6
31. Brabec C. J., Sarıçiftçi N. S., Hummelen J. C. / Plastic Solar Cells / Advanced Functional Materials / Volume 11 Issue 1, Pages 15 – 26 / Published Online: 14 Feb 2001
32. Dennler, G., Sarıçiftçi, N.S. / Flexible Conjugated Polymer-Based Plastic Solar Cells: From Basics to Applications / Proceedings of the IEEE / Volume 93, Issue 8, Aug. 2005 Page(s):1429 - 1439
33. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, TMMOB MMO,2008
34. Solar Hydrogen Energy, The Power to save the Earth, John OM, Bockris, T.Nejat Veziroğlu, Debbi Smith, Optima, 1998
35. 2007–2008 Türkiye Enerji Raporu, DEK-TMK, 2008
36. **PHOTOVOLTAICS Design and Installation Manual**, SOLAR ENERGY INTERNATIONAL
37. **Planning and Installing Photovoltaic Systems**, The German Solar Energy Society, Ecofys 2005
38. **Photovoltaics & Solar Thermal Power Plants**, Dena German Energy Agency
39. **Solar Living Source Book**, Real Goods
40. **Enerji Verimliliği Farkındalık Broşürü**, Heinrich Böll Stiftung Derneği
41. Temiz Dünya Rehberi – Güneş Enerjisi / Temiz Dünya Ekoloji Derneği / Doğa Yayıncılık Ltd. Şti. / İstanbul, 2009.
42. State and Trends of the Carbon Market 2008, The World Bank, Washington D.C., May 2008



11.2. Tezler

1. Alper AKÇA "An Examination of the Legislative Framework for Supporting the Renewable Tariffs" Elektrik – Elektrik Mühendisliği , ODTÜ, Eylül 2008, 190 sayfa Danışman: Prof.Dr. Osman SEVAİOĞLU
Yüksek Lisans, İngilizce
2. Ahmet Akdeniz
Pasif güneş enerjisi sistemi ile bina ısıtılmasının ekonomik analizi · 1987 · 0100 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Hulusi Demir, Yüksek Lisans, Türkçe
3. Seyit Arif Tür
Güneş enerjisi ile çalışan R21-DMF li soğurmalı soğutma çevrimin analizi ve bazı tersinmezliklerin çevrimin performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi · 1987 · 0074 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Ercan Ataer, Yüksek Lisans, Türkçe
4. Mükerrerem Şahin
Zar tabakalı bir güneş havuzunda güneş ışıınının geçişi ile enerji depolanmasının incelenmesi · 1987 · 0050 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Atilla Özmen, Yüksek Lisans, Türkçe
5. Zeliha Taşar
Güneş pilleri · 1987 · 0065 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Atilla Özmen, Yüksek Lisans, Türkçe
6. Handan Baycık
Dağınık yüzey karakterli çeşitli atık maddelerin güneş toplayıcısının aktif yüzeyi olarak kullanılabilme olanakları · 1987 · 0105 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Kamil Alibaş, Yüksek Lisans, Türkçe
7. Tamer Ataç
Güneş procyon ve arcturus'ta "carter" olayının incelenmesi · 1984 · 0090 sayfa.
Danışman: ,Doktora, Türkçe
8. Levent Altaş
Procyon, güneş ve arcturus'ta karbon, azot, oksijen bollukları ve evrim parametreleriyle ilişkileri · 1986 · 0092 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Kamuran Avcioğlu, Doktora, Türkçe
9. Erden Soytürk
Güneş plajlarındaki gelişimin fotometrik incelenmesi ve flerlerin plajlara etkisi · 1983 · 0267 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Abdullah Kızılırmak, Doktora, Türkçe
10. Mesture Buldurur (Aysan)
Kentsel tasarımda güneş enerjisinden optimum yararlanma konusunda bir araştırma ve İstanbul'da çeşitli uygulama örnekleri · 1983 · 0135 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Gündüz Özdeş, Doktora, Türkçe
11. Ali Yücel Uyarel
Isı borusu prensibinin güneşli su ısıtıcılarına ve damıtmaya uygulanması · 1984 · 0139 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Oğuz Borat, Doktora, Türkçe
12. Mithat Uysal
Çok değişkenli optimizasyon tekniklerinin güneş enerjili ısıtma ve/veya sıcak su sistemlerinin optimizasyonu probleminde uygulanması · 1984 · 0106 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Muzaffer İpek, Doktora, Türkçe



