

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE’NİN FARKLI BÖLGELERİNDE KURULACAK FOTOVOLTAİK  
SANTRALLERİN TEKNİK & EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Sevnur EYİGÜN  
(301071024)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 07 Haziran 2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Önder Güler (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Altuğ Şişman (İTÜ)  
Yrd. Doç. Dr. Emel Önal (İTÜ)**

**HAZİRAN 2010**



## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında bilgilerini, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Önder GÜLER hocama, bana Enerji Enstitüsünde yüksek lisans yapma fikrini veren ve tecrübelerinden çokça faydalandığım Elsan Elektrik Genel Müdürü Sayın İsmet Defne'ye, çalışmalarımda beni destekleyen Anel Enerji mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca iyi bir öğrenim görmem için elinden geleni yapan, her zaman bana güvenen ve destek veren sevgili annem Hayriye Eyigün ve sevgili babam Şahap Eyigün'e çok çok teşekkür ederim.

Haziran 2010

Sevnur Eyigün  
(Elektrik Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
KISALTMALAR .....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xiii
SUMMARY .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU .....</b>	<b>5</b>
2.1 Dünyada Elektrik Enerjisi Durumu.....	5
2.2 Türkiye'de Elektrik Enerjisi Durumu.....	7
<b>3. GÜNEŞ ENERJİSİ .....</b>	<b>11</b>
3.1 Dünyada Güneş Enerjisi.....	11
3.2 Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Hedefleri.....	15
3.3 Destek Modelleri .....	17
3.4 Almanya'da Fotovoltaik Sistem Kullanımı.....	20
3.5 Almanya'da Fotovoltaik Sektörünün Gelişmesi .....	23
3.6 Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Hedefleri ve Yenilenebilir Enerji Yasası.....	25
<b>4. FOTOVOLTAİK SANTRAL BİLEŞENLERİ .....</b>	<b>27</b>
4.1 Fotovoltaik Modül Teknolojisi ve Gelişimleri.....	27
4.1.1 Kristal silisyum güneş pilleri .....	27
4.1.2 İnce film güneş modülleri .....	29
4.1.3 FV modül elektriksel özellikleri .....	30
4.1.4 Dünya FV modül satış trendleri .....	32
4.2 Evirici Teknolojisi ve Gelişimleri .....	33
4.2.1 Evirici konseptleri .....	33
4.2.2 Evirici bağlantı konseptleri .....	34
4.2.3 Evirici çalışma konseptleri verimlilik kavramları.....	35
4.2.4 Dünya evirici satış trendleri .....	36
<b>5. TÜRKİYE 7 BÖLGE 2.5MW FOTOVOLTAİK SANTRAL UYGULAMASI POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ.....</b>	<b>39</b>
5.1 PVsyst Programı İle Sistem Kayıplarının Belirlenmesi .....	40
5.2 Performans karşılaştırma yöntemleri .....	43
5.3 7 Bölge 2.5MW Merkezi Evirici Kristal Modül Fotovoltaik Santral Potansiyelleri.....	45
5.4 7 Bölge 2.5MW Dağıtılmış evirici Kristal Modül Fotovoltaik Santral Potansiyelleri.....	61
5.5 7 Bölge 2.5MW Merkezi Evirici İnce Film Fotovoltaik Santral Potansiyelleri .....	76
5.6 7 Bölge 2.5MW Dağıtılmış Evirici İnce Film Fotovoltaik Santral Potansiyelleri .....	91

5.7 Ekonomik Analiz.....	106
<b>6. SONUÇ.....</b>	<b>117</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>117</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>119</b>

## KISALTMALAR

<b>PV<sub>sys</sub></b>	: Photovoltaic System Study
<b>DMİ</b>	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
<b>EİE</b>	: Enerji İşleri Etüt İdaresi
<b>EREC</b>	: European Renewable Energy Commission
<b>WEO</b>	: World Energy Outlook
<b>EC</b>	: European Commission
<b>StrEG</b>	: Stromeinspeisungsgesetz
<b>EEG</b>	: Erneuerbare-Energien-Gesetz
<b>YEK</b>	: Yenilenebilir Enerji Kanunu
<b>IEC</b>	: International Electrotechnical Commission
<b>STK</b>	: Standart Test Koşulları
<b>IEAPVPS</b>	: International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme
<b>IMS</b>	: International Manufacturing Search





## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri.....	2
Çizelge 1.2 : Türkiye'nin bölgelere göre aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.	2
Çizelge 2.1 : Türkiye ortalama elektrik tüketimi talep artışı .....	8
Çizelge 2.2 : Türkiye kaynaklara göre elektrik üretimi (GWh).....	8
Çizelge 3.1 : Ülkelere göre 2008 yılı ve 2008 yılı sonu kurulu toplam FV gücü ...	12
Çizelge 3.2 : Ülkelere göre kurulu toplam FV gücü artış oranı .....	14
Çizelge 3.3 : 2008 yılında işletmeye giren Avrupa FV santrallerinin kapasitelerinin karşılaştırılması .....	14
Çizelge 3.4 : AB ülkelerinin iklim değişikliğine karşı YE hedefleri .....	17
Çizelge 3.5 : Almanya FV sistem teşvik oranları .....	19
Çizelge 3.6 : İspanya FV sistem teşvik oranları.....	19
Çizelge 3.7 : Çek Cumhuriyeti FV sistem teşvik oranları .....	19
Çizelge 3.8 : Slovakya FV sistem teşvik oranları .....	19
Çizelge 3.9 : Almanya FV kurulu gücünün yıllara göre değişim ve enerji üretim değerleri.....	20
Çizelge 3.10 :Yıllara göre Almanya FV endüstri satış cirosu (milyar €).....	21
Çizelge 3.11 :Yıllara göre Almanya FV endüstri ihracat cirosu (milyar €).....	21
Çizelge 3.12 :Yıllara göre Almanya FV sektöründe çalışan sayısı.....	21
Çizelge 3.13 :Yıllara göre Almanya güneş modul üretimi .....	22
Çizelge 3.14 :Yıllara göre Almanya sistem kurulum maliyetleri .....	22
Çizelge 3.15 :5346 sayılı Kanunda yapılması düşünülen tarife değişiklikleri.....	26
Çizelge 4.1 : FV verimlilik oranları .....	29
Çizelge 4.2 : Yıllara göre ortalama FV modül fiyatları .....	31
Çizelge 4.3 : Dünya evirici satış kapasiteleri.....	37
Çizelge 5.1 : 28 farklı durum .....	39
Çizelge 5.2 : Merkezi evirici kristal modül FV santral toplam maliyet yüzdeleri	107
Çizelge 5.3 : Merkezi evirici ince film FV santral toplam maliyet yüzdeleri.....	108
Çizelge 5.4 : Dağınık evirici kristal modül FV santral toplam maliyet yüzdeleri	108
Çizelge 5.5 : Dağınık evirici ince film FV santral toplam maliyet yüzdeleri .....	109
Çizelge 5.6 : 28 durum birim enerji üretim maliyetleri kWh üretim maliyetleri..	111
Çizelge 6.1 : 28 durum kWp/kWh enerji üretim değerleri.....	114



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1	: 1973 ve 2007 yılları için dünya elektrik tüketiminin bölgesel % dağılımı	5
Şekil 2.2	: 1973-2007 yılları arasında dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı	6
Şekil 2.3	: 1973 ve 2007 yılları için elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar bazında değişimi	6
Şekil 2.4	: Kurulu elektrik gücünün kaynaklara göre dağılımı (Mayıs 2009)	7
Şekil 2.5	: Türkiye’de kişi başına birincil enerji tüketimi	7
Şekil 3.1	: Kurulu FV gücün dünya üzerinde paylaşımı	13
Şekil 3.2	: Petrol fiyatlarında değişim ve EU27 ülkelerin yakıt ithalatı	16
Şekil 3.3	: 2012 yılına kadar FV modül arz-talep tahminleri	16
Şekil 3.4	: Almanya Kurulu FV gücünün teşvik mekanizması göre değişimi	24
Şekil 4.1	: Kristal modül kesiti	28
Şekil 4.2	: FV sisteme geçiş aşamaları	28
Şekil 4.3	: Akım-gerilim eğrisinin sıcaklığa bağlı değişimi	30
Şekil 4.4	: Yıllara göre FV kristal modül fiyatlarındaki değişimi	31
Şekil 4.5	: FV hücre üretiminin ülkelere göre dağılımı	32
Şekil 4.6	: FV modül teknolojisi kullanımı	32
Şekil 4.7	: LF trafolu Evirici bağlantısı	33
Şekil 4.8	: HF trafolu Evirici bağlantısı	33
Şekil 4.9	: Trafosuz Evirici bağlantısı	34
Şekil 4.10	: MMPT’li evirici sistemi	35
Şekil 4.11	: Maksimum gücün I-U ve P-U grafiği	35
Şekil 5.1	: PVSYST programı çalışma akış diagramı	40
Şekil 5.2	: Tek diyot FV modül modeli	41
Şekil 5.3	: Merkezi evirici kristal modül FV santral yerleşim planı	46
Şekil 5.4	: Merkezi evirici kristal modül FV santral yerleşim perspektifi	47
Şekil 5.5	: Durum-1 Antalya merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı	47
Şekil 5.6	: Durum-1 Antalya merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi	48
Şekil 5.7	: Durum-2 Bursa merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı	49
Şekil 5.8	: Durum-2 Bursa merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi	50
Şekil 5.9	: Durum-3 Diyarbakır merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı	51
Şekil 5.10	: Durum-3 Diyarbakır merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi	52
Şekil 5.11	: Durum-4 Erzurum merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı	53

Şekil 5.12 : Durum-4 Erzurum merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	54
Şekil 5.13 : Durum-5 İzmir merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı.....	55
Şekil 5.14 : Durum-5 İzmir merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	56
Şekil 5.15 : Durum-6 Konya merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	57
Şekil 5.16 : Durum-6 Konya merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	58
Şekil 5.17 : Durum-7 Trabzon merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	59
Şekil 5.18 : Durum-7 Trabzon merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	60
Şekil 5.19 : Dağıtılmış evirici kristal modül FV santral yerleşim planı .....	61
Şekil 5.20 : Dağıtılmış evirici kristal modül FV santral yerleşim perspektifi.....	62
Şekil 5.21 : Durum-8 Antalya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	63
Şekil 5.22 : Durum-8 Antalya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	64
Şekil 5.23 : Durum-9 Bursa dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	65
Şekil 5.24 : Durum-9 Bursa dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	66
Şekil 5.25 : Durum-10 Diyarbakır dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	67
Şekil 5.26 : Durum-10 Diyarbakır dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	68
Şekil 5.27 : Durum-11 Erzurum dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	69
Şekil 5.28 : Durum-11 Erzurum dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	70
Şekil 5.29 : Durum-12 İzmir dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	71
Şekil 5.30 : Durum-12 İzmir dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	72
Şekil 5.31 : Durum-13 Konya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	73
Şekil 5.32 : Durum-13 Konya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	74
Şekil 5.33 : Durum-14 Trabzon dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı .....	75
Şekil 5.34 : Durum-14 Trabzon dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	76
Şekil 5.35 : Merkezi evirici ince film yerleşim planı .....	77
Şekil 5.36 : Merkezi evirici ince film yerleşim perspektifi .....	78
Şekil 5.37 : Durum-15 Antalya merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	78
Şekil 5.38 : Durum-15 Antalya merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	79

<b>Şekil 5.39</b> :Durum-16 Bursa merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	80
<b>Şekil 5.40</b> :Durum-16 Bursa merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	81
<b>Şekil 5.41</b> :Durum-17 Diyarbakır merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	82
<b>Şekil 5.42</b> :Durum-17 Diyarbakır merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	83
<b>Şekil 5.43</b> :Durum-18 Erzurum merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	84
<b>Şekil 5.44</b> :Durum-18 Erzurum merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	85
<b>Şekil 5.45</b> :Durum-19 İzmir merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	86
<b>Şekil 5.46</b> :Durum-19 İzmir merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	87
<b>Şekil 5.47</b> :Durum-20 Konya merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	88
<b>Şekil 5.48</b> :Durum-20 Konya merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	89
<b>Şekil 5.49</b> :Durum-21 Trabzon merkezi evirici ince film FV santral performans oranı .....	90
<b>Şekil 5.50</b> :Durum-21 Trabzon merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	91
<b>Şekil 5.51</b> :Dağıtılmış evirici ince film yerleşim planı.....	92
<b>Şekil 5.52</b> :Dağıtılmış evirici ince film yerleşim perspektifi.....	93
<b>Şekil 5.53</b> :Durum-22 Antalya dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı .....	93
<b>Şekil 5.54</b> :Durum-22 Antalya dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	94
<b>Şekil 5.55</b> :Durum-23 Bursa dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı .....	95
<b>Şekil 5.56</b> :Durum-23 Bursa dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	96
<b>Şekil 5.57</b> :Durum-24 Diyarbakır dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı .....	97
<b>Şekil 5.58</b> :Durum-24 Diyarbakır dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	98
<b>Şekil 5.59</b> :Durum-25 Erzurum dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı .....	99
<b>Şekil 5.60</b> :Durum-25 Erzurum dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	100
<b>Şekil 5.61</b> :Durum-26 İzmir dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı .....	101
<b>Şekil 5.62</b> :Durum-26 İzmir dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	102
<b>Şekil 5.63</b> :Durum-27 Konya dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı .....	103
<b>Şekil 5.64</b> :Durum-27 Konya dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi.....	104

<b>Şekil 5.65 : Durum-28 Trabzon dağıtılmış evirici ince film FV santral</b>	
performans oranı .....	105
<b>Şekil 5.66 : Durum-28 Trabzon dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm</b>	
kayıplardan sonra enerji üretimi.....	106

## **TÜRKİYE’NİN FARKLI BÖLGELERİNDE KURULACAK FOTOVOLTAİK SANTRALLERİN TEKNİK & EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

### **ÖZET**

Sürdürülebilir enerji, enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması, enerji verimliliğinin sağlanması ve karbondioksit salınımlarının azaltılması ile sağlanabilir. 1979 petrol krizinden sonra enerji arz güvenliği konusu ön plana çıkmıştır. Bu yapıda enerji kaynaklarının güvenliği, enerji piyasasında rekabetin sağlanması ve çevrenin korunması yer almaktadır.

Ülkemizde her geçen gün enerji ihtiyacı artan bir seyir göstermektedir. Bunun yanında gün geçtikçe fosil kaynaklı yakıtlar hem tükenmekte, hem de fiyatları sürekli artan bir eğilim göstermektedir. “ Asıl enerji fosil yakıttır” anlayışı artık bitmiştir. Ülkemizde elektrik üretiminde doğalgaza bağımlılığımız düşünüldüğünde, elektrik enerjisi üretimimizin dışa bağımlılıktan kurtarılarak talebin kesintisiz, güvenilir ve düşük maliyetlerle karşılanması, kaynak çeşitlendirmesine giderek arz güvenliğinin sağlanmasıyla mümkün olabilecektir.

Devletler sürdürülebilir bir çevre yönetimi ile enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı önlemek ve kaynak çeşitliliği oluşturmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına haklı bir yöneliş göstermişlerdir.

Artan talep ve enerji ihtiyacının karşılanması için, kurulması hedeflenen fotovoltaik santrallerinin tüm hazırlıkları ayrıntılı olarak yapılmalı ve bu santrallerin kurulumu için yapılan fizibilite çalışmaları da çok hassas hesaplamalar yapılarak sonuçlandırılmalıdır. Bu çalışmada Meteororm 1996-2005 meteoroloji dataları kullanılarak PVsyst programına aktarılmıştır. Türkiye’nin 7 farklı bölgesinde farklı modul teknolojileri ve farklı Evirici konseptleri ile aynı boyuttaki fotovoltaik santrallerin verimlilikleri ve kWh üretim maliyetleri karşılaştırılmıştır.





## **DETERMINATION OF TECHNICAL & ECONOMIC ASPECTS OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN DIFFERENT PARTS OF TURKEY**

### **SUMMARY**

Sustainable energy means increasing the share of renewable energy production, energy efficiency and ensuring the reduction of carbon dioxide emissions. After 1979 oil crisis, the importance of protecting the security of energy supplies was highlighted. This structure includes the security of energy supply, ensuring competition in energy markets and environmental protection.

Turkey shows increasing trend of energy demand. Day by day fossil fuel sources decline and the price is showing an increasing trend. "Primary energy is fossil fuel energy" approach is now over. To overcome natural gas dependence, reliable and low cost sources should be put in use. To achieve supply security resource diversification should be increased.

Governments to avoid dependence on foreign sources, create a diversity of energy resources and of renewable energy sources with sustainable environmental management methods.

To meet the increasing demand and energy requirements, the targeted photovoltaic power plants preparations should be made with detailed feasibility studies and very accurate calculations. In this study, Metonorm meteorological data from 1996 to 2005 was transferred to PVSyst program. In seven different regions of Turkey efficiency and kWh production costs compared by using same size of the photovoltaic power plant with different modules technologies and different evirici concepts.



## 1. GİRİŞ

Bütün toplumların gelişebilmeleri, daha doğrusu yaşamlarını sürdürebilme yetenekleri, uygun yapı ve miktardaki enerjiye kabul edilebilir seviyelerdeki maliyetler ile ulaşmaya ve sürdürmelerine bağlıdır. Toplumların gelişmişlik seviyesi ile kişi başına tüketilen enerji miktarı arasında yakın bir ilişki vardır. Enerji oranındaki artış (azalış) oranı ekonomik gelişmedeki aşamaların fonksiyonudur [1].

Klasik termodinamikte iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanan enerji sanayileşmiş toplumların ayrılmaz bir parçasıdır. Son 200 yıl boyunca dünyanın kademeli olarak büyük ölçüde ilkel ve köylü toplumlardan oluşan 18. yüzyılın ortalarındaki dünyanın, yine büyük ölçüde endüstriyelleşen, endüstriyelleşmiş ve endüstriyelleşme ötesine geçmiş olan ekonomilerden oluşan şu andaki dünyaya dönüşmesi süreci boyunca global enerji tüketimi, 1860 yılında tüketildiği tahmin edilen rakamın 20 katına yükselmiştir. 1860 yılı dünya enerji tüketiminin güvenli bir şekilde tahmin edildiği en erken tarihtir [2].

Günümüzde enerji kaynakları miktarı ve çeşitliliği bakımından kendine yeterli ülke sayısı yok denecek kadar azdır. Bu da enerji ticaretinin gelişmesine ve güvenliği konusuna verilen önemi artırmaktadır. Enerji kaynaklarına hakim olmak ve bunları yönetebilmek, bu kaynakları verimli şekilde kullanabilmek, gelişmişliğin ve ekonomik büyümenin sürekli olması bakımından önemlidir.

Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu enerji, gelişmiş bir ülke olma çabalarından dolayı günden güne artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın gereksinim duyduğu yenilenebilir enerji çeşitlerine ülkemizde hemen hemen hepsine rastlanmaktadır. Fakat kurulum maliyetlerinin çok yüksek olması ve buna benzer etkiler nedeniyle bu enerji kaynaklarından istenildiği kadar yararlanılmamaktadır. Oysa 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 ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge1.1'de verilmiştir [3].

**Çizelge 1.1 : Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri**

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi		Güneşlenme süresi
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	(Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Ekim	7,73	89,9	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Buna göre genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi gelmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge1.2'de verilmiştir.

**Çizelge 1.2 : Türkiye'nin bölgelere göre aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli**

Bölge	Aylık toplam güneş enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)	Güneşlenme süresi (Saat/yıl)
G.doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

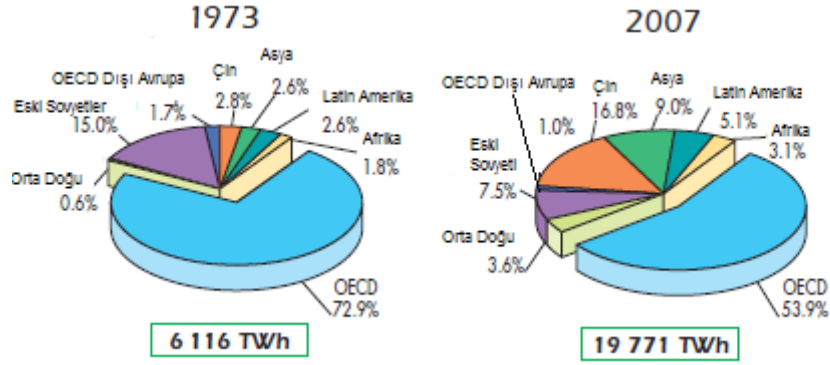
Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMI, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ۆllmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ۆlmleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ۆlm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir [3].



## 2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU

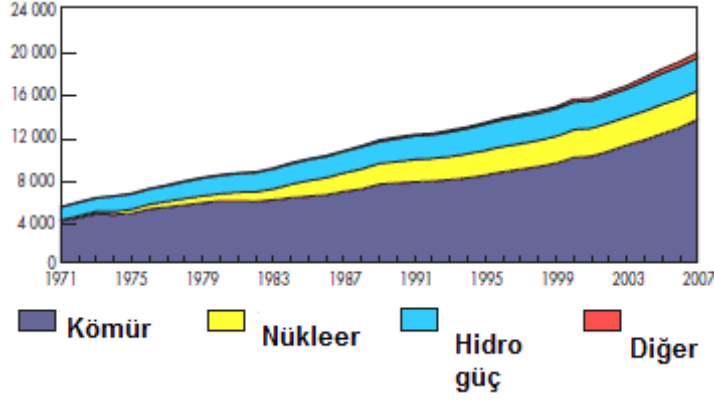
### 2.1 Dünyada Elektrik Enerjisi Durumu

1973 yılı dünya elektrik üretimi 6116 TWh olarak gerçekleşmiş, OECD ülkelerinin payı %72.9 olmuştur. 2007 yılında ise dünya elektrik üretimi 3.23 kat artarak 19771 TWh olmuş ve bu üretimde OECD ülkelerini payı %53.9 seviyesine inmiştir. 1973 ve 2005 yılı bölgesel elektrik tüketimleri Şekil 2,1'de gösterilmiştir [4].