13. M.Adnan Fervati
Güneş enerjisi ile soğutma · 1984 · 0118 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Refah Ayber, Doktora, Türkçe
14. Selahattin Göktun
Güneş enerjisinin depolanması · 1983 · 0117 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Osman F. Genceli, Doktora, Türkçe
15. Celalettin M. Baykul
Güneş enerjisinin depolanması · 1987 · 0177 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Ali Aydemir, Yüksek Lisans, Türkçe
16. Salih Köse
Yarıiletken güneş pilleri ve verimlilikleri · 1986 · 0078 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Muhsin Zor, Yüksek Lisans, Türkçe
17. Kemal Taner
Güneş ışınımı, doğal dolaşımli toplaç-ayna düzeninde akış ve ısı analizi · 1986 · 0152 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Battal Kuşhan, Doktora, Türkçe
18. Bilgi Akkaya
Güneş enerjisi ile soğutma sistemleri (Denizli ilinde uygulama) · 1985 · 0084 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Battal Kuşhan, Yüksek Lisans, Türkçe
19. Ertuğrul Yörükoğulları
Güneş enerjisinin doğal zeolite depolanması · 1985 · 0264 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Ali Aydemir, Doktora, Türkçe
20. İsmail Atik
Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi 5. kısım güneşli sıcak su sisteminin uzun süreli veriminin incelenmesi · 1988 · 0169 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Gürbüz Atagündüz, Yüksek Lisans, Türkçe
21. Rıza Ünsal
Reflektörlü güneş serasında bitkili ve bitkisiz sera içi ve sera dışı iklimatik faktörlerin karşılaştırmalı analizi · 1988 · 0107 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. A. Şemi Aksoy, Yüksek Lisans
22. Mahmut Kaya
Isı borulu hava ısıtmalı gizli depolu düzlemsel güneş kolektörü ile sıcak su hazırlama sisteminin deneysel incelenmesi · 2007 · 78 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Hikmet Doğan, Yüksek Lisans, Türkçe
23. Mehmet Fatih Dike
Devir-daim pompasının güneş pili ile tahrik edilerek, güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminin deneysel incelenmesi · 2007 · 96 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Hikmet Doğan, Yüksek Lisans, Türkçe
24. Ekin Moral Uğur
Güneş pillerinin yapı kabuk elemanları ile bütünleştirilmelerine yönelik bir araştırma · 2006 · 98 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Aslıhan Tavil, Yüksek Lisans, Türkçe
25. Mustafa Karamanav
Güneş enerjisi ve güneş pilleri · 2007 · 88 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Abdullah Ferikoğlu, Yüksek Lisans, Türkçe
26. Necmiye Apaydın
Aydın yöresinde incir kurutmada kullanılacak olan doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucunun modellenmesi · 2007 · 94 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Bülent Coşkun, Yüksek Lisans, Türkçe