Şekil 2.1 : 1973 ve 2007 yılları için dünya elektrik tüketiminin bölgesel % dağılımı

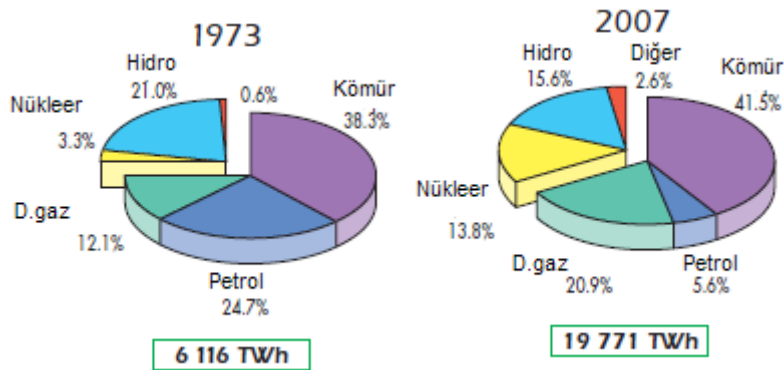
Şekil 2.2'de 1973-2007 yılları arasında dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı gösterilmektedir. Şekil 2.3'de ise 1973 ve 2007 yılları için elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar bazında değişimi gösterilmektedir. Bu dönem içerisinde petrolün elektrik üretimindeki payı %24.7' den % 5.6 değerine gerilemiştir. Yine aynı dönemde hidroelektrik kaynakların payı % 21' den % 15,6' ya gerilemiştir. Buna karşılık doğal gazın payı %12.1 değerinden %20,9' ye, nükleerlerin ise %3.3' den %13,8' ye, kömürün payı ise %38.3' den %41,5' e çıkmıştır [4].



**Şekil 2.2 :** 1973-2007 yılları arasında dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı

2004 yılı itibarı ile insan kaynaklı sera gazı salınımların %19'u sanayi, %8'i binalar,%13'ü ulaşım, %26'sı ise enerji temini olmak üzere toplam %65'e yakın bölümü fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmıştır. %14 tarım, %17 ormancılık sektöründe, %3'ünü ise atıklar oluşturmaktadır [5].

1992 yılında Rio Sözleşmesi, 1994 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1997 yılındaki Kyoto Protokolü, AB'nin direktiflerinin etkisi ve fosil enerji kaynakları kullanımı ile ekosistem arasındaki ilişkiler sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları konusundaki çalışmalar hızlanmıştır [5].Şekil 2.3'te diğer kaynaklar, yenilenebilir enerji kaynaklarını temsil etmektedir. Şekilden de görüleceği üzere bu oran 34 yıl içinde %0,6'dan %2,6'ya yükselmiştir.

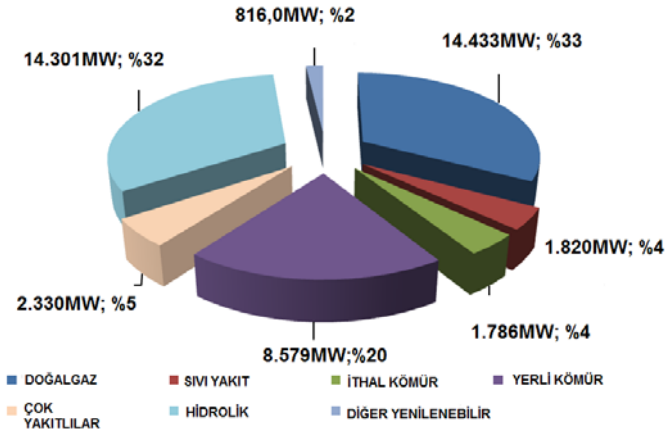


**Şekil 2.3 :** 1973 ve 2007 yılları için elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar bazında değişimi



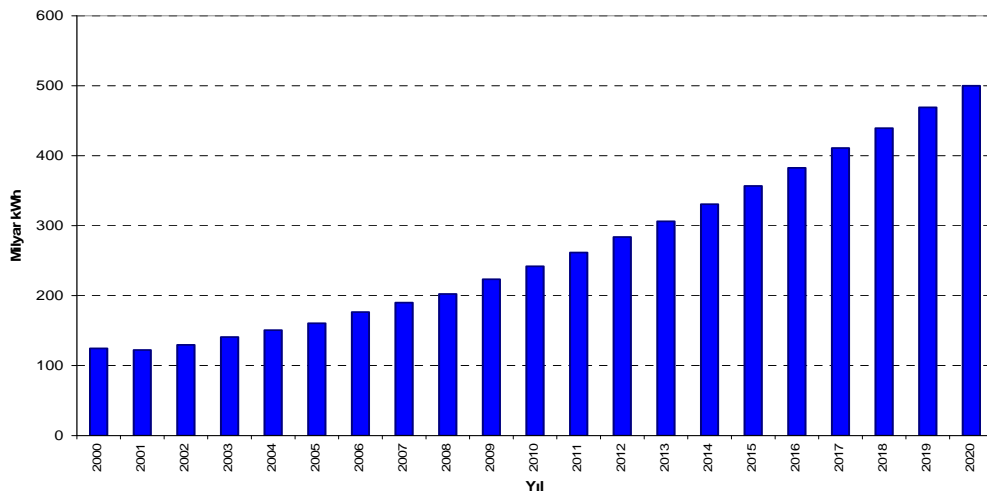
## 2.2 Dünyada Elektrik Enerjisi Durumu

Türkiye Elektrik üretim kapasitesi, 2007 yılında (40.836 MW), bir önceki yıla göre kayda değer bir artış göstermemiş, 2008'de ise 912 MW'lık (%2.23) bir artışla 41.748 MW' ye ulaşmıştır [6]. Mayıs 2009 itibariyle kurulu güç 42.394 MW' ye varmıştır. Kurulu elektrik gücünün kaynaklara göre dağılımı şekil 2,4'te verilmiştir [7].



Şekil 2.4 : Kurulu elektrik gücünün kaynaklara göre dağılımı (Mayıs 2009)

2007 verileriyle kişi başına birincil enerji tüketimi 1 525 kgpe gibi oldukça düşük bir değerdedir. Dünya ortalamasının 1 820 kgpe olduğu göz önüne alındığında, Türkiye de kişi başına birincil enerji tüketiminin düşük olduğu görülür. Aynı şekilde kişi başına elektrik enerjisi tüketimi de 2 985 kWh (brüt) seviyesinde olup (Şekil 2.5) , bu değer 5707 kWh'lik AB ortalamasının yarısının altındadır [5].



Şekil 2.5 : Türkiye'de kişi başına birincil enerji tüketimi

Dünya'daki ekonomik gelişmeler, Türkiye'yi de etkilemiştir. Buna bağlı olarak, 2006 yılında 176,2 milyar kWh olan elektrik tüketimi 2007 yılında %7,8 artışla 191,6 milyar kWh'ye ulaşmıştır. Son beş yılda Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim artışı %43'dür. Bu artış da dünya ülkeleri arasında en yüksek artışlardan biridir. Ortalama talep artışı Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi %7-8 arasında olmuştur [6].

**Çizelge 2.1 : Türkiye ortalama elektrik tüketimi talep artışı**

	<b>Bürüt Tüketim (Milyon kWh)</b>	<b>Artış (%)</b>
1995	85551,5	10,0
1996	94788,7	10,8
1997	105517,1	11,3
1998	114022,7	8,1
1999	118484,9	3,9
2000	128275,6	8,3
2001	126871,3	-1,1
2002	132552,6	4,5
2003	141150,9	6,5
2004	150017,5	6,3
2005	160794,0	7,2
2006	174637,3	8,6
2007	190000,2	8,8
2008	198057,7	4,2

Çizelge 2.2'de ise kaynaklara göre elektrik üretimi görülmektedir. Türkiye elektrik enerjisinin %48,17'sini doğal gaz santrallerinden karşılamaktadır. Enerjide dışa bağımlılık giderek artmaktadır. Bu sebeple uluslararası anlaşmazlıklar sonucu ortaya çıkacak arz sıkıntıları, elektrik üretimi için tehdit oluşturmaktadır.

**Çizelge 2.2 : Türkiye kaynaklara göre elektrik üretimi (GWh)**

<b>Kaynak</b>	<b>GWh</b>	<b>%</b>
Doğal Gaz	95.530,74	48,17
Yerli Kömür	44.917,07	22,65
Hidrolik	33.264,46	16,77
İthal Kömür	12.551,47	6,33
Sıvı Yakıt	9.772,30	4,93
Rüzgar	797,30	0,40
Jeotermal	161,67	0,08
Diğer	1.334,47	0,67
Toplam	198.329,48	100,00

Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir bölümünü halen kullanmamaktadır. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de güneş enerjisidir. Güneş enerjisi sistemlerinin ekonomik ömrü 25 yıl olarak hesaplanmaktadır. Son yıllarda güneş enerjisinin elektrik enerjisi üretmek amacı ile kullanımı, devlet teşvikleri ile dünyada büyük bir artış göstermiştir. Güneş modülü üretim teknolojilerinde gelişimler ile 2007 yılında üretim maliyeti 2\$/Wp olan CdTe ince film modülün maliyetinin 0,8\$/Wp'e düşmesi, 2007 yılında 3\$/Wp olan kristal modül maliyetinin ise 2010 yılında 2\$/Wp olması planlanmaktadır [8].

Fotovoltaik kurulu güç sıralamasında ilk sırada yer alan Almanya'da 2010 anahtar teslim sistem ilk yatırım maliyetleri 2006'dan bu yana %35 düşmüştür [9]



### **3. GÜNEŞ ENERJİSİ**

#### **3.1 Dünyada Güneş Enerjisi**

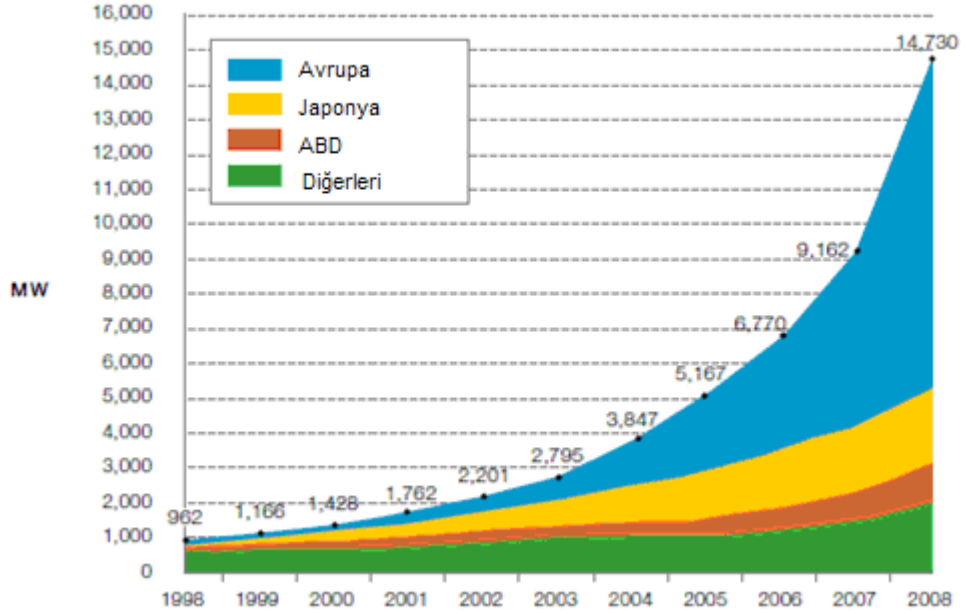
2009 yılı toplam kurulu FV gücü 6,3GW olarak açıklanmıştır [10].Çizelge 3,1’de görüldüğü gibi 2008 yılı PV piyasası için istisnai bir yıl olmuştur. 2008’de dünya PV piyasası 5.56GW’a (2007’de 2.4 GW idi, 2007 toplam kurulu güç 7,86GW) ve toplam PV kurulu gücü de yaklaşık 13,42GW’a ulaşmıştır. Sırasıyla İspanya, Almanya, İtalya, ABD ve Güney Kore 2008’deki kurulumlarda başı çekerken Fransa, Portekiz ve Çek Cumhuriyeti de iyi örnek teşkil etmiştir. AB, dünya toplam FV kapasitesinin %50’sine karşılık gelmektedir. 2008’deki etkileyici ilerlemenin temel nedeni İspanyol piyasasının gelişmesidir. 2007 de İspanyol piyasası 560 MW iken 2008 de 2659MW’a yükselmiştir. Bunun yanı sıra Almanya 1500MW, ABD 293MW ve Japonya 224MW ilave kurumlar ile kayda değer gelişme sağlamıştır [11].

Geçtiğimiz 20 yıl boyunca küresel FV sektörü ortalama olarak yıllık %25 oranında ve geçtiğimiz beş yılda da ortalama olarak yıllık %50 oranında büyümüştür. Toplam hacminin %90’ına kristal silikon FV teknolojidir [10].

**Çizelge 3.1 : Ülkelere göre 2008 yılı ve 2008 yılı sonu kurulu toplam FV gücü**

Ülke	Akülü FV sistem (kW)		Şebekeye bağlı FV sistem (kW)		2008 yılı sonu toplam kurulu FV gücü (kW)	2008 yılında kurulan FV sistem gücü akülü (kW)	2008 yılında kurulan FV sistem gücü şebeke bağlı(kW)
	Evsel	Ticari	Dağıtılmış	MERKEZİ			
Avustralya	32.683	40.662	29.850	1.315	104.510	6.900	15.120
Avusturya	3.357		27.274	1.756	32.387	333	4.553
Kanada	10.603	16.879	5.172	65	32.719	4.618	2.326
İsviçre	3.800		41.540	2.560	47.900	200	11.500
Almanya	40.000		5.300.000		5.340.000	4.500	1.500.000
Danimarka	125	315	2.825		3.265	55	135
İspanya	31.000		3.323.000		3.354.000	1.064	2.659.936
Fransa	16.181	6.766	140.785	16.000	179.732	400	104.100
İngiltere	480	1.110	20.920	0	22.510	117	4.303
İsrail	2.144	260	611	14	3.029	610	600
İtalya	5.400	7.900	295.000	150.000	458.300	200	337.900
Japonya	1.923	88.886	2.044.080	9.300	2.144.189	659	224.636
Kore	983	4.960	54.852	296.722	357.517	0	276.324
Meksika	16.087	5.163	500	0	21.750	800	200
Malezya	8.000		776		8.776	1.625	135
Hollanda	5.200		48.500	3.500	57.200	200	4.200
Norveç	7.780	430	132	0	8.342	350	0
Portekiz	2.941		2.908	62.103	67.952	100	49.982
İsveç	4.130	701	3.079	0	7.910	275	1.403
Türkiye	3.750		250		4.000	675	75
Amerika	154.000	216.000	735.000	63.500	1.168.500	45.000	293.000
<b>TOPLAM</b>					<b>13.424.488</b>	<b>68.681</b>	<b>5.490.428</b>

Son on yılda FV market piyasasında hızlı bir artış yaşanmaktadır. 2008 yılında dünyada toplam toplan kurulu güç kayıt altına alınamayan sistemler ile birlikte 15GW bulmuştur. Şekil 3,1’de görüldüğü üzere 9GW ile Avrupa %65’ini, Japonya 2,1GW ile %15’ini, Amerika ise 1,2GW ile %8’ini oluşturmaktadır [11].



Şekil 3.1 : Kurulu FV gücün dünya üzerinde paylaşımı

Çizelge 3.2’de görüldüğü üzere 2007 yılından 2008 yılına geçerken %70 büyüme görülmüştür [11].

**Çizelge 3.2 : Ülkelere göre kurulu toplam FV gücü artış oranı**

Ülke	2007 sonu kurulu FV sistem gücü (MW)	2008 sonu kurulu FV sistem gücü (MW)	Artış oranı (%)
Avusturya	82,50	104,50	26,67
Avusturya	27,70	32,40	16,97
Kanada	25,80	32,70	26,74
İsviçre	36,20	47,90	32,32
Almanya	3.835,50	5.340,00	39,23
Danimarka	3,10	3,30	6,45
İspanya	693,00	3.354,00	383,98
Fransa	75,20	179,70	138,96
İngiltere	18,10	22,50	24,31
İsrail	1,80	3,00	66,67
İtalya	120,20	458,30	281,28
Japonya	1.918,90	2.144,20	11,74
Kore	81,20	357,50	340,27
Meksika	20,80	21,80	4,81
Malezya	7,00	8,80	25,71
Hollanda	52,80	57,20	8,33
Norvay	8,00	8,30	3,75
Portekiz	17,90	68,00	279,89
İsvec	6,20	7,90	27,42
Türkiye	3,30	4,00	21,21
Amerika	830,50	1.168,50	40,70
<b>Toplam</b>	<b>7.865,70</b>	<b>13.424,50</b>	<b>70,67</b>

Çizelge 3.3’de görüldüğü gibi Avrupa ülkelerinde yer alan 10MW’dan büyük FV santral karşılaştırması yapıldığında %72,8’ini İspanya FV santralleri (2.3GW) Almanya %22 (698MW) ve İtalya %2’sini (70MW) oluşturmaktadır. Çek cumhuriyeti de 19MW’lık (Toplam kurulu gücü 2009 yılında 411MW’a ulaşmıştır.) kurulum ile iyi bir başlangıç yapmıştır [12].

**Çizelge 3.3 : 2008 yılında işletmeye giren Avrupa FV santrallerinin kapasitelerinin karşılaştırılması**

Ülke	2008 yılında kurulan toplam FV santral gücü	AB market payı (%)
İspanya	2382	72,8
Almanya	698	21,4
İtalya	70	2,2
Portekiz	60	1,8
Çek Cumhuriyeti	19	0,6
Belçika	14	<0,5
Fransa	11	<0,5
Hollanda	8,9	<0,5
Diğer AB ülkeleri	14	<0,5



### 3.2 Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Hedefleri

10 Ocak 2007 Avrupa Komisyonu, Avrupa birliği ülkeleri için sera gazı salınımlarını azaltım oranlarını açıklamıştır. AB ülkeleri 1990 yılını baz alarak, 2020 yılında toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %35'ini, ısı ihtiyacının yaklaşık % 25'ini ve ulaşımdaki yakıt ihtiyacının yaklaşık %10'unu, toplam enerjilerinin ise yaklaşık %20'den fazlasını yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı hedeflemektedir.

EREC (Avrupa Yenilenebilir Enerji Komisyonu) raporuna göre 2020 yılında %20'lik yenilenebilir enerji payının %40'ı rüzgar (180.000 MW), %23'ü biokütle (50.000 MW), %30 hidrolik (120.000 MW), %4'ü FV (52.000 MW) ve %1 diğer yenilenebilir enerji kaynakları olacaktır [13].

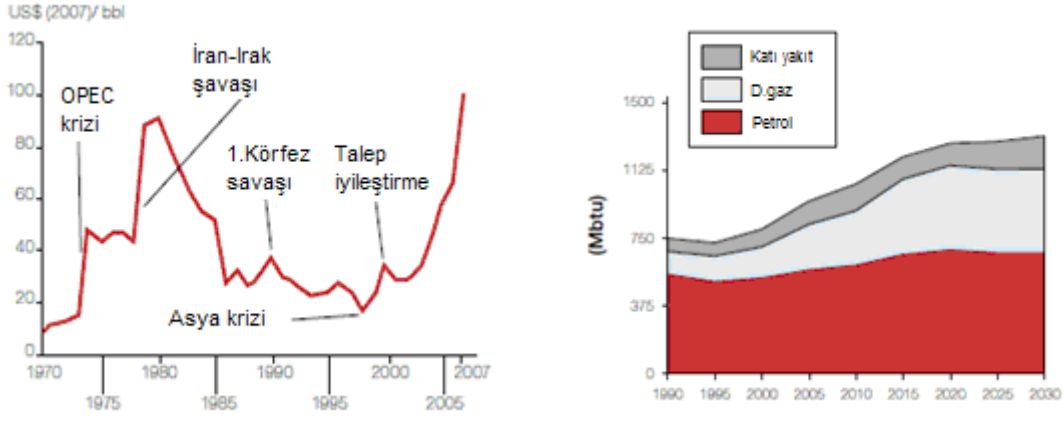
Yenilenebilir enerji politikaları Avrupa birliğinin ortaklaşa hareket ettiği ender konulardan biridir. Yenilenebilir enerji projesinin başarısını finansal karlılık oranları, devletin politikaları, izinler ve uygun alt yapıya erişim belirleyecektir. AB bu izin ve politikalar uzun vadeli olarak belirlemiş olsa da, niyetleri kesindir [14].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının geleneksel enerji kaynakları ile rekabetini engelleyen teknolojik, mali ve siyasi engeller bulunmaktadır.

Konvansiyonel enerji teknolojileri yıllarca desteklenmiştir. Fosil ve nükleer teknolojiler yıllarca vergi muafiyetleri, atık bertarafı, ARGE konusunda destekler almıştır. Bu yüzden yenilenebilir enerjiye benzer finansal destekler verilmelidir. Ayrıca konvansiyonel enerji kaynaklarının çevreye verdiği hasarların giderilmesi üretilen elektrik fiyatlarına yansıtılmamaktadır [14].

Mart 2007 yılında AB tüm Avrupa'yı enerjiyi verimli kullanma ve sera gazı yayılımını, minimuma indiren bir ekonomi programına yöneltmiştir. Bu program Yeni Avrupa Birliği Enerji Politikası olarak adlandırılmaktadır. Bu programın temel hatlarını; arz güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımına yönelik rekabeti artırma oluşturmaktadır [14].

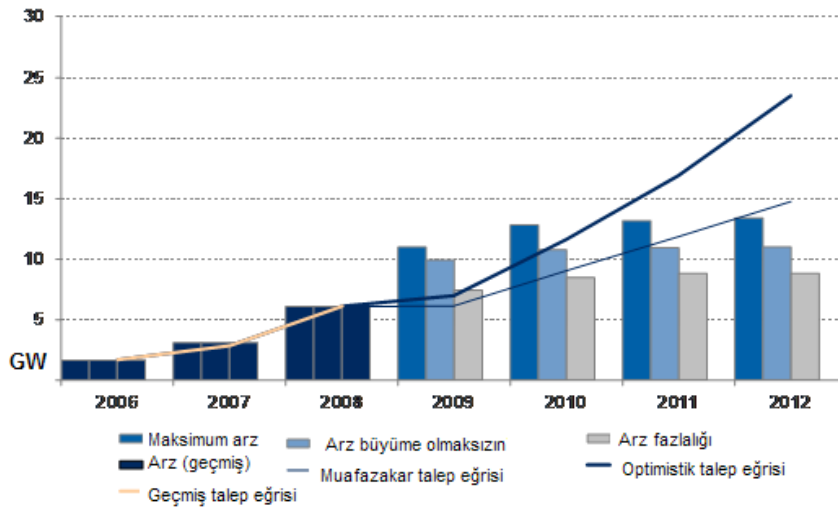
Uluslar arası Enerji Ajansı raporuna göre başta Çin ve Hindistan olmak üzere (WEO,2007) 2030 yılında fosil yakıtlara olan ihtiyaç %37 artacaktır, 2001 yılından 2007 yılına kadar petrol fiyatları %400 oranında artmıştır. Bu hızlı yükseliş Avrupa Birliği ülkelerini yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılmasına itmiştir. Şekil 3.2'den görüldüğü üzere petrol fiyatlarındaki hızlı artış ve fosil yakıtlara olan bağlılık arz güvenliği açısından bir tehdit oluşturmaktadır [14].



**Şekil 3.2 :** Petrol fiyatlarında değişim ve EU27 ülkelerin yakıt ithalatı

Çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği çerçevesinde, Kyoto protokolüne göre Avrupa Birliği 2008-2012 yılları arasında 1990 yılında yaptığı CO<sub>2</sub> salınımının %8 daha altında bir salınım yapacağını taahhüt etmektedir. 2020 hedefini ise %20 olarak belirlemiştir. 1kWh FV elektrik üretimi, 1kwh termik santralin yapacağı 835-879gr CO<sub>2</sub> salınımını önlemektedir [15].

Yenilenebilir enerji kullanıma yönelik rekabeti arttırmak için üretim kapasitesinin 2 katına çıkması maliyetleri %20 azaltacaktır [8]. Destek mekanizmaları ve talep artışı ile üretim kapasiteleri artacaktır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi 2009'da hücre üretiminin talepten fazla olmasıyla, kristal silikon modül fiyatları düşerek, 2008 yılı fiyat seviyesinde % 38 'lük bir düşüş gerçekleşmiştir [16].



**Şekil 3.3 :** 2012 yılına kadar FV modül arz-talep tahminleri

**Çizelge 3.4 : AB ülkelerinin iklim değişikliğine karşı YE hedefleri**

Ülke	2005 Y.E. Oranı (%)	2020 Y.E. Hedefi (%)
Belçika	2,2	13
Bulgaristan	9,4	16
Çekostavakya	6,1	13
Danimarka	17	30
Almanya	5,8	18
Estonya	18	25
İrlanda	3,1	16
Yunanistan	6,9	18
İspanya	8,7	20
Fransa	10,3	23
İtalya	5,2	17
Kıbrıs	2,9	13
Letonya	34,9	42
Litvanya	15	23
Lüksemburg	0,9	11
Macaristan	4,3	13
Malta	0	10
Hollanda	2,4	14
Avusturya	23,3	34
Polonya	7,2	15
Portekiz	20,5	31
Romanya	17,8	24
Slovenya	16	25
Slovakya	6,7	14
Fillandiya	28,5	38
İsveç	39,8	49
İngiltere	1,3	15

### 3.3 Destek Modelleri

1990'lı yılların başından itibaren, yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili bütün dünyada ciddi bir hareketlenme başlamış. Özellikle Avrupa Birliği Ülkeleri bu konuda başı çekmektedir. Avrupa Birliği Ülkeleri, 2001/77/EC no'lu direktifine göre, 2010 yılında tükettikleri enerjinin ortalama %20'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayacaklarını taahhüt etmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşvikler, sektörün diğer enerji kaynakları ile rekabet edinceye kadar kaçınılmazdır. Bu yüzden Avrupa Birliği Ülkeleri en büyük teşviki bu anlamda vermişlerdir [17].

Mali teşvikler genellikle iki ana başlıkta toplanmaktadır;

1.Yatırım teşvikleri: Bu teşvik türünde; devlet, toplam yatırım tutarına belli bir oranda katkıda bulunmaktadır. Bu oran %20-%40 arasında değişmektedir. Örneğin Yunanistan [17].

2. Hükümet destekli kredi: Devlet veya uluslar arası kuruluşlar, yatırımların finanse edilmesi ve bu tip projelere normal ticari kredilerden daha cazip krediler vermektedir. Almanya da Deutsche Ausgleichsbank ve Commerzbank kredileri bu duruma örnek verilebilir [17].

Vergi teşviklerini iki ana alt başlıkta toplamak mümkündür;

1.Vergi muafiyetleri: Bazı devletler 1-5 yıl arasında santralden elde edilen gelirden kurumlar veya gelir vergisi almamaktadır. Örneğin Hollanda

2. Gümrük Muafiyetleri: Devlet, rüzgar türbini, güneş paneli gibi donanımların ithalat ve ihracatından düşük oranda veya bütünü ile vergi muafiyeti getirmektedir. Örneğin Danimarka [17].

Üretim teşviklerini ise üç ana başlık altında toplamak mümkündür;

1.Yenilenebilir Portföy Standardı: Bu teşvik türünde elektrik dağıtım şirketleri, dağıtımını yaptıkları elektriğin, belli bir yüzdesini belirli bir zaman aralığında yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamak zorundadır.

2.Üretilen Elektriğe Teşvik: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına verilen bir teşvik türü de üretilen elektriğin birim fiyatına verilen teşvik türüdür.

3.Sabit Tarife Uygulaması: Üretilen elektrik için belli bir zaman aralığında belli bir fiyat tarifesi uygulanmaktadır. Örneğin; ilk on yıl ve ikinci on yıl olmak üzere 2 farklı periyotta sabit fiyat tarifesi uygulanmaktadır. Santral kredi borcu ve faizlerini geri ödediğinden ilk 10 yıl daha yüksek tarife ödenmektedir. Yaygın olarak kullanılan bir teşvik türüdür [17].

Almanya, İspanya, Çek Cumhuriyeti, Slovenya'ya ait teşvik oranları sırasıyla çizelge 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8 'de verilmiştir.

**Çizelge 3.5 : Almanya FV sistem teşvik oranları**

Ülke	Sınıflandırma	Sistem boyutu	2008 Tarifesi (€/kWh)	Degradasyon oranı	Teşvik süresi
Almanya	Çatı örtüsü olarak	<30kWp	0,468	5%	20
		30kWp<100kWp	0,445	5%	20
		>:100kWp	0,44	5%	20
	Cephe	<30kWp	0,508	5%	20
		30kWp<100kWp	0,485	5%	20
		>:100kWp	0,481	5%	20

**Çizelge 3.6 : İspanya FV sistem teşvik oranları**

Ülke	Sınıflandırma	Sistem boyutu	2008 Tarifesi (€/kWh)	Degradasyon oranı	Teşvik süresi
İspanya	ilk 25 yıl	<:100kWp	0,44	Enflasyona endeksli 2012 yılına kadar %0,25 düşüş, 2012 den sonra her yıl %0,5 düşüş	25
	25 yıldan sonra	<:100kWp	0,352		
	ilk 25 yıl	>100kWp-10MWp	0,418		25
	25 yıldan sonra	>100kWp-10MWp	0,334		
	ilk 25 yıl	>10MWp-50MWp	0,23		25
	25 yıldan sonra	>10MWp-50MWp	0,184		

2009 yılı sonu itibarı ile İspanya 3,7GW kurulu güce sahip olmuştur. 2013 yılı sonu itibarı ile 6,8-9 GW arasında bir toplam güç beklenmektedir. İspanyol hükümeti bu kontrolsüz büyümeyi engellemek için 2009-2011 arasında piyasaya yıllık 500MW tavan uygulaması kararı almıştır [18].

**Çizelge 3.7 : Çek Cumhuriyeti FV sistem teşvik oranları**

Ülke	Sistem boyutu	2010 Tarifesi (€/kWh)	Degradasyon oranı	Teşvik süresi
Çek Cumhuriyeti	<30kWp	0,467	25% 2011'den itibaren	20
	>30kWp	0,43	25% 2011'den itibaren	20

Çek cumhuriyeti %60'ı Aralık 2009 yılında tamamlanmış olmak üzere toplam 400MW FV kurulu gücüne sahip olmuştur. Bu kontrolsüz büyümenin önüne geçebilmek için tarifelerde 2011 yılı sonu itibarı ile %25'lik bir düşüşe geçilecektir. 2012 yılı sonu itibarıyla kurulu gücü 2350MW'a ulaşması beklenmektedir [18].

**Çizelge 3.8 : Slovakya FV sistem teşvik oranları**

Ülke	Sistem boyutu	2010 Tarifesi (€/kWh)	Degradasyon oranı	Teşvik süresi
Slovakya	<100kWp	0,431	10% 2013'e kadar	15
	>100kWp	0,425	10% 2013'e kadar	15

Slovakya’da Mayıs 2009 yılında tarifler açıklanmıştır. Fakat henüz hiçbir projeye başlanmadan ulusal enerji iletim şirketi 2011 yılına kadar 120MW’lık bir limit getirmiştir. 100kW’tan küçük sistem kurulumları için belirlenecek yasa taslağı hala bekleme sürecindedir. 2009 yılında Slovakya sadece 200kW FV sistem kapasitesine sahip olmuştur. 2012 yılı sonu itibarı ile 363MW kurulu güce ulaşması beklenmektedir [18].

### 3.4 Almanya’da Fotovoltaik Sistem Kullanımı

Çizelge 3.9’da görüldüğü gibi 2009 sonu itibariyle Almanya şebekeye bağlı FV sistem gücü yaklaşık 9252MW’a ulaşmıştır. 2013 sonu itibariyle 17200-21400MW arasında bir toplam kurulu güç beklenmektedir [11].

**Çizelge 3.9 :** Almanya FV kurulu gücünün yıllara göre değişim ve enerji üretim değerleri

Yıl	Kurulan güç (MWp)	Enerji üretimi(GWh)	Toplam kurulu FV gücü (MWp)
2000	42	-	100
2001	78	76	178
2002	80	162	258
2003	150	313	408
2004	600	557	1008
2005	847	1282	1855
2006	796	2200	2651
2007	1151	3100	3802
2008	1650	4300	5452
2009	3800	-	9252

Almanya’nın FV kurulu sistemlerin %30’unu konutlar (1-10kW) %53’ü çiftlik evleri yada ofis binaları (10-100kW) %10’nu ise fotovoltaik santraller oluşturmaktadır. Elektrik talebinin %1’ni FV sistemlerden karşılamaktadır [19].

Almanya FV sektöründe modül üretiminden, üretim makineleri hattı imalatına, FV sistem entegratörlerden, FV sistem dağıtıcılarına kadar 10.000’i aşkın şirket vardır. 2008 yılı sonu itibarıyla endüstri satış cirosu 11,89 milyar €’ya ulaşmıştır (Çizelge 3.10) [9].

**Çizelge 3.10 :** Yıllara göre Almanya FV endüstri satış cirosu (milyar €)

Yıl	Silikon, hücre, modül üretimi	PV üretim hattı makinaları imalatı
2000	0,22	-
2001	0,34	-
2002	0,26	-
2003	0,49	-
2004	1,65	-
2005	2,79	0,23
2006	4,45	0,47
2007	6,14	0,9
2008	9,5	2,39

2008 yılı sonu itibarı ile Almanya İhracat değeri 6,2milyar € olmuştur. İmalatçı kotası%48, tedarikçi %68 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.11) [9].

**Çizelge 3.11 :** Yıllara göre Almanya FV endüstri ihracat cirosu (milyar €)

Yıl	İhracat değeri milyon € (imalatçı&tedarikçiler)	İmalatçı kotası (%)	Tedarikçi kotası (%)
2004	273	14	30
2005	603	19	31
2006	1695	34	37
2007	2700	38	40
2008	6200	48	68
2013	14000	70	84

Almanya 2008 yılında büyüyen FV endüstri sayesinde yaklaşık 53.300 kişi istihdam etmiştir (Çizelge 3.12) [9].

**Çizelge 3.12 :** Yıllara göre Almanya FV sektöründe çalışan sayısı

Yıl	Fotovoltaik sektöründe çalışan sayısı (endüstri, entegratör & tedarikçi)
2001	4000
2002	4300
2003	6500
2004	17200
2005	22300
2006	29600
2007	40400
2008	53300

2008 yılında dünyada toplam modül üretimi 3740MW olarak kayıt edilmiştir. 2007 yılında ise bu rakam 2400MW'tır. Almanya, sadece 2008 yılına toplam üretimini iki katına çıkarmıştır. 2008 yılında 659MW güneş modülü üretmiştir (Çizelge 3.13). Almanya'da 1MW'ın üzerinde üretim kapasitesi olan toplam 15 fabrika

bulunmaktadır. Bunlardan Aleo Solar, Solar Factory, Solarwatt ve Solon'un üretim kapasiteleri 100MW'ın üzerindedir [20].

**Çizelge 3.13 : Yıllara göre Almanya güneş modul üretimi**

Yıl	Solar Modul üretimi MW (tüm modül çeşitleri)
2001	15
2002	21
2003	29
2004	80
2005	159
2006	219
2007	350
2008	659
<b>Toplam</b>	<b>1243</b>

FV sektöründe teknolojik gelişmelere bağlı olarak güneş modülü ve evirici fiyatları düşüş göstermektedir. Buna bağlı olarak sistem kurulum maliyetleri de düşmektedir (Çizelge 3.14) [9].

**Çizelge 3.14 : Yıllara göre Almanya sistem kurulum maliyetleri**

Yıl		kWp maliyeti (€)
2006	2.çeyrek	5000
2006	4.çeyrek	4800
2007	1.çeyrek	4568
2007	2.çeyrek	4448
2007	3.çeyrek	4395
2007	4.çeyrek	4354
2008	1.çeyrek	4303
2008	2.çeyrek	4275
2008	3.çeyrek	4254
2008	4.çeyrek	4216
2009	1.çeyrek	3922
2009	2.çeyrek	3620
2009	3.çeyrek	3263



### 3.5 Almanya'da Fotovoltaik Sektörünün Gelişmesi

Almanya'da ilk gerçek yenilenebilir enerji tarifeliendirme yasası, Stromeinspeisungsgesetz (StrEG), 1990 yılında yayınlanmıştır. Bu yasa küçük hidroelektrik üreticileri ve rüzgar enerjisi üreticileri için hazırlanmış basit tek sayfalık bir tasarıdır. Üreticiler elektriği mevcut şebeke paritesinin %65-%90'ı oranında şebekeye satış yapabilirlerdi [21].

Bu tarife oranı rüzgar enerjisi için karlılığı garanti ediyordu, ancak FV santraller için düşük bir tarife idi. Ayrıca, StrEG biokütle gibi diğer yenilenebilir kaynaklarını destekleyen bir tarife değildi. Tarifelerin yüzdeye dayalı olması, 1998 elektrik sektörü özelleştirilmesi ile elektrik fiyatları aşağı çekildiği için yenilenebilir enerji fiyatları da ciddi oranlarda düşmüştür [21].

StrEG 1998 yılında Enerji Üreticileri Sanayi Kanunu adaptasyonu ile birlikte güncellenmiştir ve 1998 yılında Alman elektrik piyasasının serbestleştirilmesine yanıt olarak 2000 yılında Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), 2000 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu olarak bilinen kanun yayınlanmıştır [21].

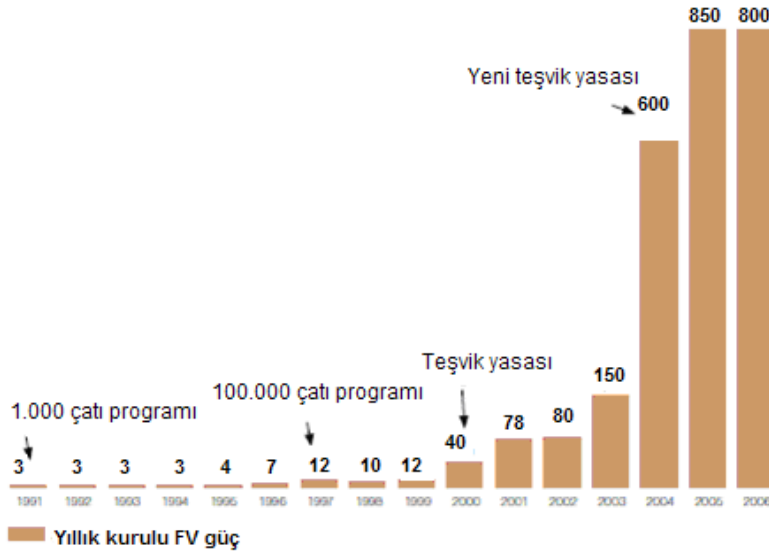
StrEG'nin yerini artık daha güncel olan 2000 EEG almıştır. EEG tarife oranlarına yenilenebilir enerji türüne, büyüklüğüne ve lokasyonuna göre bir dizi değişik getirmiştir. Aynı zamanda StrEG's yüzde tabanlı oranları değiştirerek sabit fiyat uygulamasına geçmiştir. Tarife oranları bilimsel çalışmalarda tespit edilmiş olup tarife oranları, karlılığa ve en yeni teknolojiyi kullanmaya izin verecek şekilde hesaplanmıştır. Fosil ya da nükleer kaynaklı bir üretime göre FV elektrik üretimine daha yüksek bir tarife uygulanır, 20 yıllık sabit bir dönem boyunca bu tarife geçerli olur [21].

Kanun ayrıca her iki yılda bir oranlarda ayarlamalar ile teknolojik ilerlemeler ve pazardaki gelişimlere ayak uydurabilmektedir. Şekil 3.2'de teşvik mekanizmasının toplam FV kurulu güç üzerinde etkisi gözükmektedir [21].

Her yıl yapılan %5'lik düşüş, FV sistem üreticilerini de fiyatlarını aynı oranda düşürmesine zorlamaktadır. Böylece fosil kaynaklı elektrik üretiminin her yıl birim fiyatı artarken, solar kaynaklı üretim maliyetlerini belli bir seviyenin altına indirip, denge kurulması beklenmektedir [21].

2004 yılında EEG yapılan değişiklik ile ülkenin toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payını 2010 yılında % 12,5, 2020 de ise en az % 20'ye

yükseltmek için tarife oranlarını arttırmıştır. Yeni tarifeler, rüzgârdan üretilen elektrik için 0,0539 € / kWh, bina cephelerinde FV'ten üretilen elektrik için € 0,595 olarak belirlenmiştir [21].



**Şekil 3.4 :** Almanya Kurulu FV gücünün teşvik mekanizması göre değişimi

2007 yılında Almanya elektrik dağıtım şirketleri, sistem boyutuna ve tipine göre değişik FV sistem kullanıcılarına 0.38€/kWh -0.54€/kWh ödemiştir. Elektrik dağıtıcıları bu ekstra ücretleri elektrik faturaları üzerinden tüm kullanıcılara yansıtmıştır. Böylece her kullanıcı yenilenebilir enerjinin kullanımına destek olmaktadır. 2006 yılında Almanya da bir kişi için aylık elektrik faturasına eklenen ücret 0.2€ olmuştur. Devlet bütçeleri tarafından desteklenen sistemlerde bütçede sıkıntı yaşandığında sistem çökmekte idi. Ancak, yüksek tarifeli destek bütçe, toplanan elektrik faturaları ile sağlanmaktadır [14].

Yüksek tarife, kanunlar ile sistemin finansmanı bankaların sağlayacağı şekilde garanti altına alınmıştır. 20 yıllık bir alım garantisi, bankaların kredi verebilmeleri için yeterli bir dönemdir. Başlangıçta bankalar için zor bir süreç olsa da, Almanya da bankaların yenilenebilir enerji sistemlerini kredilendirmesi oldukça yaygınlaşmıştır [14].

### **Yüksek tarifenin temel öğeleri:**

Başarılı olduğu kanıtlanmış bir araçtır

Geçici bir mekanizmadır.

Vergi mükellefleri üzerinde yük teşkil etmez.

Maliyetleri düşürmek için rekabete zorlar.

Yüksek kalite ve performansta FV sistemleri teşvik eder

Potansiyel yatırımcılar için güvenli şartlar oluşturur.

### **3.6 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Hedefleri ve Yenilenebilir Enerji Yasası**

4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanun’un 2001 yılında yürürlüğe girmesiyle birlikte ülkemiz elektrik enerjisi sektöründe rekabete dayalı ve işleyen bir piyasanın oluşturulmasına yönelik önemli adımlar atılmış, sektörde faaliyet gösteren kamu kuruluşları yeniden yapılandırılmış, piyasa kuralları sektörde serbestleştirmeyi temin edecek şekilde belirlenerek uygulamaya konulmuştur.

Yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının 2020 yılında en az %25 düzeyinde olmasının hedeflenmiştir. Bu bağlamda Hidrolik santraller için 2023 yılına kadar kurulu güç en az 30.000MW olarak belirlenmiştir. Rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2013 yılında 11.000, 2015 yılında 15000, 2020 yılında en az 20.000 MW olması hedeflenmiştir. Elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğu belirlenen 600 MW’lık Jeotermal potansiyelinin tümünün 2020 yılına kadar işletmeye alınacağı öngörülmüştür [7].

Elektrik üretimi içinde güneş enerjisinin kullanılması yaygınlaştırmak, ülke potansiyelinin azami ölçüde değerlendirilmesini sağlamak için önem kazanmıştır. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanılması konusunda teknolojik gelişmeler yakından takip edilerek uygulanacaktır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini özendirmek üzere 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunda yapılması düşünülen değişiklikler Çizelge 3.15’deki gibidir [22].