- 27.** Özgen Açıkgöz
Bir birleşik enerji sisteminde güneş enerjisi desteğinin araştırılması · 2007 · 103 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Olcay Kincay, Yüksek Lisans, Türkçe
- 28.** Selçuk Keçel
Türkiye'nin değişik bölgelerinde evsel elektrik ihtiyacının güneş panelleri ile karşılanmasına yönelik model geliştirilmesi · 2007 · 159 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. H. Güçlü Yavuzcan, Yüksek Lisans, Türkçe
- 29.** Serdar Demirdağ
Gerilim düşüren dönüştürücü tabanlı mikrodenetleyici destekli bağımsız güneş enerji sistemi kontrol kartı tasarımı · 2007 · 109 sayfa.
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İres İskender, Yüksek Lisans, Türkçe
- 30.** Tayfun Yüre
Güneş enerjisinden edilgen sistem yararlanmada güneş odası ekleme yönteminin iç ortam sıcaklığına etkisinin incelenmesi-İstanbul örneği · 2007 · 128 sayfa.
Danışman: Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen, Yüksek Lisans, Türkçe
- 31.** Asım Fatih Durmaz
Eğik yüzeylere gelen güneş ışınımının analizi ve cam yüzeylerden geçen güneş ışınımının tespiti · 2007 · 121 sayfa.
Danışman: Doç. Dr. Hüsamettin Bulut, Yüksek Lisans, Türkçe
- 32.** Ferit Dinçadam
Güneş pilleri ile sıcak su elde etme, sokak aydınlatması ve güneş takip sistemi uygulaması · 2008 · 82 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Sabir Rüstemli, Yüksek Lisans, Türkçe
- 33.** Fatih İsmail Özay
NH₃ /H₂O absorpsiyon soğutma sisteminin güneş enerjisi ile çalıştırılması ve verimlilik analizi · 2008 · 59 sayfa.
Danışman: Yrd. Doç. Arif Emre Özgür, Yüksek Lisans, Türkçe
- 34.** Mehmet Demirtaş
Güneş ve rüzgâr enerjisi kullanılarak şebeke ile paralel çalışabilen hibrit enerji santrali tasarımı ve uygulaması · 2008 · 191 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. İlhami Çolak ; Yrd. Doç. Dr. İbrahim Sefa, Doktora, Türkçe
- 35.** Ali H. Abdulkarem
Ankara şartlarında güneş enerjisi ile bir ortamın döşemeden ısıtılması ve sistemin ısı performansının belirlenmesi · 2008 · 88 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Ö. Ercan Ataer, Yüksek Lisans, Türkçe
- 36.** Zafer Deniz
Güneş kolektörü olarak kullanılan bir evin çatısının dış yüzeyinden zorlanmış konveksiyon ile gerçekleşen ısı transferinin sayısal olarak incelenmesi · 2008 · 124 sayfa.
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Oğuz Turgut, Yüksek Lisans, Türkçe
- 37.** Gökhan Barın
Light harvesting and efficient energy transfer in boron dipyrin dyads and derivatization for potential utility in dye-sensitized solar cells · 2008 · 111 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Engin Umut Akkaya, Yüksek Lisans, İngilizce
- 38.** Tuğba Selcen Navruz
Arabant yapılı güneş pillerinde verim optimizasyonu · 2008 · 143 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Müzeyyen Sarıtaş, Doktora, Türkçe
- 39.** Göksan Gül
Güneş gözelerinin üretilmesinde son gelişmelerin araştırılması · 2008 · 145 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Aynur Eray, Yüksek Lisans



- 40.** Farah Tatar
Experiment station to observe the solar charge station behaviour for a year period ·
2003 · 159 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Gürbüz Atagündüz ; Doç.Dr. Mehmet Güneş, Yüksek Lisans, İngilizce
- 41.** Elvan Armakan
Analysis of two-axis sun tracking system · 2003 · 66 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Bülent Yardımoğlu, Yüksek Lisans, İngilizce
- 42.** Orhan Görmez
Farklı ölçülendirme yaklaşımları kullanılarak bağımsız fotovoltaik enerji sistem tasarımı:
Performans-maliyet optimizasyonu · 2003 · 153 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Ali Naci Çelik, Yüksek Lisans, Türkçe
- 43.** Osman Pakma
ZnO/CdS/CuIn(S,Se)₂ heteroeklem güneş pillerinde admittans spektroskopisi ve akım-iletim mekanizmaları · 2002 · 83 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Şener Oktik, Yüksek Lisans, Türkçe
- 44.** Selçuk Uzunok
Fotovoltaik modüllerin elektrik enerjisi üretiminde güneş takip sisteminin etkisinin incelenmesi · 2007 · 118 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Semir Gökpınar, Yüksek Lisans, Türkçe
- 45.** Öznur Saka
Konya koşullarında güneş pillerinin aydınlatma uygulamalarında kullanım imkanları · 2007 · 46 sayfa.
Danışman: Doç. Dr. Cevat Aydın, Yüksek Lisans, Türkçe
- 46.** Ayşe Özgöçmen
Güneş pili kullanarak elektrik üretimi · Mayıs 2007 · 112 sayfa.
Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fadıl Çelikkol, Yüksek Lisans, Türkçe
- 47.** Mehmet Dişçigil
Güneş panellerinde kojenerasyon ve ekserji analizi · 2007 · 86 sayfa.
Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
Danışman: Prof. Dr. Muhammed Eltez, Yüksek Lisans, Türkçe
- 48.** Ayşegül Kiyak
Güneş enerjisinden yararlanma olanakları ve enerji verimliliğinin incelenmesi; Muğla ili toplu konut yerleşkesi örneği · 2007 · 122 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Muhammed Eltez, Yüksek Lisans, Türkçe
- 49.** Mustafa Karamanav
Güneş enerjisi ve güneş pilleri · 2007 · 88 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Abdullah Ferikoğlu, Yüksek Lisans, Türkçe
- 50.** Mustafa Karaçorlu
Güneş pili ile elektrik üretiminin Çukurova Bölgesi için kullanılabilirliğinin araştırılması · 1996 · 135 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Orhan Büyükalaca, Yüksek Lisans, Türkçe
- 51.** Elvan Armakan
Analysis of two-axis sun tracking system · 2003 · 66 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Bülent Yardımoğlu, Yüksek Lisans, İngilizce
- 52.** Orhan Görmez
Farklı ölçülendirme yaklaşımları kullanılarak bağımsız fotovoltaik enerji sistem tasarımı:
Performans-maliyet optimizasyonu · 2003 · 153 sayfa.
Danışman: Y.Doç.Dr. Ali Naci Çelik, Yüksek Lisans, Türkçe