Bu yasa tasarısı ile farklı kaynaklar için farklı tarifeler uygulanacaktır. Tüm kaynaklara aynı fiyat ve alım süresi uygulaması yerine, kaynak bazında farklı fiyat ve süre uygulaması yapılmıştır. Güneş enerjisi uygulamalarında ayrıca teknoloji farklılığı da dikkate alınmıştır [22].

**Çizelge 3.15 :** 5346 sayılı Kanunda yapılması düşünülen tarife değişiklikleri

Y.E.Kaynağı	İlk 10 yıl fiyatı (¢cent/kWh)	İkinci 10 yıl fiyatı (¢cent/kWh)
Hidroelektrik	7	-
Rüzgar (kara)	8	-
Rüzgar (deniz)	12	-
Jeotermal	9	-
Güneş (FV)	25	20
Güneş (CSP)	20	18
Biyokütle	14	8
Dalga-Akıntı	16	-

500 kW'tan daha küçük olan ve lisans almadan üretim yapacak üreticilerin ihtiyaçları üzerinde üretilen elektrik enerjisinin sisteme verilmesinde uygulanacak fiyatlar belirlenecektir [22].

Kanun içeriğinde yer almayan yenilenebilir enerji kaynağından elektrik üretiminde fiyat ve süre konusunda Bakanlar Kurulu yetkili kılınmıştır [22].

Ülkemizde YEK'e dayalı lisanslı üretim tesisinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yerli üretim olması durumunda beş yıl süre ile elektrik enerjisi fiyatına yerli katkı ilavesi verilmiştir [22].

Kanun 31/12/2015 tarihinden önce işletmeye giren tesisler için uygulanmakta olup ilki 31/12/2011 tarihinde olmak üzere fiyat ve alım yükümlülüğü süresinde Bakanlar Kurulu tarafından değişiklik yapılabilecektir [22].

## 4. FOTOVOLTAİK SANTRAL BİLEŞENLERİ

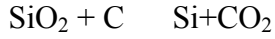
### 4.1 Fotovoltaik Modül Teknolojisi ve Gelişimleri

Güneş modülleri imalatı sırasında farklı malzemeler ve farklı yapım teknikleri kullanılabilir. Bu tez çalışmasında simule edilen FV santrallerde, ticari olarak kendini kanıtlamış, kristal silisyum modül ve CdTe ince film teknolojileri kullanılmıştır.

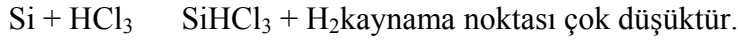
#### 4.1.1 Kristal silisyum güneş pilleri

Yeryüzünde en çok bulunan mineral silisyum dioksittir (SiO<sub>2</sub>) fotovoltaik piller için saf silisyum üretimi SiO<sub>2</sub> in silis veya kum formundaki halini bulmakla başlar. Demir, alüminyum ve diğer metallerde az miktarda silis bulunur.

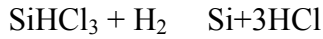
SiO<sub>2</sub> i kömür formundaki C ile tepkimeye sokulur ve 1500-2000 °C lik ark fırınlarına ısıtılır [23].

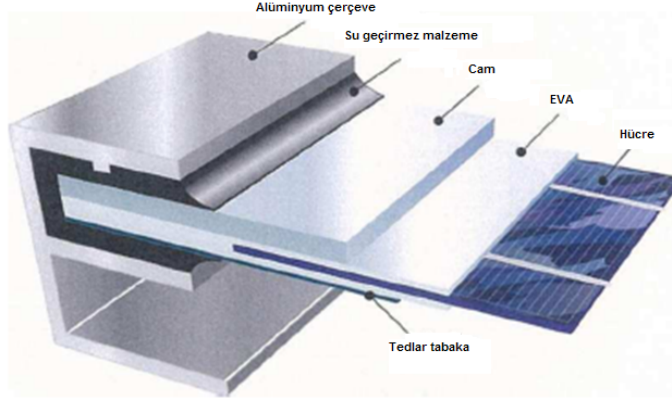


Bu işlem sonucunda %98 saflıkta silisyum elde edilir. Ancak bu saflık düzeyi de artırılır. 300 °C hidroklorürle tepkimeye sokulur.



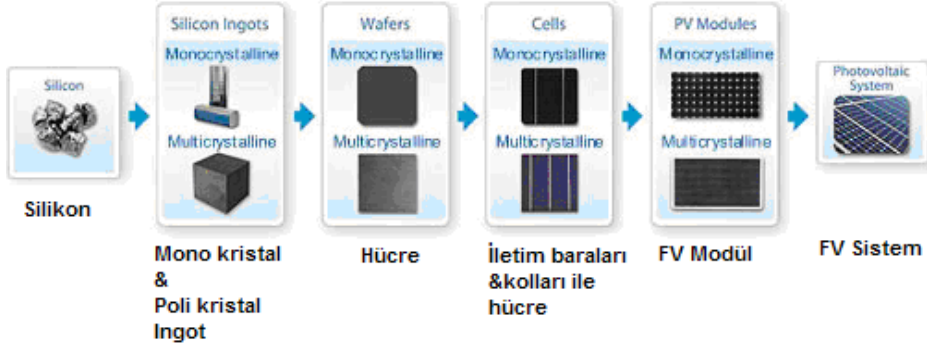
Daha sonra 1100°C de 200-300 saat boyunca H<sub>2</sub> ile tepkimeye sokulur ve saf silisyum elde edilir.





**Şekil 4.1 : Kristal modül kesiti**

Şekil 4.1' modül kesitinde görüldüğü gibi FV modül, bir sandviç yapılı cam/kapsül levha/hücreler/kapsül levha/arka plaka içine yerleştirilir. Gelen ışığın dış yüzeyindeki cam tarafından soğurulmasını engellemek amacıyla cam düşük demir içerir, mekanik zorluklara karşı kimyasal ya da termal olarak temperlenerek dayanıklılık kazanması sağlanır. Kapsül levha cam üzerine lamine edilebilen şeffaf bir polimerdir. En sık kullanılan kapsüller, polivinil büteril yada etil vinil asetatır. Arka plaka için, birçok materyaller kullanılır; iyonize alüminyum, cam yada mylar veya tedlar gibi polimerlerdir [23].



**Şekil 4.2 : FVsisteme geçiş aşamaları**

Şekil 4.2'de silikon malzemedan, hücrenin, hücrelerin bir araya gelmesi ile FV modülün, FV modüllerin ise, seri ve paralel kombinasyonlar ile bir araya gelmesi ile de FV sistemin oluştuğunu göstermektedir. FV modüller ticari olarak 50W ile 300W arasında üretilmektedirler. Üretici ömür garantileri 20 yıl olmakla beraber kristal modüllerde IEC 61215, ince film modüllerde ise IEC 61646 standartları aranmaktadır

Bugün kullanılan mono kristal (c-Si) modüllerde verim %15 ile %18 arasında değişmektedir. Multi kristal (m-Si) modüllerde ise verim %14 seviyelerindedir. Multi kristal modül fiyatları, mono kristal modüllere göre daha düşüktür. Bu tez çalışmasında %14 verimli multi kristal FV modüller kullanılmıştır [20].


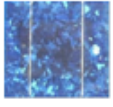
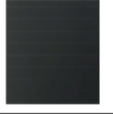
#### 4.1.2 İnce film güneş modülleri

İnce film modülleri son derece ince katmanlı fotovoltaik malzemenin, düşük maliyetli cam, paslanmaz çelik veya plastik gibi malzemelere katılmasıyla oluşturulurlar. Özel üretilmiş hücreler lazer ile malzemeye işlenir. İnce film üretim maliyetleri kristal teknolojiye göre daha düşüktür, çok daha az yarı iletken malzeme gereklidir. Çünkü, filmler geniş, tam modül olarak üretilir. Kristal teknolojiye göre hücrelerin bir araya getirilip iletken malzemelerin lehimlenmesi işi yoktur. Bu da üretim maliyetlerini düşürür.

En gelişmiş ince film teknolojisi amorf silikon ince filmidir. Ticari amorf silisyum modüllerin 1980'li yıllarda verimliliği yaklaşık % 3,5 iken, günümüzde %7'lere ulaşmıştır. En verimli modeli 2 tabakası germanyum ile katkılanmış 3 tabakalı amorf silisyum modüllerdir (a-Si/a-SiGe/a-SiGe e kadar) ve verimliliği %13,5 lara kadar ulaşmıştır. Diğer ince film hücre tipleri polikristalin silikon kullanılarak üretilen kadmiyum tellür (CdTe) ve bakır indiyum galyum diselenidedir (CIGS) [20].

Çizelge 4.1'de Standart Test Koşullarında (STK)'de ticari modüllerin standart ve maksimum modül verimlilik oranları verilmiştir.

**Çizelge 4.1 : FV verimlilik oranları**

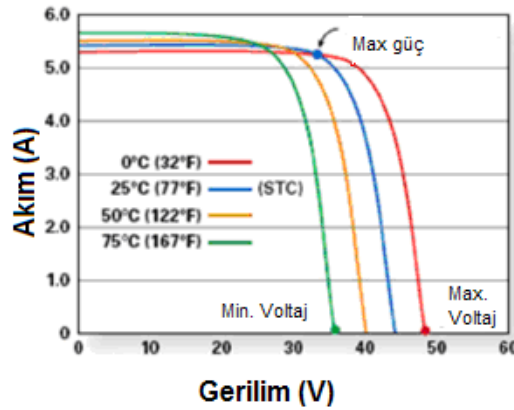
	Modül Tipi	Standart modül verimliliği (%)	Max. Modul verimliliği (%)	Laboratuar verimliliği (%)
	c-Si	15-18	22,7	24,7
	mc-Si	11-14	15,3	19,8
	A-Si	5-7		12,7
	Cd-Te		10,5	16
	CIGS		12,1	18,2

### 4.1.3 FV modül elektriksel özellikleri

FV sistem boyutlandırılması sırasında, kullanılan FV modüle ait bilinmesi gereken elektriksel özellikler, kısa devre akımı, açık devre gerilim, verim olarak sıralanabilir.

Kısa devre akımı; FV modülün çıkış terminallerinin kısa devre edilip gün ışığı altında kalması durumudur. FV modülden alınabilecek maksimum akım değeridir. Kısa devre akımı aşırı akım koruma cihazlarının boyutlandırılması açısından önemlidir [24].

Açık devre gerilimi, PV modülün gün ışığı altında yüke bağlanmadan ürettiği maksimum gerilimdir. Dış ortam hava sıcaklığı düştükçe açık devre gerilimi yükselecektir. En soğuk günde max açık devre gerilimi evirici seçiminde gerekmektedir. Şekil 4.3'te (S.T.K.) 45V çıkışı olan bir FV modülün 0° de geriliminin 50V'a yükseldiği görülmektedir. STK, hava kütesinin 1,5, sıcaklığın 25° dolduğu m<sup>2</sup> de 1000W elde edildiği ortamdır [24].



Şekil 4.3 : Akım-gerilim eğrisinin sıcaklığa bağlı değişimi



Verim, iki FV modülün karşılaştırılması esnasında kullanılan parametrelerden biridir. FV modülden elde edilen enerjinin, FV modülün güneşten aldığı enerjiye oranıdır. FV modüllerde verim gelen ışığın yoğunluğu ve modül sıcaklığına bağlıdır. Verim testleri STK’da yapılır.

Dünya FV modül satış trendleri

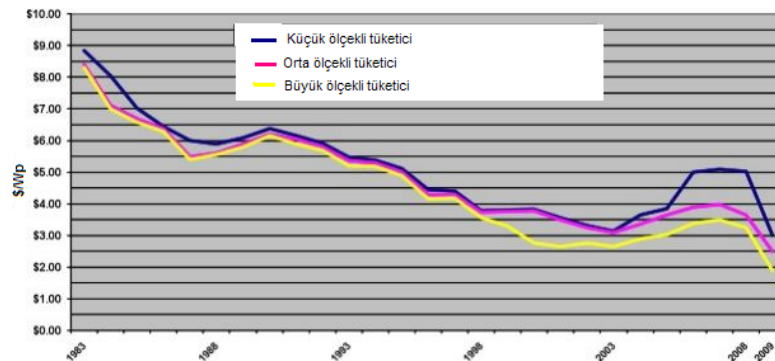
FV sistem kullanımının yaygınlaşması ile, ortalama modül fiyatları (2004) yılında artan, 2006 yılında hızlı artan bir grafik göstermiştir. 2007 yılında yine stabilize artmış, 2008 yılı sonunda ise talepte çok küçük bir düşüş fiyatların da düşmesine sebep olmuştur [25].

**Çizelge 4.2 : Yıllara göre ortalama FV modül fiyatları**

Yıl	Küçük ölçekli tüketici grubu (Wp/\$)	Artış/Azalış (%)	Orta ölçekli tüketici grubu (Wp/\$)	Artış/Azalış (%)	Büyük ölçekli tüketici grubu (Wp/\$)	Artış/Azalış (%)
2004	3,65	16	3,35	8	2,9	9
2005	3,85	5	3,65	9	3,03	4
2006	5	30	3,9	7	3,39	12
2007	5,1	2	3,98	2	3,5	3
2008	5,02	-2	3,65	-1	3,25	-7

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi 2006 yılındaki ciddi yükseliş küçük ölçekli teleplerde %30’luk, orta ölçekli yani 10MW’a kadar olan taleplerde %7 ve yüksek talepli tüketicilere ise %12’lik bir artış olarak yansımıştır.

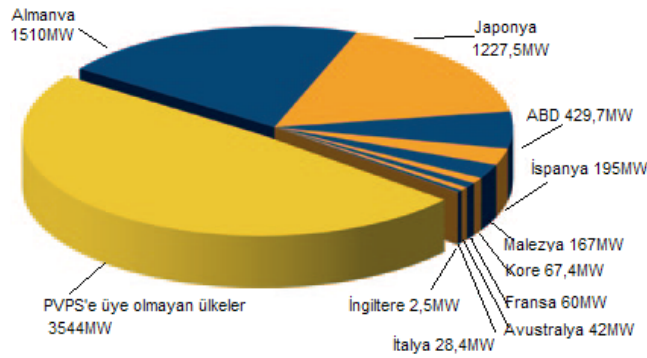
2009 yılında ise İspanyol FV piyasasındaki düşüş ve küresel durgunluk modül fiyatlarını aşağı çekmiştir. Modül fiyatlarındaki değişim şekil 4.4’deki gibidir [25].



**Şekil 4.4 : Yıllara göre FV kristal modül fiyatlarındaki değişimi**

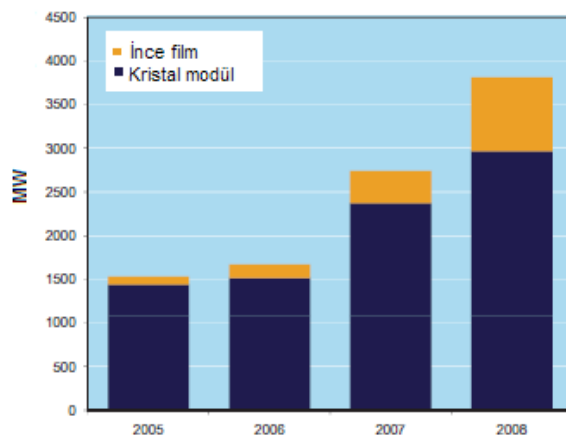
#### 4.1.4 Dünya FV modül satış trendleri

Ulusal Enerji Ajansı Fotovoltaik Sistemler (IEA PVPS)'e üye ülkelerin açıkladığı rakama göre 2008 yılı FV hücre üretimi 3740MW olarak açıklanmıştır. Bu rakam 2007 yılında 2400MW idi. Almaya üretim kapasitesini iki katına çıkararak 1500MW FV hücre üretti. Japonya ise 2007 yılına göre %33'lük bir artış göstererek ikinci sırada yer aldı. 3 sıradaki Amerika ise 2007 yılına göre hücre üretiminde %62'lik bir artış gösterdi (Şekil 4.5) [25].



Şekil 4.5 : FV hücre üretiminin ülkelere göre dağılımı

FV markette kristal modül kullanımı tüm FV modül kullanımının 2005 yılında % 94'üne, 2006 yılında %90'ına, 2007 yılında %87'sine, 2008 yılında ise %78'ine karşılık gelmektedir. Şekil 4.6'dan da görüleceği üzere ince film modül kullanımı özellikle bina cephe uygulamalarında yıllara göre artış göstermiştir [25].



Şekil 4.6 : FV modül teknolojisi kullanımı

## 4.2 Evirici Teknolojisi ve Gelişimleri

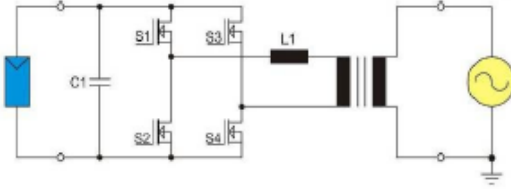
Eviriciler, güneş modülleri tarafından üretilen DC akımı, AC akıma çevirirler. FV santrallerin en hayati komponentlerinden biridir. Standart bir evirici, FV modül üretimine göre maksimum güç ayarı yapar. Üretime ait verileri toplar ve AC, DC aşırı gerilim, aşırı akım ve ters kutup bağlantısına karşı koruyucu özellikleri vardır [24].

### 4.2.1 Evirici konseptleri

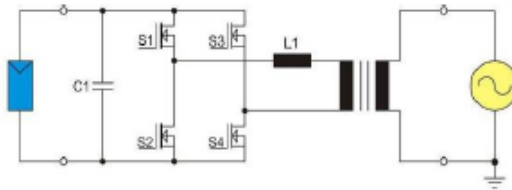
Düşük Frekanslı (LF) trafolu evirici, 50 Hz trafonun magnetik alanı DC devreyi AC devreden tamamen ayırır. LF trafolu evirici Şekil 4.7’de görüldüğü gibi; Anahtarlama kontrol elemanı (step-down doğrultucu), Tam köprü, 50Hz trafo, maksimum güç noktası yakalayıcısı (MPPT) ve şebeke izleme sisteminden oluşur [24].

Bu sistemin avantajları: güvenlik düzeyi yüksek (galvanize izolasyonlu), trafo, elektromagnetik etkileşimi düşürür.

Dezavantajları: düşük verim, ağır olmaları



Şekil 4.7 : LF trafolu Evirici bağlantısı

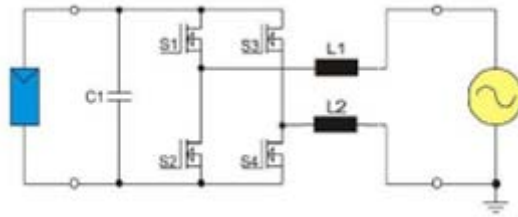


Şekil 4.8 : HF trafolu Evirici bağlantısı

Şekil 4.8’de görülen evirici, Yüksek Frekanslı (HF) 10kHz-50kHz arasında çalışan trafoya sahiptir. 50Hz trafolu sisteme göre daha yüksek verimde çalışır ve daha hafiftir [24]. Bu tez çalışmasında ince film dağıtılmış FV santral boyutlandırılmasında yüksek frekanslı trafolu eviriciler kullanılmıştır.

Trafonun çıkarılmasıyla evirici kayıpları azalmış aynı zamanda evirici ağırlığı ve fiyatları da düşmüştür (Şekil 4.9). FV üretcin gerilimi şebeke tepe geriliminden oldukça yüksektir ya da DC-DC step-up doğrultucu ile gerilim değeri yükseltilir. Trafosuz eviriciler de AC-DC devre arasında galvanize ızalasyon olmadığı için AC/DC duyarlı kaçak akım koruma rölesi kullanılması önerilir [24]. Bu tez çalışmasında kristal modül dağıtılmış FV santral boyutlandırılmasında trafosuz eviriciler kullanılmıştır

#### 4.2.2 Evirici bağlantı konseptleri



Şekil 4.9 : Trafosuz Evirici bağlantısı

Bu tez çalışmasında kullanılan evirici konseptleri merkezi ve dizi (string) olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

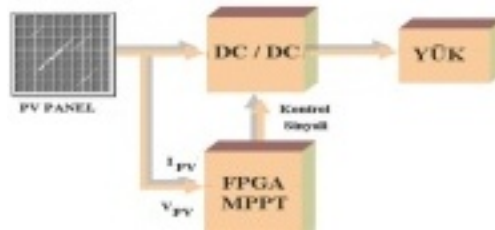
Merkezi evirici devresi yüksek verimliliğe ve düşük maliyete sahiptir. Ancak farklı model ve tiplerden fotovoltaik modüllerin bir arada kullanılması, farklı kirlilik derecelerinde yada farklı açılarda yerleştirilmiş modüllerin bir arada kullanılmasından kaynaklanan modül uyumsuzluğu sorunları ve kısmi gölgelenme ve kimsi sıcaklık farklılıkları gibi durumlar nedeni ile fotovoltaik üretim sistem verimini düşürebilmektedir. Bu nedenle merkezi evirici kullanılan durumlarda evirici girişine bağlanan tüm fotovoltaik modül dizilerinin tiplerinin, yerleştirme açılarının, ortam sıcaklıklarının, kirlilik düzeylerinin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Merkezi sistemde sistem tek bir eviriciye bağlı olduğu için bu eviricinin arızalanması durumunda tüm sistemin devre dışı kalmasına yol açar. Bu nedenle sistemin güvenilebilirliği ve sürdürülebilirliği sınırlıdır. Merkezi eviricinin çıkışından AG

şebekeye olan kablo uzunluğu düşük olduğu için AC kablo kayıpları azdır. Buna karşılık eğer fotovoltaik dizi gerilimi yüksek ise DC kablo kayıpları da azalarak toplam kablo kayıpları en düşük evirici yapısının yüksek DC girişli merkezi evirici sistemi olduğu söylenebilir. Buna karşılık modül dizilerini birleştiren diyotlar nedeniyle merkezi evirici yapısında diyot kayıpları mevcuttur.

Dizi eviricilerde, fotovoltaik modüller dizilere bölünmektedir. Her bir fotovoltaik dizi kendine ait bir eviriciye bağlanmaktadır. Böylece her bir fotovoltaik modül dizisinin kendisine ait bir maksimum güç izleme devresi olmaktadır. Dizi evirici teknolojisi modüller arası yanlış eşleşmeyi azaltarak, kısmi gölgelenme, kısmi sıcaklık farkları, modül açısı farkları ve kirlilik derecelerinden kaynaklanan kayıpları düşürmektedir. Dizi eviricilerde diyot olmadığı için diyot kayıpları yoktur. DC kablo boyu kısalmış ve AC kablo boyu uzamış, fotovoltaik dizi geriliminin yüksek olduğu uygulamalarda kablo kayıpları merkezi eviriciye oranla daha azdır.

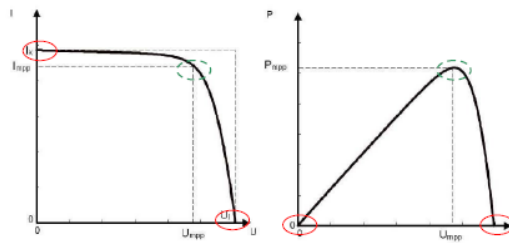
#### 4.2.3 Evirici çalışma konseptleri verimlilik kavramları

MPPT özelliği ile evirici güneş ışınımı ve sıcaklığa bağlı olarak sürekli değişmekte olan maksimum güç noktasını bulmaktadır.



Şekil 4.10 : MMPT'li evirici sistemi

Şekil 4.21'de görüldüğü gibi MPPT algoritması referans çıkışlar alınarak bu referans değerine göre maksimum noktaya artırım miktarına göre sistem düzeltilmektedir. Bu düzeltme işlemi maksimum nokta yakalanana kadar devam etmekte ve bu noktada sistemi tutmaktadır. Işınım şiddetinde değişimler meydana geldiğinde sistem aynı şekilde maksimum noktayı yakalamak için iterasyonlar yapmaktadır.



Şekil 4.11 : Maksimum gücün I-U ve P-U grafiği

Eviriciler daima tam yükte çalışmaz, günün farklı saatlerinde ve farklı mevsimlerde kısmi yük altında çalışırlar. Sonuç olarak, güneş serisi planlanırken veya bir eviriciyi diğeri ile mukayese ederken maksimum verimlilik çok fazla şey ifade etmez. Maksimum verimlilik, eviricinin en verimli olduğu nokta, geniş bir güç aralığı boyunca yüksek verimlilikten daha az önemlidir. Bunun için “European efficiency” oluşturulmuştur.

Denklem 4.1’de görüldüğü gibi European efficiency çeşitli kısmi yükler altında çeşitli verimlilik değerini hesaba katar; amaç Orta Avrupa’da yaygın olan güneş ışınım durumlarında eviricileri mukayese edebilmektir [24].

$$0.03\eta_{\%5}+0.06\eta_{\%10}+0.13\eta_{\%20}+0.1\eta_{\%30}+0.48\eta_{\%50}+0.2\eta_{\%100} \quad (4.1)$$

Burada  $\eta_{\%5}$   $\eta_{\%10}$   $\eta_{\%20}$   $\eta_{\%30}$   $\eta_{\%50}$  : tam yükün %5 %10 %20 %30 %50’sinde etkinliğidir. Güneş eviricileri en yüksek verim oranlarına tam yükte ve tam yükün üstünde %105-110 ulaşırlar. Bu oran kurulu güneş modülü gücünün, toplam evirici gücüne oranıdır. Dolayısıyla bir fotovoltaik güneş enerjisi eviricisi maksimum DC giriş gücünden daha düşük bir yükte yüklendiği takdirde verim düşümüne uğrayacak bunun sonucunda enerji üretim değerleri düşecektir.

#### 4.2.4 Dünya evirici satış trendleri

Uluslararası Pazar Araştırmaları (IMS)’nin yaptığı bir araştırmaya göre, satışlarını açıklamayan firmalarda göz ardı edildiğinde, 2009 yılında evirici satışları, 2008 yılına göre %44 artmıştır. Çizelge 4.3’te %43’lük satış payı ile SMA market lideri olurken, Kaco %11 ile ikinci, Fronius %8,5 ile üçüncü sırada yer almaktadır. SMA’nın 2009 üretim kapasitesi 5GW olup, önümüzdeki 6 yıl boyunca kapasitesini 9GW’a çıkarmayı düşünmektedir. İmalatçı firmaların % 58 Asya ülkeleri, %29 Avrupa, %13 ABD dedir [26].

**Çizelge 4.3 : Dünya evirici satış kapasiteleri**

<b>İmalatçı Firma</b>	<b>2008 satış oranı (MW)</b>	<b>2009 satış oranı (MW)</b>	<b>2010 satış oranı (MW)</b>
SMA	2200	3500	-
KACO	480	900	1300
Fronius	450	700	1400
Power-one	205	460	1000
Siemens	300	350	500
Sputnik Engineering	270	340	470
Ingeteam	365	207	-
Kostal Solar	120	180	375
Voltwerk	200	160	200
Bos Power	50	100	500
Siac	100	100	150
Helios Sistem	112	83	166
Areo Sharp	0,5	30	200
Solutronic	15	22	45
Zigor	40	20	50
Steca	11,8	17,6	28
Solar Edge	-	17	185
Novergy	5	12	18
Leonics	7	4	25
Siliken Electronics	3	2	25
Powercom Co.	0,1	2	10
Ehexny	0,5	2	10
Rexsun	0,4	0,58	0,8
Eastwest Energy	-	0,3	-
Sunways	86	-	150
Advanced Energy	-	-	100
Lt-i	-	-	75
Danfoss Solar	-	-	-
Enphase Energy	-	-	-
Total Energy	-	-	-
Solarbridge Technologies	-	-	-





## 5. TÜRKİYE 7 BÖLGE 2.5MW FOTOVOLTAİK SANTRAL UYGULAMASI POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ

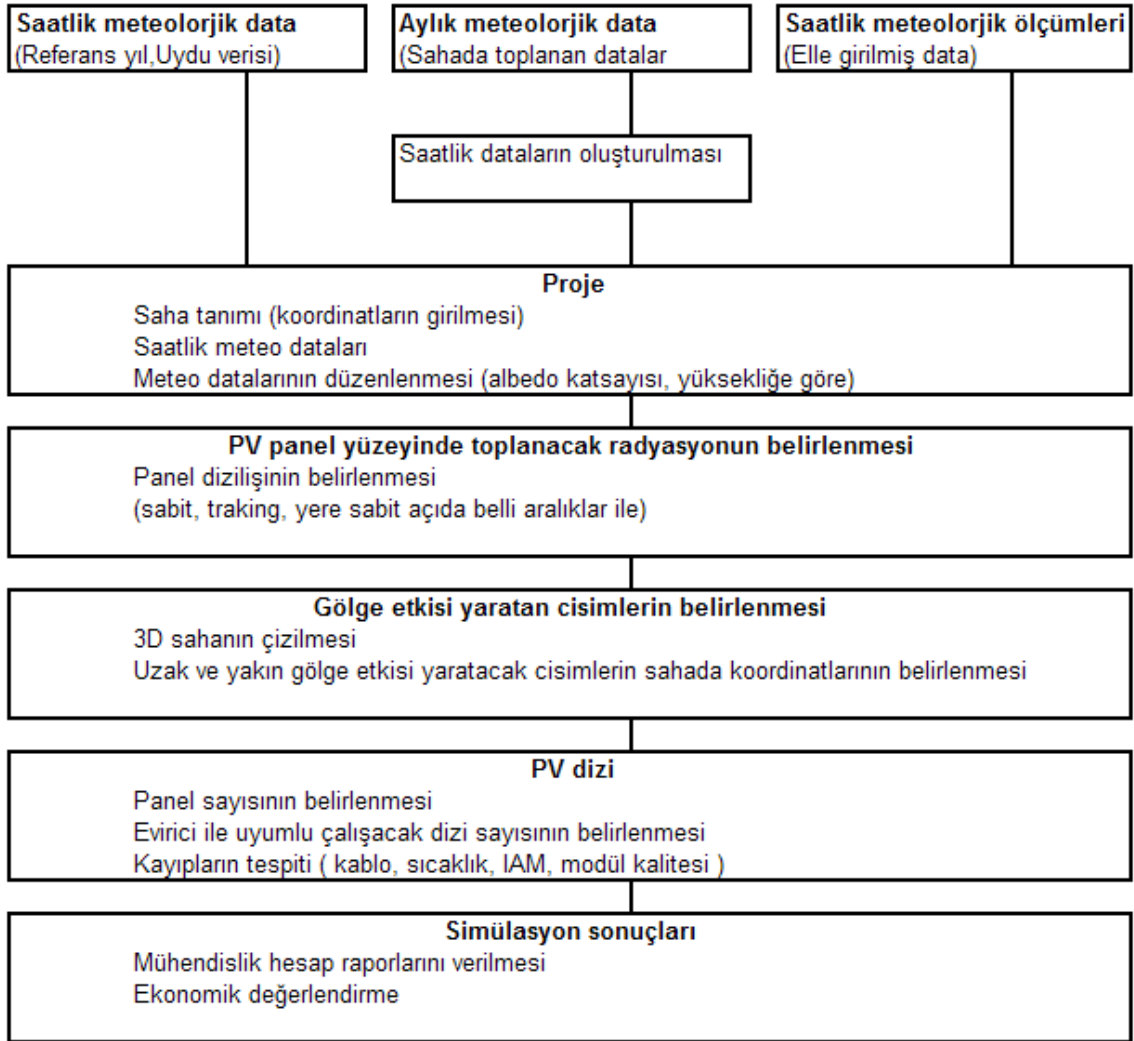
Bu tez çalışmasında Türkiye'nin 7 bölgesini temsil edecek şekilde Antalya, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, İzmir, Konya, Trabzon illeri ele alınmıştır. Her bölge için merkezi evirici kristal modul, dağıtılmış evirici kristal modul, merkezi evirici ince film, dağıtılmış evirici ince film FV santrallerinin PVsyst programı ile yıllık enerji üretim miktarları ve performans oranları hesaplanmıştır. Önerilen 4 farklı santral teknik ve ekonomik bakımdan karşılaştırılmış, her bölge için üretilen elektriğin kWh maliyeti hesaplanmıştır. 28 durum çizelge 5.1'de yer almaktadır.

**Çizelge 5.1 : 28 farklı durum**

Durum	No	İl	Santral Modeli
DURUM	1	Antalya	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	2	Bursa	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	3	Diyarbakır	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	4	Erzurum	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	5	İzmir	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	6	Konya	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	7	Trabzon	Merkezi evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	8	Antalya	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	9	Bursa	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	10	Diyarbakır	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	11	Erzurum	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	12	İzmir	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	13	Konya	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	14	Trabzon	Dağıtılmış evirici mono kristal modul FV santral
DURUM	15	Antalya	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	16	Bursa	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	17	Diyarbakır	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	18	Erzurum	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	19	İzmir	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	20	Konya	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	21	Trabzon	Merkezi evirici ince film modul FV santral
DURUM	22	Antalya	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral
DURUM	23	Bursa	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral
DURUM	24	Diyarbakır	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral
DURUM	25	Erzurum	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral
DURUM	26	İzmir	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral
DURUM	27	Konya	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral
DURUM	28	Trabzon	Dağıtılmış evirici ince film modul FV santral

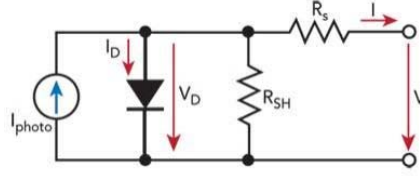
## 5.1 PVsyst Programı İle Sistem Kayıplarının Belirlenmesi

PVsyst, İsviçre Geneve Üniversitesi tarafından geliştirilen bir solar simülatördür. 3 boyutlu gölge analizine izin veren, FV kompenetlerinin üretim datalarının güncellenebildiği bir programdır. Programın çalışmasına ait akış diyagramı Şekil 5.1'deki gibidir.



Şekil 5.1 : PVSYST programı çalışma akış diyagramı

PV syst FV modülü tanımlarken şekil.5.2 de görüldüğü gibi tek diyot modelini referans alır. Bu model tek hücre üzerinde geliştirilmiştir ve tüm hücrelerin aynı eğilimi göstereceği kabul edilmiştir. Denklem (5.1) ve denklem (5.2) tek diyot modelinin açıklamaktadır [27].



**Şekil 5.2 : Tek diyot FV modül modeli**

$$I = I_{ph} - I_0 \left[ \exp \left( \frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{N_{cs} \cdot \gamma \cdot k \cdot T_c} \right) - 1 \right] - (V + I \cdot R_s) / R_{sh} \quad (5.1)$$

Burada;

I: modül tarafından sağlanan akım (A)

V: modül terminallerinde okunan gerilim (V)

I<sub>ph</sub>: foton akımının radyasyon G ve T<sub>c</sub> düzeltme faktörüne göre fonksiyonu

Diyot akımı:  $I_0(\exp(V/mV_t)-1)$

I<sub>0</sub>: diyot ters akım satürasyonu sıcaklığa bağlı (A)

(1.12 eV kristal Si için, 1.03 eV CIS için, 1.7 eV Amorf silikon için, 1.5 eV CdTe için)

R<sub>s</sub>: seri direnç

R<sub>sh</sub>: paralel direnç

q: elektron yükü 1.602·E-19 Coulomb

k: Boltzmann sabiti 1.381 E-23 J/K

γ : kalite faktörü (1-2 arası)

N<sub>cs</sub>: seri bağlı hücre sayısı

T<sub>c</sub>: hücre efektif sıcaklığı (Kelvin)

$$I_{ph} = (G / G_{ref}) \cdot [ I_{ph_{ref}} + m_{ISC} (T_c - T_{c_{ref}}) ] \quad (5.2)$$

G: efektif radyasyon (W/m<sup>2</sup>)

G<sub>ref</sub>: referans radyasyon (W/m<sup>2</sup>)

m<sub>ISC</sub>: sıcaklığa bağlı kısa devre katsayısı

FV santral kayıplarını, termal kayıplar, dizi geliş açısı değişimi, kablo kayıpları, modül kalite kayıpları, dizi yanlış eşleme kayıpları oluşturmaktadır. Denklem 5.3 ve 5.4 ise termal kayıp hesabını göstermektedir [27].

$$k \cdot (T_{cell} - T_{amb}) = \alpha \cdot G_{inc} \cdot (1 - E_{ffic}) \quad (5.3)$$

$$k = U_c + U_v \cdot v \quad (5.4)$$

$\alpha$  : Apsorb katsayısı solar radyasyona bağlı değişken (PV syst programında 0,9 alınmıştır)

$E_{ffic}$ : Modül verimliliği  $m^2$ 'de modülden elde edilen enerji miktarı

k: Modülün ısı transfer katsayısı ( $U$  [ $W/m^2 \cdot K$ ],  $v$ : rüzgâr viskozitesi [ $m/s$ ])

$U_c$ : malzeme katsayısı

$U_v$ : rüzgâr viskozitesi ile orantılı değişken

Bu faktörler modülün montaj şekline göre değişmektedir. Gölgeleme, çatı, cephe gibi serbest sirkülasyon için katsayılar iki yüzey içinde aynı alınır. Örneğin modül alanının iki katı alınır. Eğer modülün arka yüzeyi yeteri kadar havalandırılmıyorsa yarısı alınır [27].

Dizi geliş açısı değişim kayıpları (Incidence Angle Modifier, IAM) koruyucu camın üzerine gelen ışığın geliş açısına bağlı olarak, ışığın yansıma ve iletiminin değişimidir [27]. Denklem 5.5 Frensel kanununa göre;

$$IAM : 1 - b_0 \cdot (1/\cos i - 1) \quad (5.5)$$

$i$ : geliş açısı,

$b_0$ : kırılma indeksi

Temperli cam için  $b_0$  0,1 alınır. Ancak yapılan deneyler sonucu camın hücre ile temas eden kısmının kırılma (refraction) indeksinin daha yüksek olduğu görülmüş bu yüzden hesaplarda  $b:0,05$  alınmaktadır [27].

Kablo kayıpları, kablo direncinden dolayı kablo üzerinde oluşan ısı kayıplarıdır. FV sistemlerde maksimum akımda AC ve DC kablo kayıpları gerilim düşümü en fazla %2'yi geçmeyecek şekilde boyutlandırılır.

Aynı güç değerine sahip güneş gözelerinden üretilen güneş modülleri her zaman gözelerin güç toplamı kadar enerji üretmemektedir. Modül akımı, seri dizili güneş gözelerinden en düşük akım değerine sahip güneş gözesi tarafından belirlenmektedir. Bu tip kayıplar modül kalite kayıpları olarak adlandırılmaktadır.

Bir dizideki modüller gerçekte her zaman aynı I/U özelliklerini vermezler. Bu yüzden simülasyon yaparken program grafik aracı bir dizinin gerçekçi davranış görüntülenmesi için, modüllerin kısa devre özelliklerini rasgele dağılım ile görselleştirir. PVsyst MPPT çalışma modunda yanlış eşleşme güç kayıplarını %1 almaktadır [27].

## **5.2 Performans karşılaştırma yöntemleri**

FV Santrallerin enerji üretim değerleri, dizayn teknolojisi, coğrafik konumuna göre değişkenlik gösterir [28].

Bu tez çalışmasında; kurulacak FV santrallerin enerji üretimi, güneşlenme süreleri, Bölüm 5.1'de yer alan sistem kayıplarının hesaplarından sonra sistem verimliliği, referans verimlilik, performans oranları karşılaştırılacaktır.

Hesapların doğru yapılması, FV endüstrisinin gelişmesi açısından önemlidir. Performans hesapları, kurulumu yapacak olan entegratör ve kullanıcıların gelecek tahminleri yapma, karar verme ve sistemlerin kredilendirilebilmesi için çok önemlidir.

IEC 61724'e göre farklı FV sistemleri karşılaştırmak için, toplam üretim, kaynak verimliliği ve sistem verimliliği karşılaştırılır [28].

Yf: Nihai FV sistem verimi, sistem boyutuna göre enerji üretimini karşılaştırır. Farklı sistem boyutlarını karşılaştırmak için kullanılan bir yöntemdir. Pv sistemin nominal güçte aynı enerjiyi üretebilmesi için kaç saat çalışması gerektiğini verir [28].

Denklemler 5.6'da yer alan, E; yıllık üretilen net enerji (kWh),  $P_o$  ise kurulu FV sistem gücüdür (kW).

$$Y_f = \frac{E}{P_o} \text{ (kWh/kW)} \quad (5.6)$$

$Y_r$ : referans verim, referans radyasyonda toplam çalışma saatlerini verir. Denklem 5.7'de yer alan H toplam yüzey radyasyonunu ( $\text{kWh/m}^2$ ) G ise referans radyasyonu verir ( $\text{kW/m}^2$ )  $Y_r$ , FV sistem koordinatları, aydan aya, yıldan yıla hava değişikliklerinin bir fonksiyonudur [28].

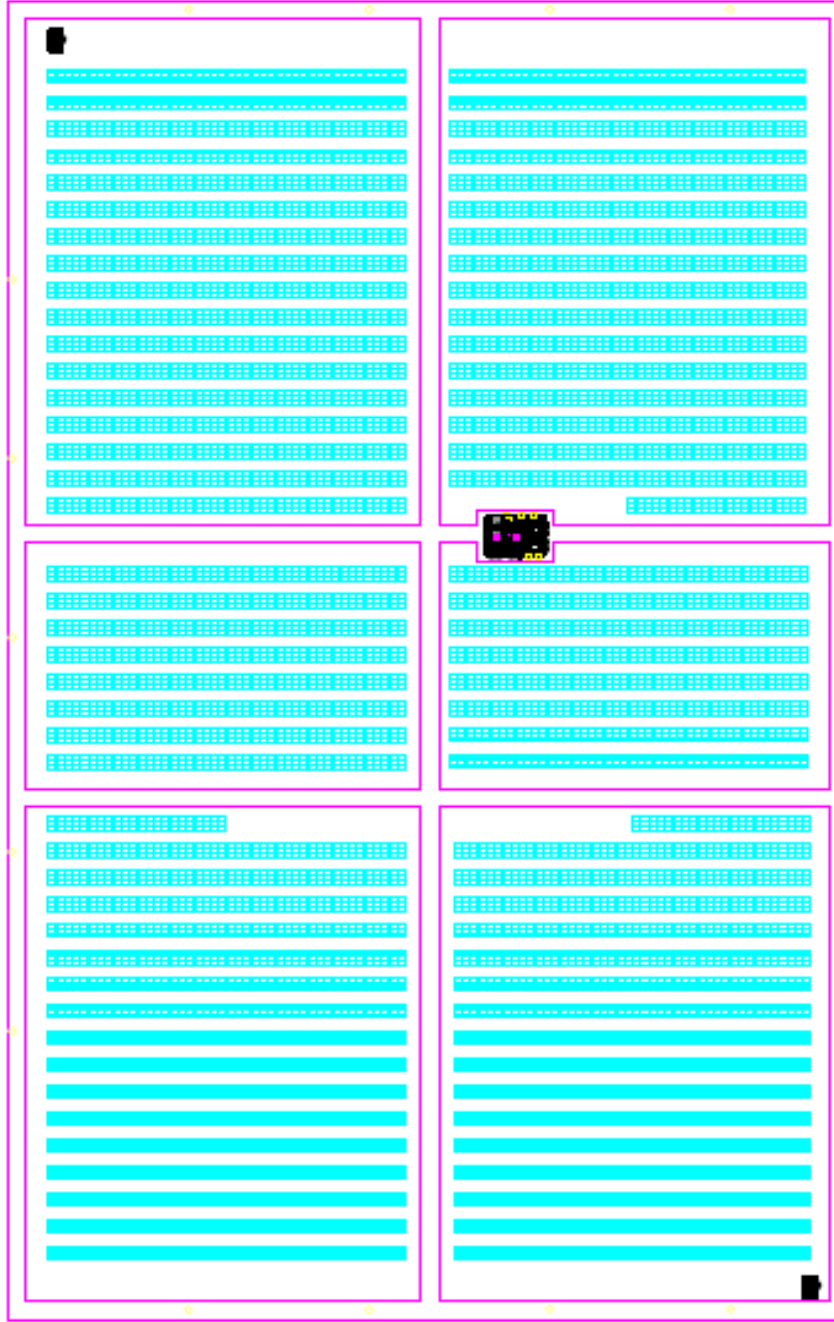
$$Y_r = \frac{H}{G} \text{ (h)} \quad (5.7)$$

PR: Güneş radyasyonunun normalizasyonunun ve tüm kayıpların çıkış gücüne etkisini açıklar. Evirici verimliliği, kablo ve yanlış eşleştirme kayıpları, DC-AC çevirme kayıpları, modül sıcaklığı, kirlilik, sistem arızaları gibi. Denklem 5.8'de belirtildiği gibi nihai FV sistem veriminin, referans verime oranıdır. Bu değer genellikle aylık ve yıllık veriler olarak yayınlanır. Haftalık günlük yayınlar sistemin arıza sıklığını izlemek için yararlıdır. PR değeri, kışın yaz mevsimine göre daha yüksektir. Yaklaşık 0,6-0,8 arasında değişir [28].