- 53.** Sefer Kutlu
Güneş tarlası ile elektrik enerjisi üretimi ve Süleyman Demirel Üniversitesi kampüs alanında bir uygulama analizi · 2002 · 96 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Ali Kemal Yakut, Yüksek Lisans, Türkçe
- 54.** Murat Yıldız
Fotovoltaik pil ve modüllerin simülasyonu ve performans analizi · 2002 · 48 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Haldun Abdullah, Yüksek Lisans, Türkçe
- 55.** Mustafa Engin
Fotovoltaik-rüzgar hibrid enerji sisteminin İzmir koşullarında tasarımı ve denenmesi · 2002 · 159 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Metin Çolak, Doktora, Türkçe
- 56.** Mutlu Boztepe
İzmir (Bornova) koşullarında şebekeye bağlı fotovoltaik bir sistemin tasarlanıp denenmesi · 2002 · 150 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Metin Çolak, Doktora, Türkçe
- 57.** Abdurrahman Beşikçi
Güneş pili sistemleri için tasarlanmış şebekeye bağlı eviricinin gerçekleştirilmesi · 1999 · 71 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. R. Nejat Tuncay, Yüksek Lisans, Türkçe
- 58.** Mehmet Alp Batman
Elektrik üretimi için güneş pillerinin kullanımında verimi artırıcı yeni bir yöntem · 2001 · 104 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Nesri Tarkan, Doktora, Türkçe
- 59.** Hasan Basri Çetinkaya
Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi · 2001 · 155 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Nurettin Abut, Yüksek Lisans, Türkçe
- 60.** Fırat Karataş
Çatıya monte güneş pilleri ile ulusal enerjiye katkı çalışması · 1999 · 75 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Metin Çolak, Yüksek Lisans, Türkçe
- 61.** Tankut Acarman
Güneş pillerinden şebekeye enerji aktarılmasının analizi ve tasarımı · 1996 · 57 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Tamer Kutman
- 62.** Sezgin Parmaksız
Ulusal şebekeye bağlı güneş pili sistemlerinin modellenmesi ve gerçekleştirilmesi · 1997 · 106 sayfa.
Danışman: Doç.Dr. Metin Gökaşan
- 63.** Ayşe Tarıcan
Güneş pili santralleri · 1994 · 178 sayfa.
Danışman: Prof.Dr. Tamer Kutman
- 64.** Taner Yıldırım
Güneş ve rüzgar enerjisi veri toplama sisteminin geliştirilmesi · 2008 · 134 sayfa.
Danışman: Prof. Dr. Yılmaz Kaptan, Yüksek Lisans



65. 11.3. İnternet Siteleri:

1. http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunes_index.html
2. <http://www.enerjiplatformu.com/gunes-enerjisi>
3. <http://eusolar.ege.edu.tr/turkce/gunesenerjisi.html>
4. <http://www.ises.org/ises.nsf!Open>
5. <http://www.ases.org/>
6. <http://www.nrel.gov/solar/>
7. <http://www.epia.org/>
8. <http://www.ren21.net>
9. <http://www.solarbuzz.com>
10. <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>
11. <http://ies.jrc.ec.europa.eu/reu.html>
12. <http://ies.jrc.ec.europa.eu/solarec.html>
13. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
14. <http://www1.eere.energy.gov/solar/>
15. <http://www.jpea.gr.jp/>
16. <http://www.solarwirtschaft.de/>
17. <http://www.asif.org/>
18. <http://www.calseia.org/>
19. <http://www.energy.ca.gov/>
20. <http://www.sgip-ca.com/>
21. <http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/>
22. <http://www.mmistanbul.org/yayin/tesisat/91/10/>
23. <http://www.helapco.gr/>
24. <http://www.estif.org/>
25. <http://eusolar.ege.edu.tr/>
26. <http://www.iea.org/textbase/pm/grindex.aspx>
27. <http://go.worldbank.org/7IJ3MC5GK0>
28. <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTABOUTUS/ORGANIZATION/EXTSDNETWORK/0,,contentMDK:20535870~pagePK:64159605~piPK:64157667~theSitePK:3167628,00.html>
29. www.cne.es
30. noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd436-2004.html
31. www1.eere.energy.gov/solar/solar_america/index.html
32. www.greenhouse.gov.au/renewable/pv/index.html
33. www.ceer.org, CEER – Current Experience with Renewable Energy Support Schemes in Europe.
34. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, www.enerji.gov.tr
35. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, www.epdk.gov.tr
36. Elektrik İşleri Etüt İdaresi, www.eie.gov.tr
37. Avrupa Birliği Enerji Portalı, www.energy.eu
38. Avrupa Fotovoltaik Teknoloji Platformu, www.epia.org
39. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, www.ipcc.ch
40. Real Goods, www.realgood.com
41. Uluslararası Enerji Ajansı Fotovoltaik Güç Sistemleri Programı, www.iea-pvps.org
42. Sharp, www.sharpusa.com
43. Dünya Yenilenebilir Enerji Dergisi, www.renewableenergyworld.com
44. Fotovoltaik Teknolojiler ve Uygulamalar, www.pvresources.com
45. www.thesolarguide.com



AYEN ENERJİ A.Ş.

Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtım ve Ticareti amacıyla 1990 yılında kurulmuş, 2000 yılı içinde de halka açılarak İMKB’de işlem görmeye başlamıştır.



Ayen Enerji A.Ş. tarafından tesis edilip işletilmekte olan projeler:

Çamlıca I HES, Kayseri İli Yahyalı İlçesinde bulunmakta olup kurulu gücü 84 MW, yıllık üretim miktarı 429 milyon kWh’dir.

Ayen Ostim Kombine Çevrim Doğalgaz Santrali, Ankara Ostim Organize Sanayi Bölgesinde bulunmaktadır ve kurulu gücü 41 MW, yıllık üretim miktarı 280 milyon kWh’dir.

Yamula Barajı ve HES, Kayseri İli, Kızılırmak Nehri üzerinde bulunmaktadır ve kurulu gücü 100 MW, yıllık üretim kapasitesi 423 milyon kWh’dir.

Akbük Rüzgar Enerjisi Santrali, Aydın İli Didim İlçesindedir ve kurulu gücü 31,5 MW, yıllık üretim kapasitesi 122 milyon kWh’dir.

BAĞLI ORTAKLIKLAR



Ayen Ostim Enerji Üretim A.Ş.



Ayen Elektrik Ticaret A.Ş.



Kayseri Elektrik Üretim A.Ş.

Ayrıca, 24 MW kurulu gücünde 83 milyon kWh üretim kapasiteli Korkmaz RES, 30,75 MW kurulu gücünde 99 milyon kWh üretim kapasiteli Mordoğan RES, 40 MW kurulu gücünde 151 milyon kWh üretim kapasiteli Paşalar HES ile 48,8 MW kurulu gücünde ve 131 milyon kWh üretim kapasiteli Büyükdüz HES için Üretim Lisansı alınarak yatırımlarına başlanmıştır.

Ayen Enerji A.Ş., bağlı ortaklığı Ayen Elektrik Ticaret A.Ş. vasıtasıyla Elektrik Piyasasında Toptan Elektrik Enerjisi Satış alanında da faaliyet göstermektedir.

Mevcut 257 MW Toplam Kurulu gücüyle ve 1,25 milyar kWh üretim kapasitesiyle Türkiye'nin enerji sektöründe lider firmalarından biri olan Ayen Enerji A.Ş., yeni santraller tesis etmek için çalışmalarına devam etmektedir.



AYEN ENERJİ A.Ş.