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (5.8)$$

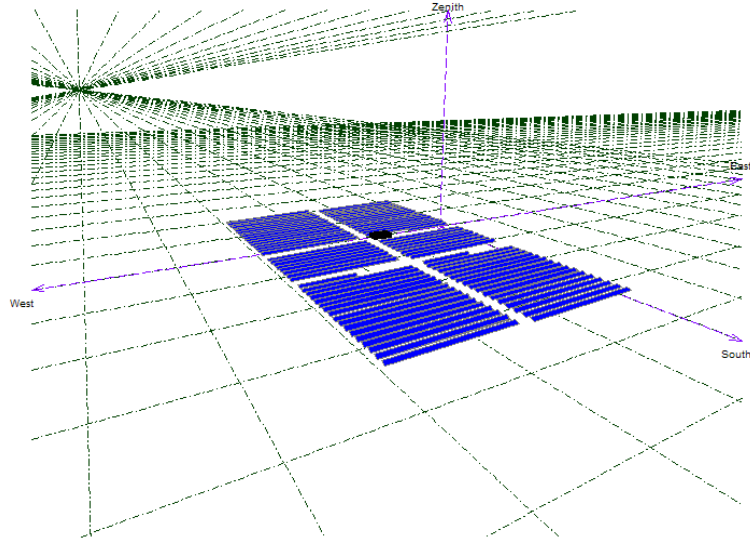
### **5.3 7 Bölge 2.5MW Merkezi Evirici Kristal Modül Fotovoltaik Santral Potansiyelleri**

Merkezi evirici kristal modül fotovoltaik santral simülasyonunda modüller 25 derecelik açı ile tam güneye yönlendirilmişlerdir. EK-A 'da yer alan 230Wp Yingli marka FV modülden 10868 adet ve EK-B'de yer alan SMA Suny central 500-HE merkezi eviriciden 5 adet kullanılmıştır. FV santral 54.782m<sup>2</sup>'lik yer kaplamaktadır. Modül dizileri arasında birbirleri üzerine gölge düşürmeyecek şekilde 6m'lik boşluklar bırakılmıştır. Modül dizileri 3 adet üst üste olmak üzere yan yana dizilerek oluşturulmuştur. Toplam paralel bağlı kol sayısı 494 olup her bir kol 22 adet modülün seri bağlanmasından oluşmaktadır. 4 adet eviriciye 99 paralel kol, 1 adet eviriciye ise 98 paralel kol bağlanmaktadır. Merkezi evirici kristal modül yerleşim planı ve perspektifi sırasıyla şekil 5.3 ve şekil 5.4'de yer almaktadır. Şekil 5.5-5.18 arasında ise durum 1-2-3-4-5-6-7'ye ait merkezi evirici kristal modül fotovoltaik santral performans oranı ve tüm kayıplarda sonra enerji üretim değerleri yer almaktadır.



Şekil 5.3 : Merkezi evirici kristal modül FV santral yerleşim planı





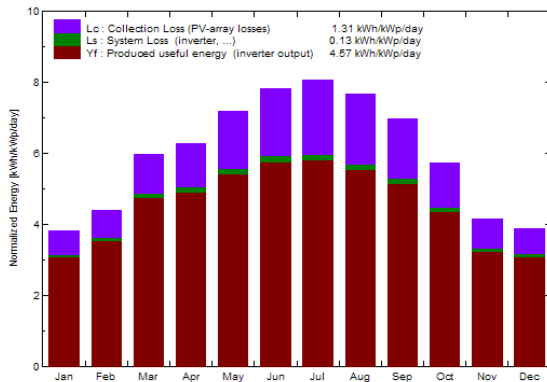
**Şekil 5.4 :** Merkezi evirici kristal modül FV santral yerleşim perspektifi  
DURUM -1 Antalya merkezi evirici kristal modül FV santral

**Project :** ANTALYA K.MER 2500  
**Simulation variant :** ANTALYA K.MER 2500

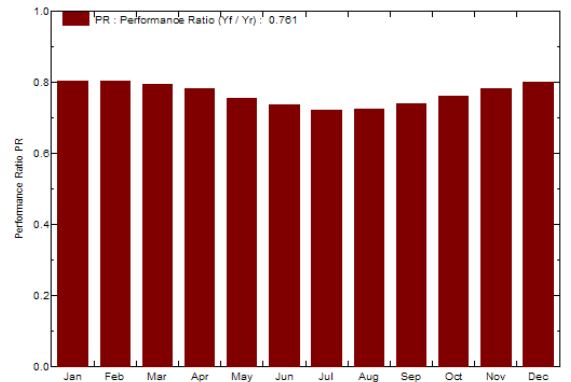
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10868	Pnom total <b>2500 kWp</b>
Inverter		Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	4170 MWh/year	Specific prod.	1668 kWh/kWp/year
System Production	Performance Ratio PR		76.1 %		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2500 kWp**



**Performance Ratio PR**

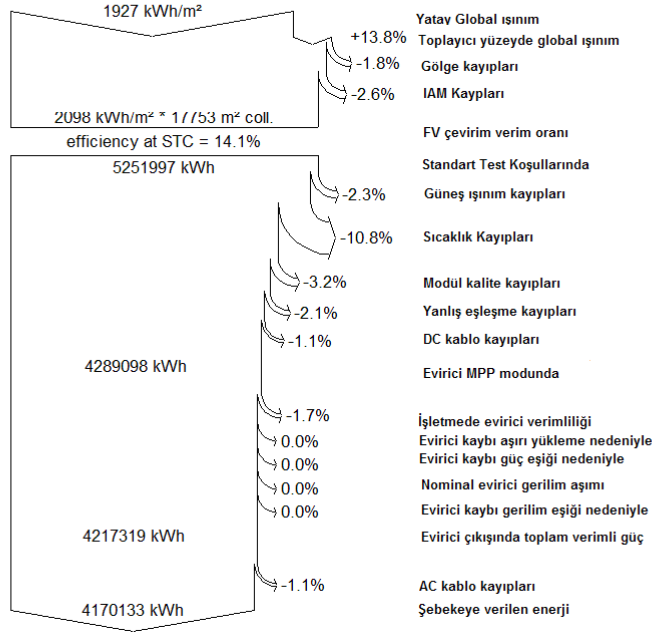


**Şekil 5.5 :** Durum-1 Antalya merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **ANTALYA K.MER 2500**  
Simulation variant : **ANTALYA K.MER 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10868
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11
Inverter pack	Nb. of units	5.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
	azimuth	0°
	Pnom	230 Wp
	Pnom total	<b>2500 kWp</b>
	Pnom	500 kW ac
	Pnom total	<b>2500 kW ac</b>

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.6 : Durum-1 Antalya merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -2 Bursa merkezi evirici kristal modül FV santral

**Project :** BURSA K.MER 2500

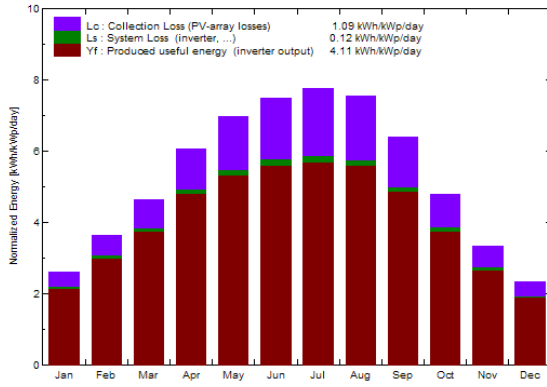
**Simulation variant :** BURSA K.MER 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
<b>Near Shadings</b>		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10868	Pnom total <b>2500 kWp</b>
Inverter		Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

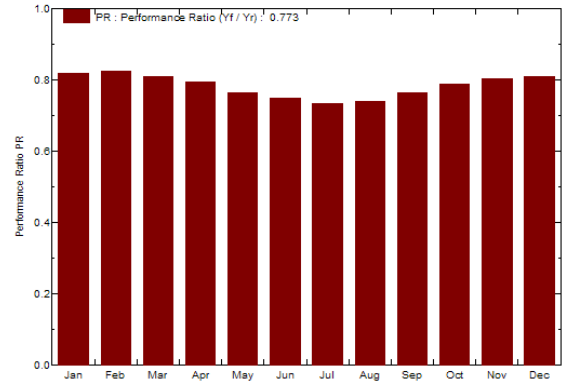
  

Main simulation results		Produced Energy	3752 MWh/year	Specific prod.	1501 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	77.3 %		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2500 kWp**



**Performance Ratio PR**

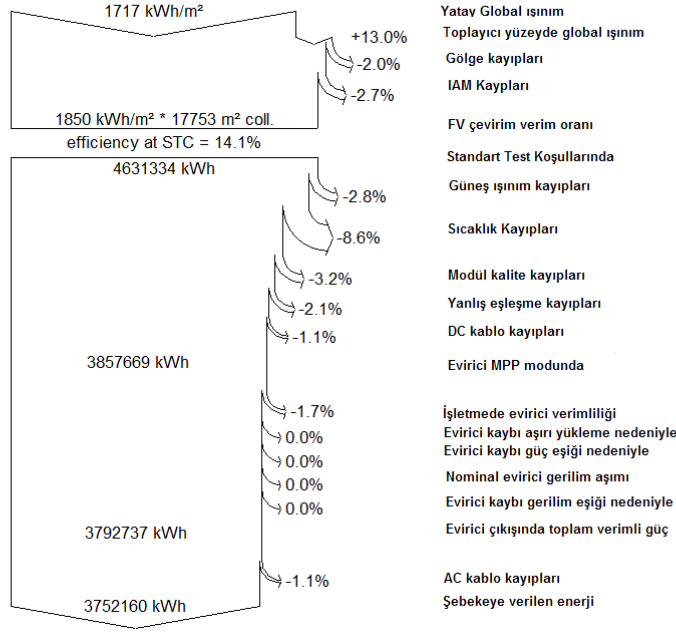


**Şekil 5.7 :** Durum-2 Bursa merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : BURSA K.MER 2500  
Simulation variant : BURSA K.MER 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10868
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11
Inverter pack	Nb. of units	5.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 230 Wp
		Pnom total 2500 kWp
		Pnom 500 kW ac
		Pnom total 2500 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.8 : Durum-2 Bursa merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM-3 Diyarbakır merkezi evirici kristal modül FV santral

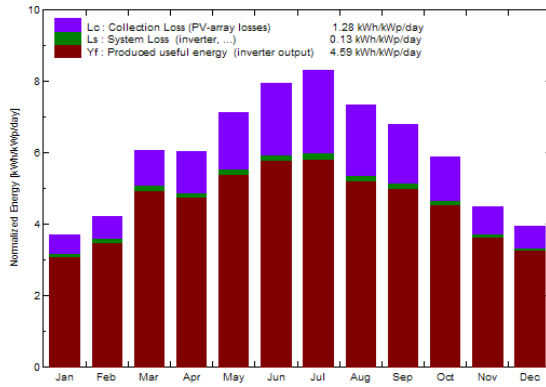
**Project :** DIYARBAKIR K.MER 2500

**Simulation variant :** DIYARBAKIR K.DAG 2500

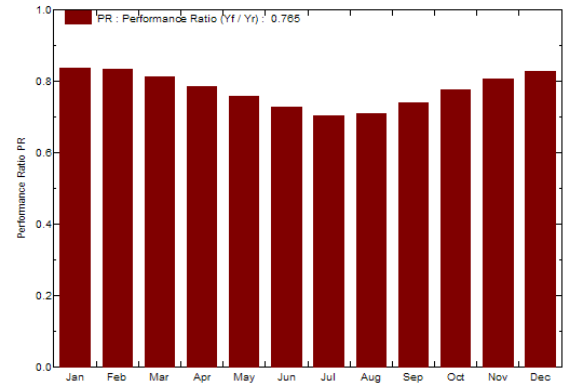
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10868	Pnom total 2500 kWp
Inverter		Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	5.0	Pnom total 2500 kW ac
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	4190 MWh/year	Specific prod.	1676 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	76.5 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2500 kWp



Performance Ratio PR

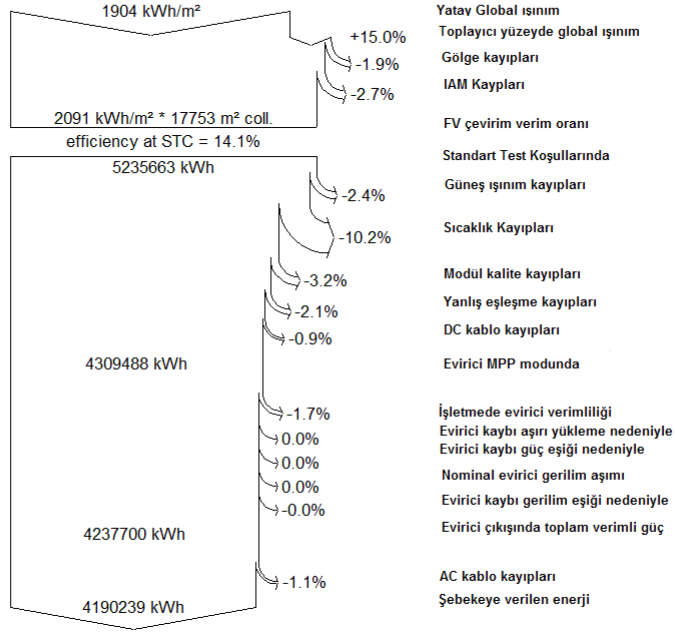


**Şekil 5.9 :** Durum-3 Diyarbakır merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **DIYARBAKIR K.MER 2500**  
Simulation variant : **DIYARBAKIR K.DAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	YL230P-29b	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10868	Pnom total	<b>2500 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom	500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	<b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

#### Loss diagram over the whole year



**Şekil 5.10** : Durum-3 Diyarbakır merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM-4 Erzurum merkezi evirici kristal modül FV santral

**Project :** ERZURUM K.MER 2500

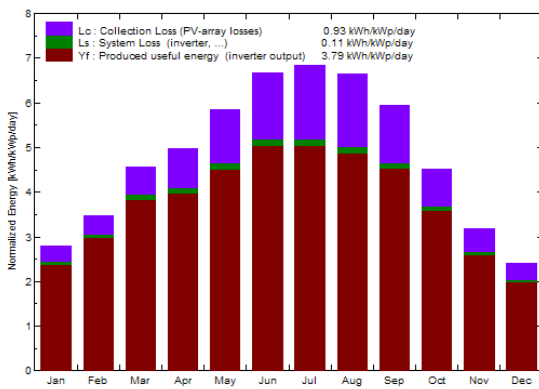
**Simulation variant :** ERZURUM K.MER 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10868	Pnom total <b>2500 kWp</b>
Inverter		Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

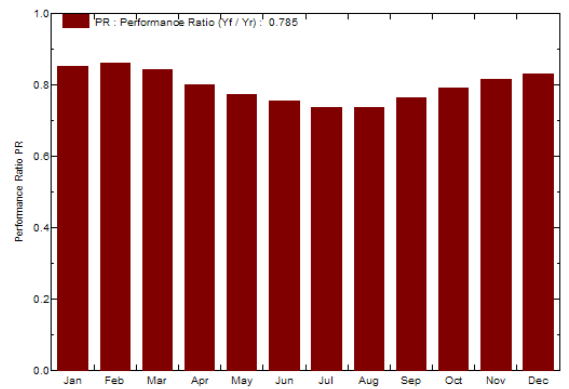
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>3459 MWh/year</b>	Specific prod.	1384 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR</b>	<b>78.5 %</b>		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2500 kWp



Performance Ratio PR

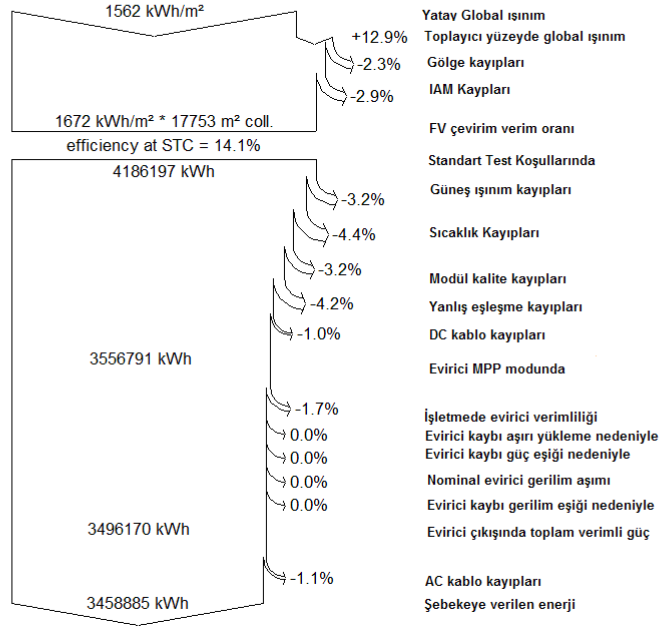


**Şekil 5.11 :** Durum-4 Erzurum merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : ERZURUM K.MER 2500  
Simulation variant : ERZURUM K.MER 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10868
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11
Inverter pack	Nb. of units	5.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 230 Wp
		Pnom total 2500 kWp
		Pnom 500 kW ac
		Pnom total 2500 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.12 : Durum-4 Erzurum merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi



## DURUM-5 İzmir merkezi evirici kristal modül FV santral

**Project :** IZMIR K.MER 2500

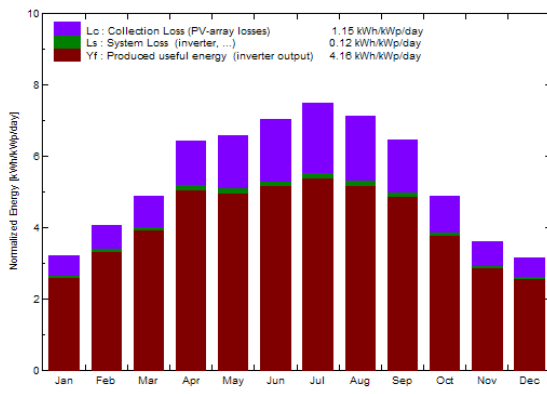
**Simulation variant :** IZMIR K.MER 2500

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	YL230P-29b	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10868	Pnom total	<b>2500 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom	500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	<b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

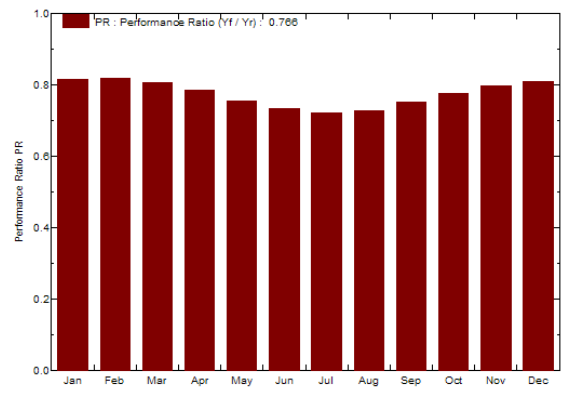
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>3792 MWh/year</b>	Specific prod.	1517 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR</b>	<b>76.6 %</b>		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2500 kWp**



**Performance Ratio PR**

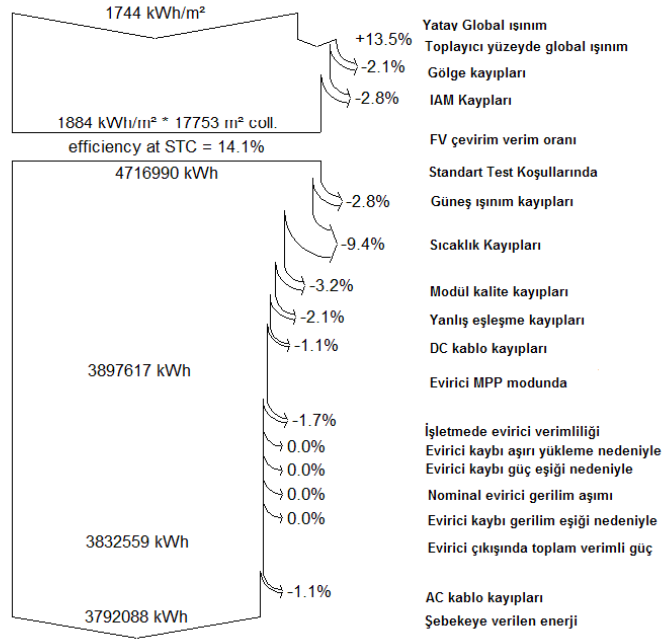


**Şekil 5.13 :** Durum-5 İzmir merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : IZMIR K.MER 2500  
Simulation variant : IZMIR K.MER 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	YL230P-29b Pnom 230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10868 Pnom total 2500 kWp
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 2500 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.14 : Durum-5 İzmir merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM-6 Konya merkezi evirici kristal modül FV santral