Hülya Sokak No: 37 06700 G.O.P. / ANKARA / TÜRKİYE Tel: +90 312 445 04 64 (pbx) Faks: +90 312 445 05 02
Web: www.ayen.com.tr E-mail: ayen@ayen.com.tr



FAALİYET ALANLARIMIZ

Santral Jeneratör çıkış, ölçü, nötr ve ikaz hücresi, 34,5 kV şalt, kontrol, koruma ve izleme (SCADA, PLC) sistemi, İç İhtiyaç AA ve DA sistemleri, iç ihtiyaç transformatorü, dizel Jeneratörü, akü ve redresörler ve UPS sistemi.

Santral yardımcı sistemlerinin (soğutma suyu ve basınçlı hava sistemi, drenaj ve boşaltım sistemi).

Santral aydınlatma, topraklama, paratoner, yangın algılama ve ihbar, zayıf akım sistemlerinin projelendirilmesi, tesisi ve işletmeye alınması.

İmal ve temin edilen teçhizatın fabrika testlerinin uluslararası standartlara uygun şekilde yapılması, projesine uygun şekilde tesisi, türbin, jeneratör ve ilgili teçhizatının montajı ile tüm teçhizatın kabul testlerini EPDK ve uluslararası standartlara göre gerçekleştirecek işletmeye alınması.



ENERJİ TESİSLERİ MÜHENDİSLİK VE MÜTEAHHİTLİK SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
ENERGY PLANTS ENGINEERING AND CONTRACTING INDUSTRY TRADE LİMİTED

Sancak Mah. Konrad Adanuer Cad. No:56/1 Çankaya Yıldız Ankara
Tel: 0 312 491 15 95 Fax: 0 312 472 46 11
www.enerden.com / enerden@enerden.com



ÇÖZÜM ORTAĞINIZ

- Enerji santralleri
- 154 kV - 380 kV Trafo merkezleri, şalt sahaları
- 154 kV - 380 kV Enerji iletim hatları
- OG yer altı kablo şebekeleri
- Elektrik dağıtım şebekeleri
- Telekomünikasyon, GSM sistemleri
- Projelendirme
- Etüt, aplikasyon çalışmaları,
- Malzeme temini
- Montaj, test ve devreye alma
- Proje yönetimi ve danışmanlık
- Anahtar teslimi taahhüt işleri





ENERJİ MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK

**ASIL YILDIZ YATIRIMCIDIR.
BİZ SADECE SUFLÖRÜZ**

www.mtbenerji.com.tr • info@mtbenerji.com.tr

MÜŞAVİRLİK HİZMETLERİ

- ❖ DAĞITIM ÖZELLEŞTİRMELERİ,
- ❖ ÜRETİM ÖZELLEŞTİRMELERİ İLE İLGİLİ OLARAK;
 - ✓ Fizibilite hazırlanması,
 - ✓ İhale sürecinde Danışmanlık,
 - ✓ Devir süreci Yönetimi,
 - ✓ İşletme yönetimi (Danışmanlığı) faaliyetlerini yürütmektedir.

YENİ ÜRETİM TESİSLERİ KURULUMUNDA

- ❖ TERMİK ÜRETİM SANTRALLERİ,
- ❖ HİDROELEKTRİK ÜRETİM SANTRALLERİ,
- ❖ RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİ,
- ❖ JEOTERMAL ELEKTRİK ÜRETİM SANTRALLERİ
- ❖ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ İLE İLGİLİ OLARAK;
 - ✓ Santral yer tespit çalışması
 - ✓ Fizibilite hazırlanması,
 - ✓ Lisans alımından üretime geçiş sürecine kadar tüm hizmetlerin verilmesi,
 - ✓ Tesis sürecinde Danışmanlık,
 - ✓ Anahtar teslimi santral işletimi,
 - ✓ İşletme danışmanlığı.
 - ✓ Üretilen enerjinin piyasa ticareti müşavirliği faaliyetlerini yürütmektedir.

KÖMÜR YAKITLI SANTRAL PROJELERİ İÇİN, RUHSATLI KÖMÜR SAHALARI REZERV TESPİTİ, İŞLETME PROGRAMI BELİRLENMESİ VE RAPORLANMASI,

İLETİM SİSTEMİNE BAĞLANTI KONUSUNDA DANIŞMANLIK

ENERJİ PİYASA TİCARETİ DANIŞMANLIĞI

ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNE ELEKTRİK DANIŞMANLIĞI

Telifonda da görüştüğümüz üzere ilan ektedir.