**Project :** KONYA K.MER 2500

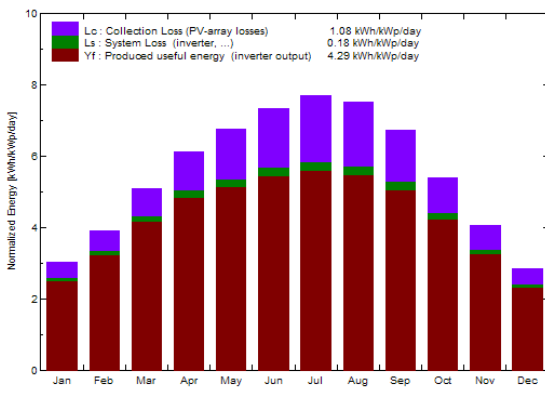
**Simulation variant :** KONYA K.MER 2500

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	YL230P-29b	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10912	Pnom total	<b>2510 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom	500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	<b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

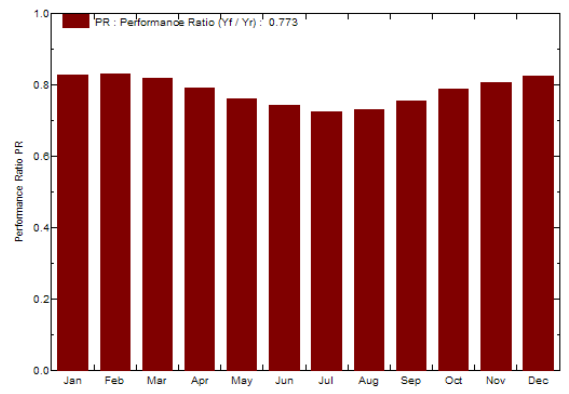
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>3934 MWh/year</b>	Specific prod.	1568 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR</b>	<b>77.3 %</b>		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2510 kWp**



**Performance Ratio PR**

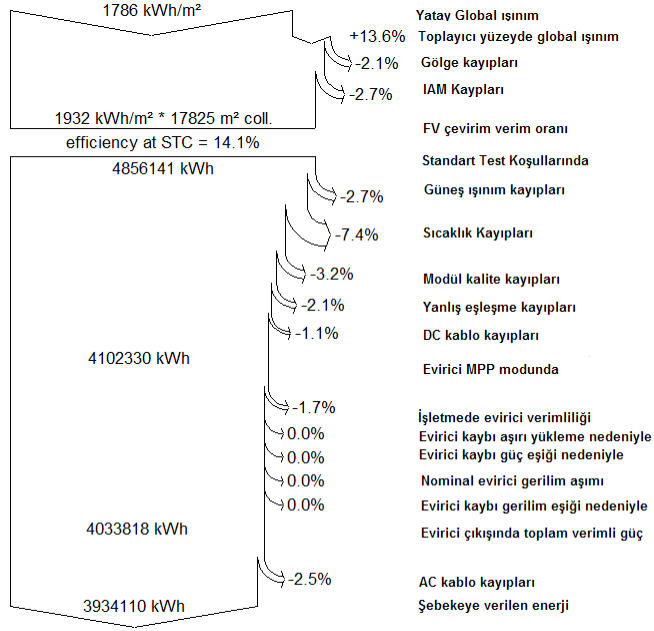


**Şekil 5.15 :** Durum-6 Konya merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : KONYA K.MER 2500  
Simulation variant : KONYA K.MER 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	YL230P-29b Pnom 230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10912 Pnom total 2510 kWp
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 2500 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.16 : Durum-6 Konya merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

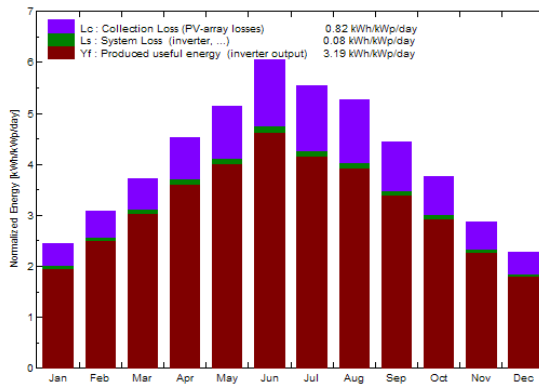
## DURUM -7 Trabzon merkezi evirici kristal modül FV santral

**Project :** TRABZON K.MER 2500  
**Simulation variant :** TRABZON K.MER 2500

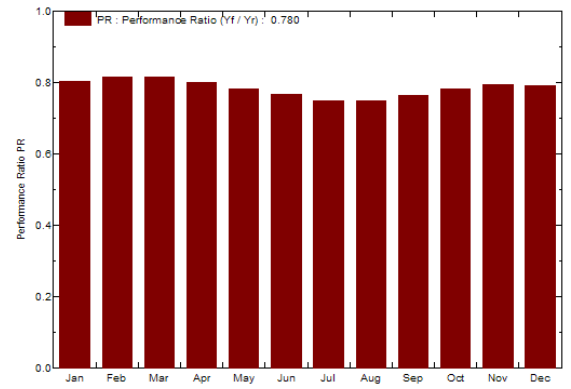
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	YL230P-29b	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10868	Pnom total	<b>2500 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom	500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	<b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results		Produced Energy	Specific prod.
System Production	Performance Ratio PR	<b>2914 MWh/year</b> 78.0 %	1166 kWh/kWp/year

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2500 kWp



Performance Ratio PR

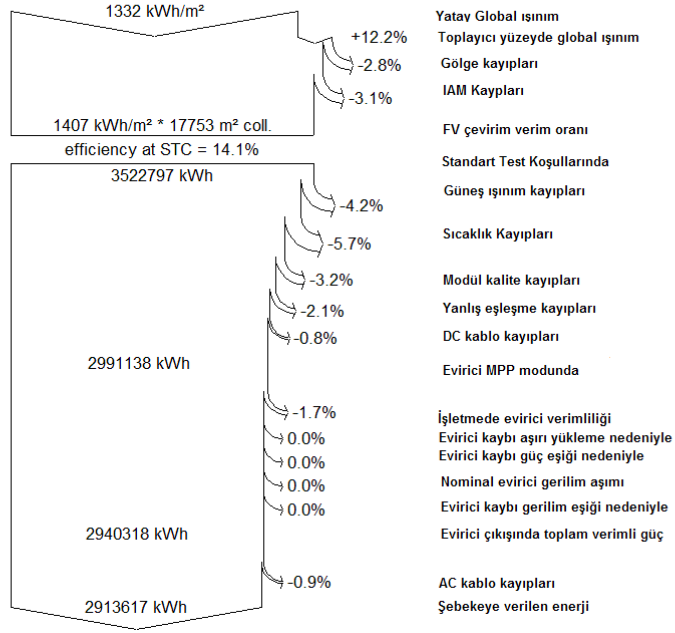


**Şekil 5.17 :** Durum-7 Trabzon merkezi evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **TRABZON K.MER 2500**  
Simulation variant : **TRABZON K.MER 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	YL230P-29b Pnom 230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10868 Pnom total <b>2500 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)	

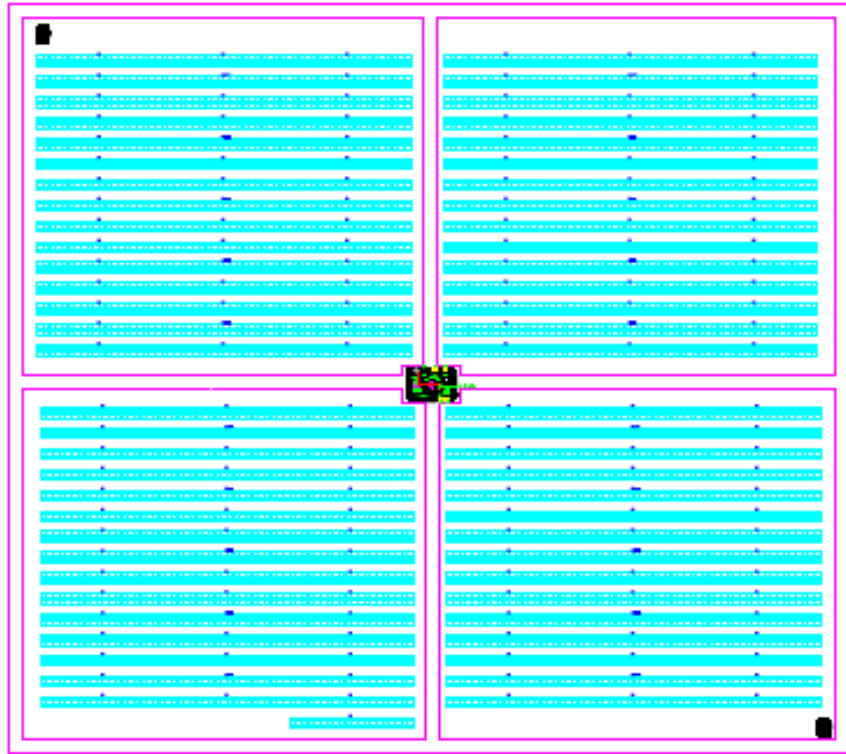
#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.18 : Durum-7 Trabzon merkezi evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

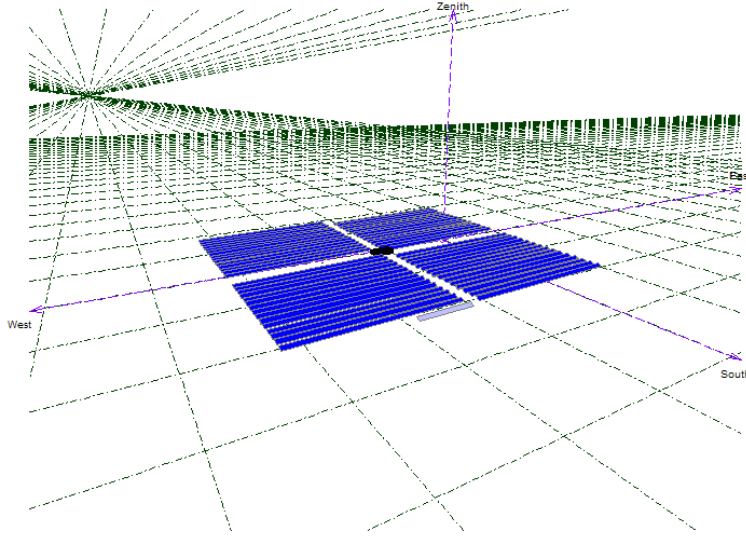
#### 5.4 7 Bölge 2.5MW Dağıtılmış evirici Kristal Modül Fotovoltaik Santral Potansiyelleri

Dağıtılmış evirici kristal modül fotovoltaik santral simülasyonunda modüller 25 derecelik açı ile tam güneye yönlendirilmişlerdir. EK-A 'da yer alan 230Wp Yingli marka FV modülden 10860 adet ve EK-C'de yer alan Powerone 12.5 13kW'lık eviriciden 181 adet kullanılmıştır. FV santral 53.023m<sup>2</sup>'lik yer kaplamaktadır. Modül dizileri arasında birbirleri üzerine gölge düşürmeyecek şekilde 6m'lik boşluklar bırakılmıştır. Modül dizileri 3 adet üst üste olmak üzere yan yana dizilerek oluşturulmuştur. Toplam paralel bağlı kol sayısı 543 olup her bir kol 20 adet modülün seri bağlanmasından oluşmaktadır. Her bir eviriciye 3 adet paralel kol bağlanmaktadır. Dağıtılmış evirici kristal modül yerleşim planı şekil 5.19 yer almaktadır. Şekil 5.21-5.34 arasında ise durum 8-9-10-11-12-13-14'e ait dağıtılmış evirici kristal modül fotovoltaik santral performans oranı ve tüm kayıplarda sonra enerji üretim değerleri yer almaktadır



Şekil 5.19 : Dağıtılmış evirici kristal modül FV santral yerleşim planı

Şekil 5.20’de ise dağıtılmış evirici kristal modül fotovoltaik santralin gölge simülasyonunu yapabilmek için oluşturulmuş, yerleşim planının perspektifi yer almaktadır.



Şekil 5.20 : Dağıtılmış evirici kristal modül FV santral yerleşim perspektifi



## DURUM -8 Antalya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** ANTALYA K.DAG 2500

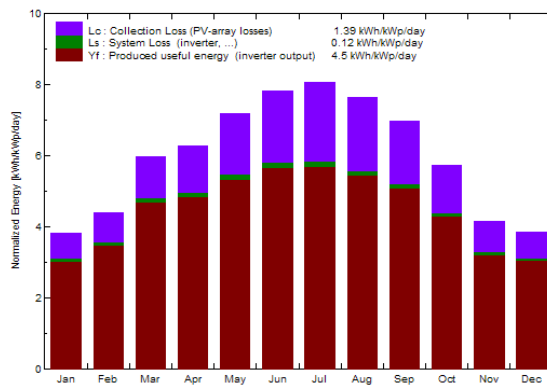
**Simulation variant :** ANTALYA K.DAG 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10860	Pnom total <b>2498 kWp</b>
Inverter		Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom 13 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	181.0	Pnom total <b>2353 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

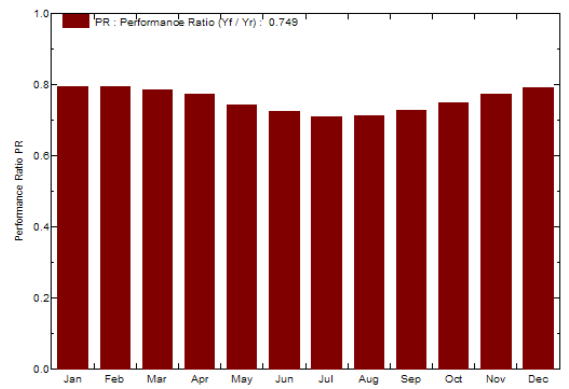
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>4104 MWh/year</b>	Specific prod.	1643 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	74.9 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp



Performance Ratio PR

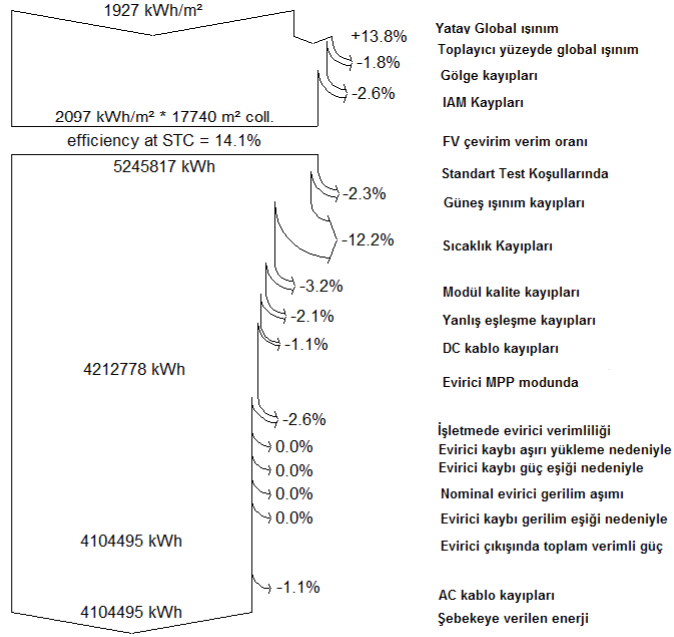


**Şekil 5.21 :** Durum-8 Antalya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **ANTALYA K.DAG 2500**  
Simulation variant : **ANTALYA K.DAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10860
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD
Inverter pack	Nb. of units	181.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 230 Wp
		Pnom total <b>2498 kWp</b>
		Pnom 13 kW ac
		Pnom total <b>2353 kW ac</b>

### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.22 : Durum-8 Antalya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

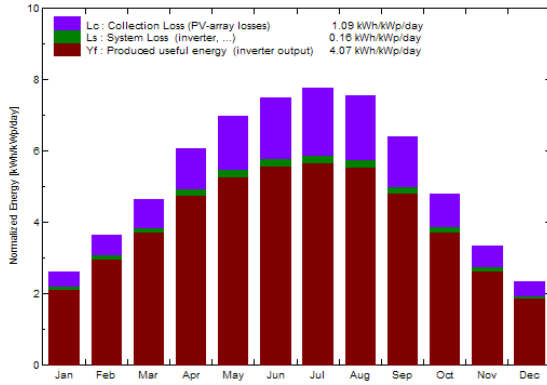
## DURUM -9 Bursa dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** BURSA K.DAG  
**Simulation variant :** BURSA K.DAG 2500

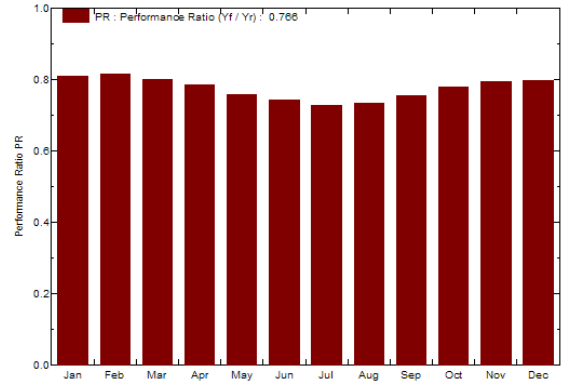
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10860	Pnom total <b>2498 kWp</b>
Inverter		Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom 13 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	181.0	Pnom total <b>2353 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	3713 MWh/year	Specific prod.	1487 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	76.6 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp



Performance Ratio PR

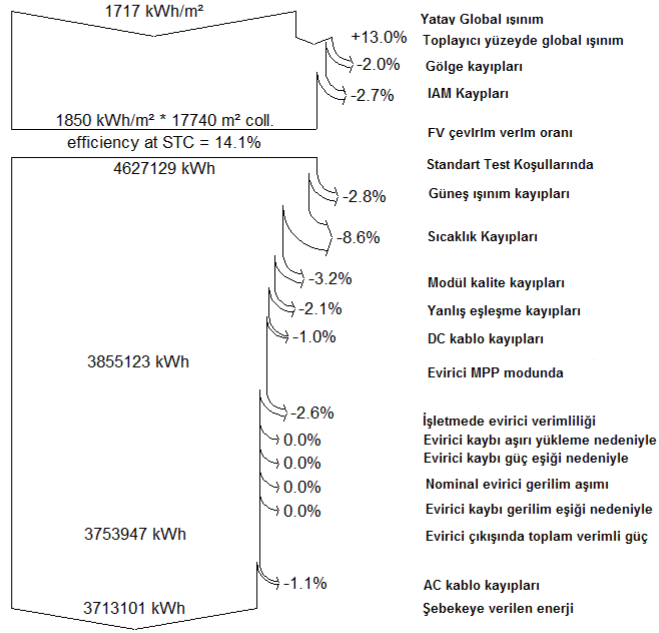


Şekil 5.23 : Durum-9 Bursa dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : BURSA K.DAG  
Simulation variant : BURSA K.DAG 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10860
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD
Inverter pack	Nb. of units	181.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
	azimuth	0°
	Pnom	230 Wp
	Pnom total	2498 kWp
	Pnom	13 kW ac
	Pnom total	2353 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.24 : Durum-9 Bursa dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -10 Diyarbakır dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** DIYARBAKIR K.DAG 2500

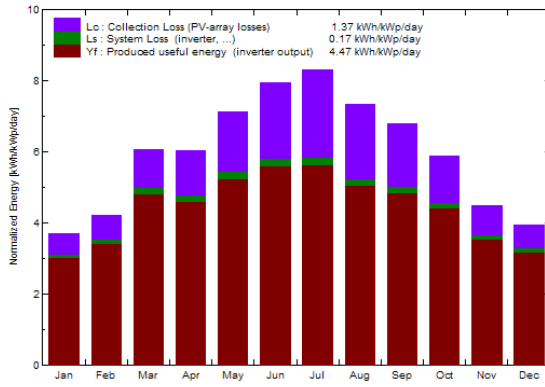
**Simulation variant :** DIYARBAKIR K.DAG 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10860	Pnom total <b>2498 kWp</b>
Inverter		Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom 13 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	181.0	Pnom total <b>2353 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

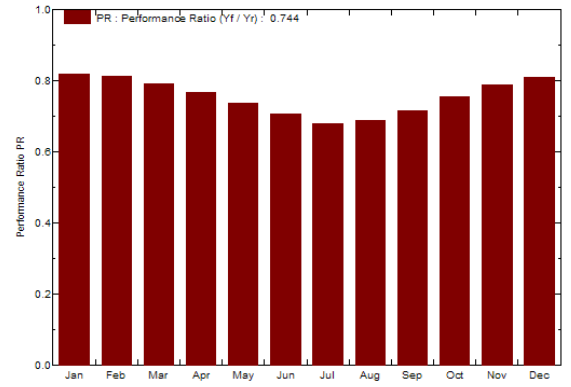
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>4072 MWh/year</b>	Specific prod.	1630 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	74.4 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp



Performance Ratio PR

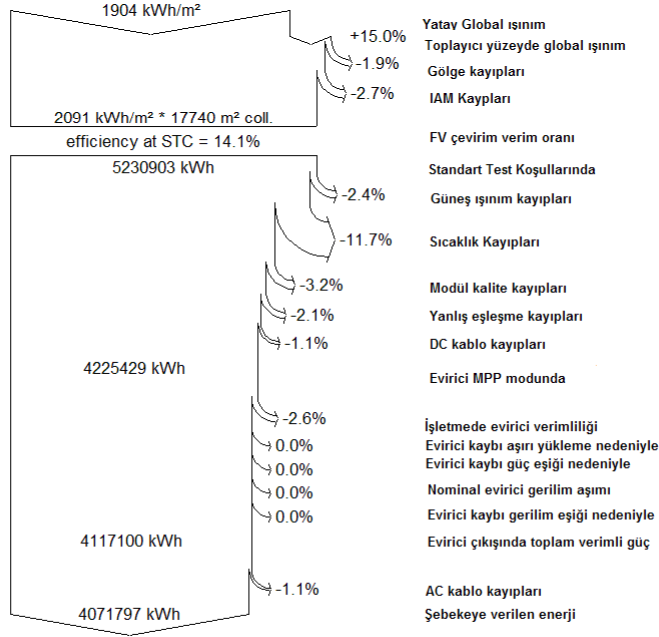


**Şekil 5.25 :** Durum-10 Diyarbakır dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **DIYARBAKIR K.DAG 2500**  
Simulation variant : **DIYARBAKIR K.DAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10860
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD
Inverter pack	Nb. of units	181.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
	azimuth	0°
	Pnom	230 Wp
	Pnom total	<b>2498 kWp</b>
	Pnom	13 kW ac
	Pnom total	<b>2353 kW ac</b>