Hakkı Akın KABAOĞLU

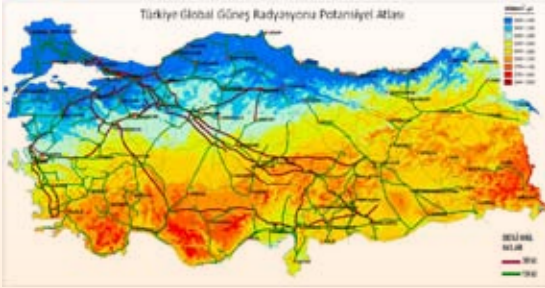
Elektrik-Elektronik Mühendisi

MTB ENERJİ MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK

0 312 284 71 25

akin@mtbenerji.com.tr

info@mtbenerji.com.tr



Proje Enerji;

- Güneş Enerjisine dayalı elektrik enerjisi üretim santrali yatırımı için yer belirler, enerji ve üretim potansiyelini hesaplar,
- Yatırım projesi hazırlar, işletme aşamasına kadar olan süreçlerde planlama ve proje yönetim hizmetlerini yürütür,
- İşletmede olan elektrik üretim tesisleri için kısa, orta ve uzun dönemli güç tahminleri yaparak enerji satış kazançlarını artırır.

Bu amaçla **coğrafi ve matematiksel modeller, yöntemler geliştirir uygular**, ilgili yasal mevzuatı izler.

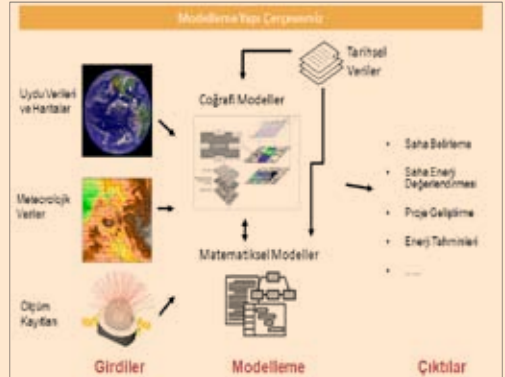
Proje Enerji, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilerini, tematik görüntüleri ve bölgesel analizlerini 2008 yılında hazırlamış ve T.C. Enerji Bakanlığına teslim ederek Türkiye'de güneş enerjisi yatırımları için atılan ilk adımlarda öncü rol üstlenmiştir.

Yenilenebilir enerji (YE) kaynaklarının kullanımı bizim için fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmakta, fosil yakıtların çevreye verdikleri olumsuz etkileri de azaltmaktadır. Ancak YE kaynakları bizi aynı zamanda başka bir şey'e, İKLİME bağımlı kılmaktadır. İklimle dayalı enerji kaynaklarının daha iyi anlaşılması, bu kaynakların kullanımına yönelik daha doğru kararlar verebilmemizi sağlar. Proje Enerji, YE kaynakları ile elektrik üretimine yönelik coğrafi ve matematiksel modelleme, tahminleme, araştırma ve analiz altyapısı ile tüm karar süreçleri için bilgi üretir.

SORULARINIZ VARSA

- Nereye (hangi sahaya) yatırım Güneş Enerjisi Santrali (GES) yapmalıyım ?
- Bu sahada hangi teknoloji ile ne kadar enerji üretimim ?
- Tesis yatırım bedelini hangi satış fiyatı ile ne kadar zamanda geri öder ?
- Yatırım ömrü boyunca yıllık ne kazanırım ?
- Kısa ve uzun dönemde risklerimiz nelerdir ?
- Güneş enerjisi santralimin yarın saatlik elektrik üretim programı ne olacak ?
-

BİZDE CEVAPLARI VARDIR



ÖRNEK: GES Yer belirleme ve Enerji Üretim Analizi



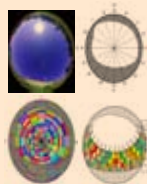
Uygun Saha belirlenir



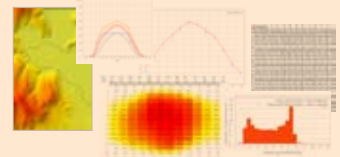
Ölçüm Verileri ile gökyüzü geçirgenlik, saçılım oranı ve Linke bulanlık katsayıları üretilir.



Yer ve gökyüzü yarımküre koordinat sistemleri ilişkilendirilir.



En az 11 yıllık saat bazında güneş radyasyonu ve güneş açılımları üretilir.



Güneş radyasyonu ve elektrik enerjisi üretim analizleri 6 farklı tür panel / kolektör orientasyonuna göre hazırlanır.