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.26 : Durum-10 Diyarbakır dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

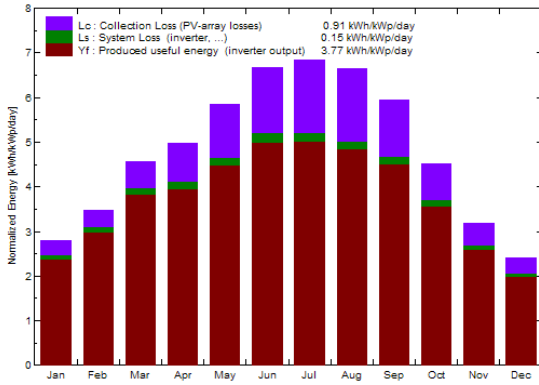
## DURUM -11 Erzurum dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** ERZURUM K.DAG 2500  
**Simulation variant :** ERZURUM DAG

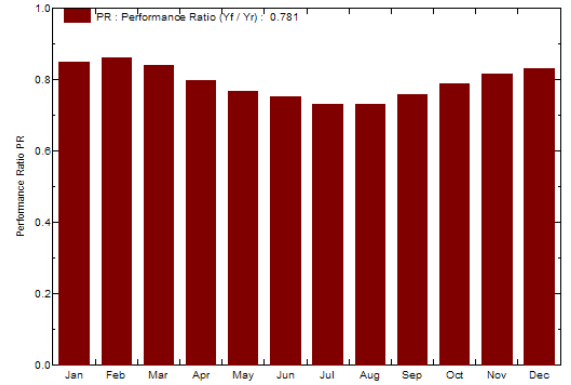
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10860	Pnom total <b>2498 kWp</b>
Inverter		Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom 13 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	181.0	Pnom total <b>2353 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	3439 MWh/year	Specific prod.	1377 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	78.1 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp



Performance Ratio PR

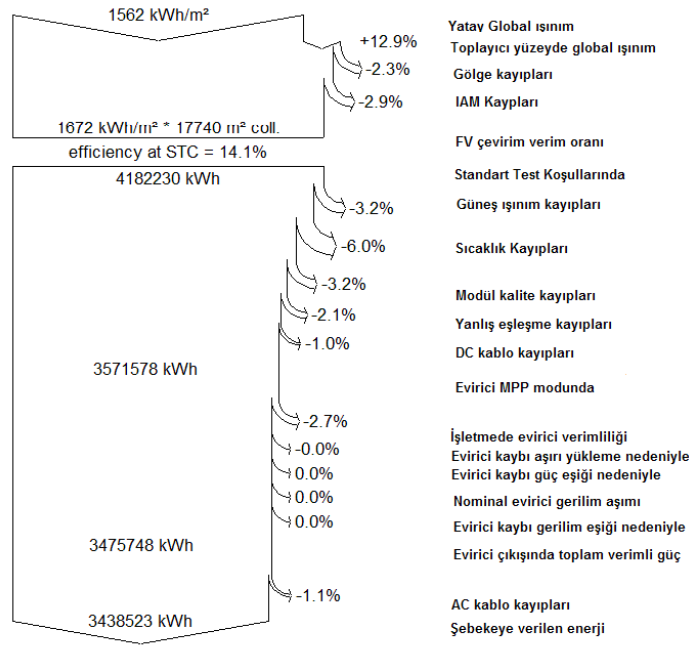


Şekil 5.27 : Durum-11 Erzurum dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : ERZURUM K.DAG 2500  
Simulation variant : ERZURUM DAG

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10860
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD
Inverter pack	Nb. of units	181.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 230 Wp
		Pnom total 2498 kWp
		Pnom 13 kW ac
		Pnom total 2353 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.28 : Durum-11 Erzurum dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi



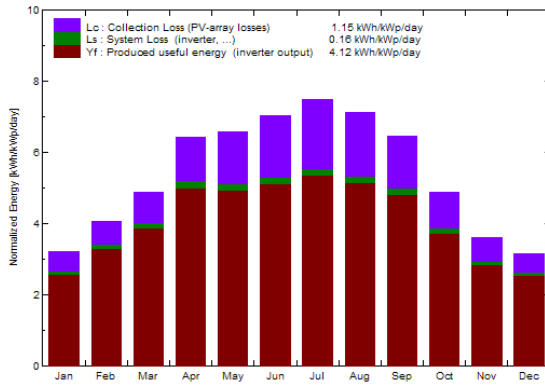
## DURUM -12 İzmir dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** IZMIR K.DAG 2500  
**Simulation variant :** New simulation variant

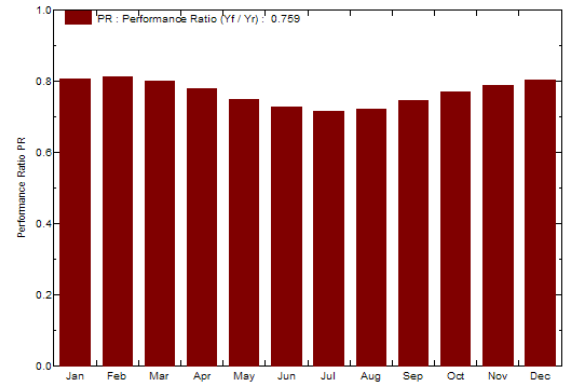
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	YL230P-29b	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10860	Pnom total	<b>2498 kWp</b>
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom	13 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	181.0	Pnom total	<b>2353 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

<b>Main simulation results</b>			
System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>3753 MWh/year</b>	Specific prod. 1503 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	75.9 %	

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp**



**Performance Ratio PR**

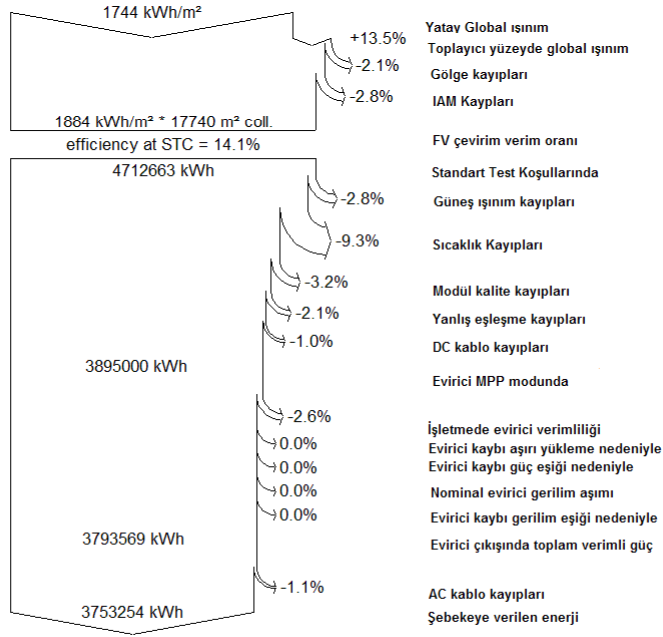


**Şekil 5.29 :** Durum-12 İzmir dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **İZMİR K.DAG 2500**  
Simulation variant : **New simulation variant**

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	YL230P-29b	Pnom	230 Wp
PV Array	Nb. of modules	10860	Pnom total	<b>2498 kWp</b>
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom	13 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	181.0	Pnom total	<b>2353 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.30 : Durum-12 İzmir dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -13 Konya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** KONYA K.DAG 2500

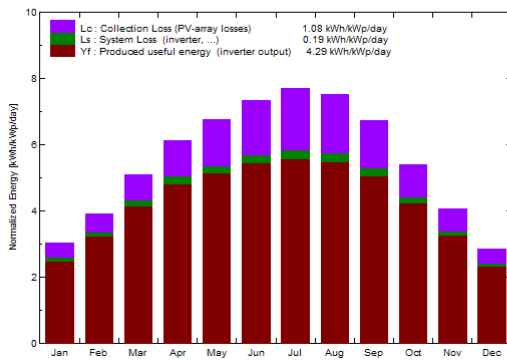
**Simulation variant :** KONYA 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
<b>Near Shadings</b>		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10860	Pnom total <b>2498 kWp</b>
Inverter		Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom 13 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	181.0	Pnom total <b>2353 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

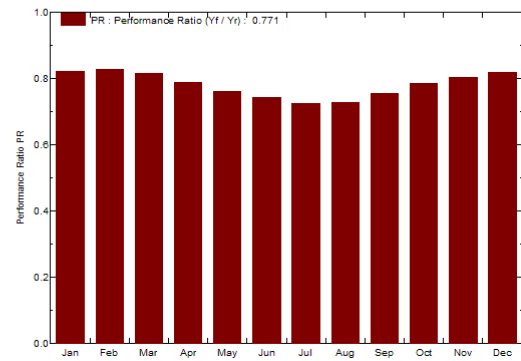
### Main simulation results

System Production **Produced Energy 3907 MWh/year** Specific prod. 1564 kWh/kWp/year  
**Performance Ratio PR 77.1 %**

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp**



**Performance Ratio PR**

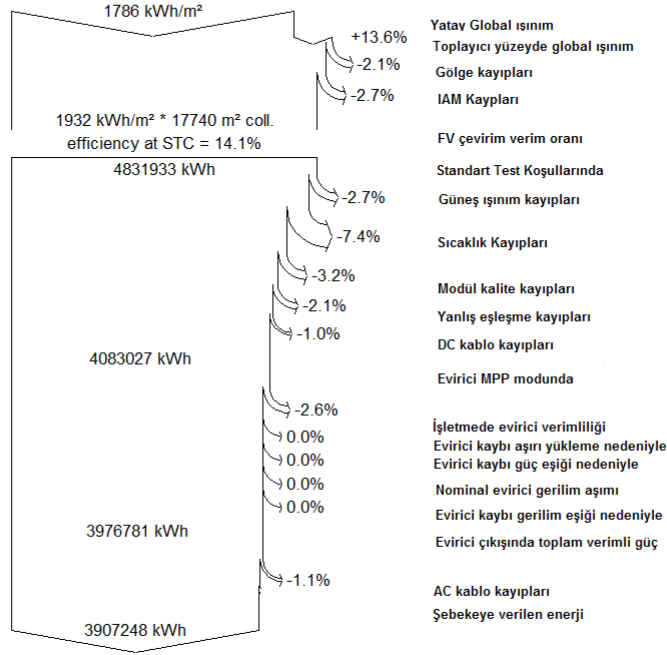


**Şekil 5.31 : Durum-13 Konya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı**

Project : KONYA K.DAG 2500  
Simulation variant : KONYA 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10860
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD
Inverter pack	Nb. of units	181.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
	azimuth	0°
	Pnom	230 Wp
	Pnom total	2498 kWp
	Pnom	13 kW ac
	Pnom total	2353 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.32 : Durum-13 Konya dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

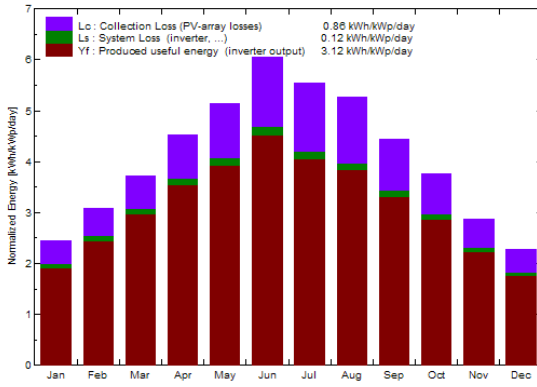
## DURUM -14 Trabzon dağıtılmış evirici kristal modül FV santral

**Project :** TRABZON K.DAG 2500  
**Simulation variant :** TRABZON K.DAG 2500

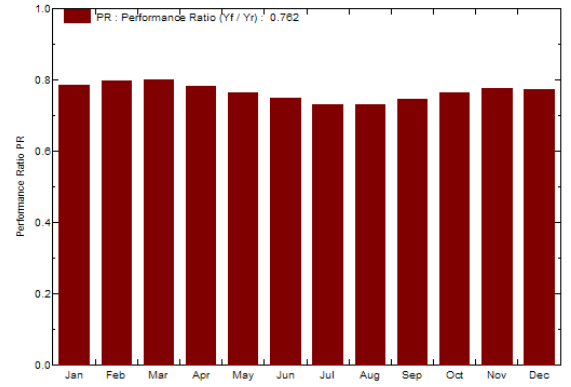
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	YL230P-29b	Pnom 230 Wp
PV Array		Nb. of modules	10860	Pnom total <b>2498 kWp</b>
Inverter		Model	PVI-12.5-OUTD	Pnom 13 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	181.0	Pnom total <b>2353 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	2845 MWh/year	Specific prod.	1139 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	76.2 %		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2498 kWp**



**Performance Ratio PR**

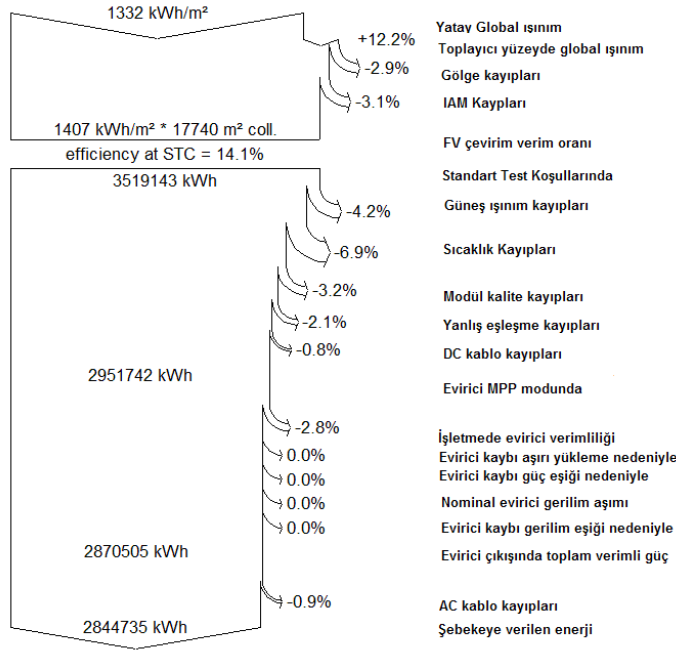


**Şekil 5.33 :** Durum-14 Trabzon dağıtılmış evirici kristal modül FV santral performans oranı

Project : **TRABZON K.DAG 2500**  
Simulation variant : **TRABZON K.DAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	YL230P-29b
PV Array	Nb. of modules	10860
Inverter	Model	PVI-12.5-OUTD
Inverter pack	Nb. of units	181.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 230 Wp
		Pnom total <b>2498 kWp</b>
		Pnom 13 kW ac
		Pnom total <b>2353 kW ac</b>

Loss diagram over the whole year

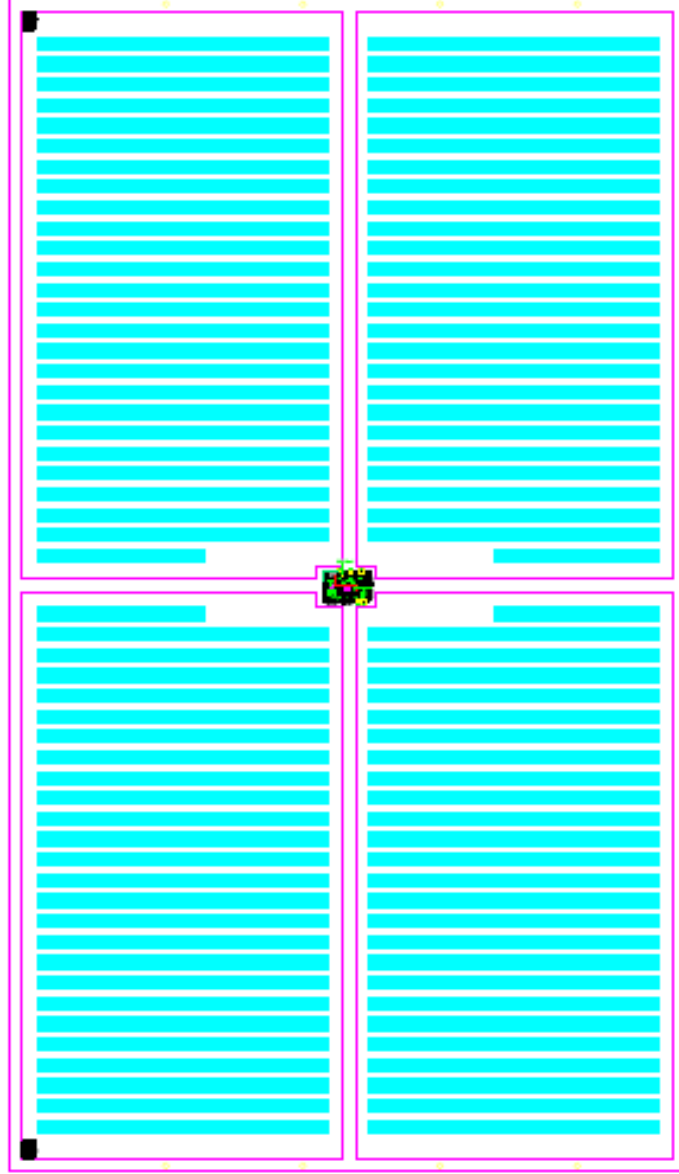


Şekil 5.34 : Durum-14 Trabzon dağıtılmış evirici kristal modül FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

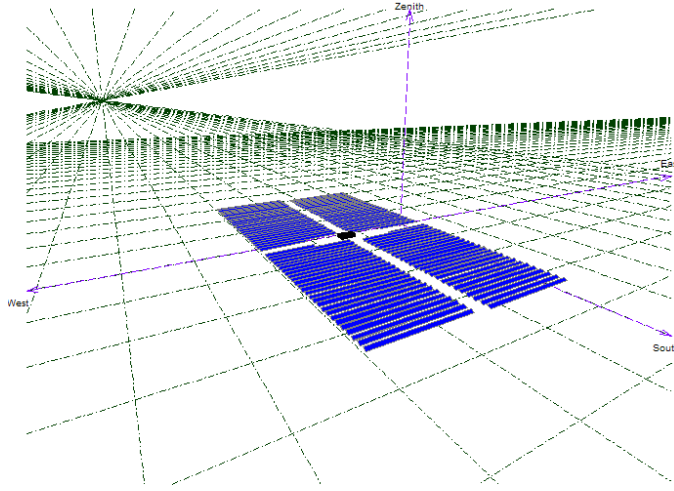
## 5.5 7 Bölge 2.5MW Merkezi Evirici İnce Film Fotovoltaik Santral Potansiyelleri

Merkezi evirici ince film fotovoltaik santral simülasyonunda modüller 25 derecelik açı ile tam güneye yönlendirilmişlerdir. EK-D 'da yer alan 78Wp First Solar marka FV modülden 32220 adet ve EK-B'de yer alan Sunny Central 500HE eviriciden 5 adet kullanılmıştır. FV santral 67.885m<sup>2</sup>'lik yer kaplamaktadır. Modül dizileri arasında birbirleri üzerine gölge düşürmeyecek şekilde 6m'lik boşluklar bırakılmıştır. Modül dizileri 5 adet üst üste olmak üzere yan yana dizilerek oluşturulmuştur. Toplam paralel bağlı kol sayısı 3580 olup her bir kol 9 adet modülün seri bağlanmasından oluşmaktadır. Her bir eviriciye 716 adet paralel kol bağlanmaktadır. Merkezi evirici ince film yerleşim planı ve perspektifi sırasıyla şekil 5.35 ve şekil

5.36'da yer almaktadır. Şekil 5.37-5.50 arasında ise durum 15-16-17-18-19-20-21'e ait merkezi evirici ince film fotovoltaik santral performans oranı ve tüm kayıplarda sonra enerji üretim değerleri yer almaktadır.



Şekil 5.35 : Merkezi evirici ince film yerleşim planı



Şekil 5.36 : Merkezi evirici ince film yerleşim perspektifi

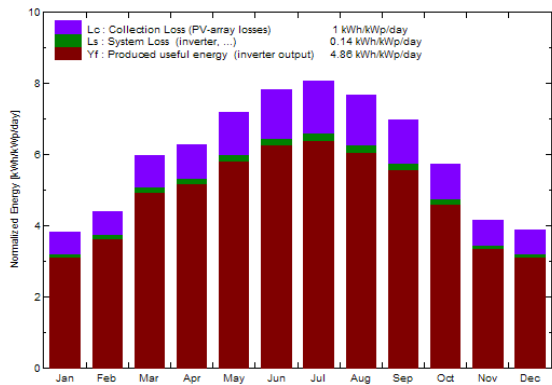
DURUM -15 Antalya merkezi evirici ince film FV santral

**Project :** ANTALYA I.MER 2500  
**Simulation variant :** No shading effects

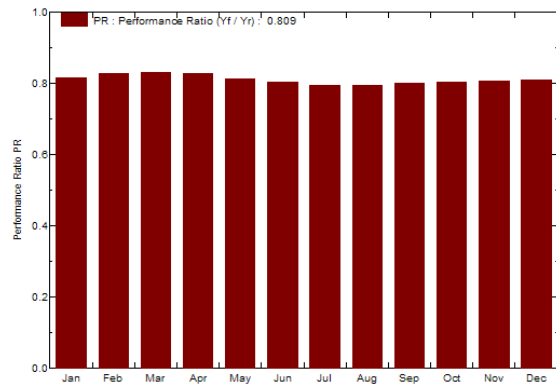
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
<b>Near Shadings</b>		Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom	78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220	Pnom total	<b>2497 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom	500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	<b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results		Produced Energy	Specific prod.
System Production	Performance Ratio PR	<b>4432 MWh/year</b>	<b>1775 kWh/kWp/year</b>
		<b>80.9 %</b>	

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2497 kWp



Performance Ratio PR



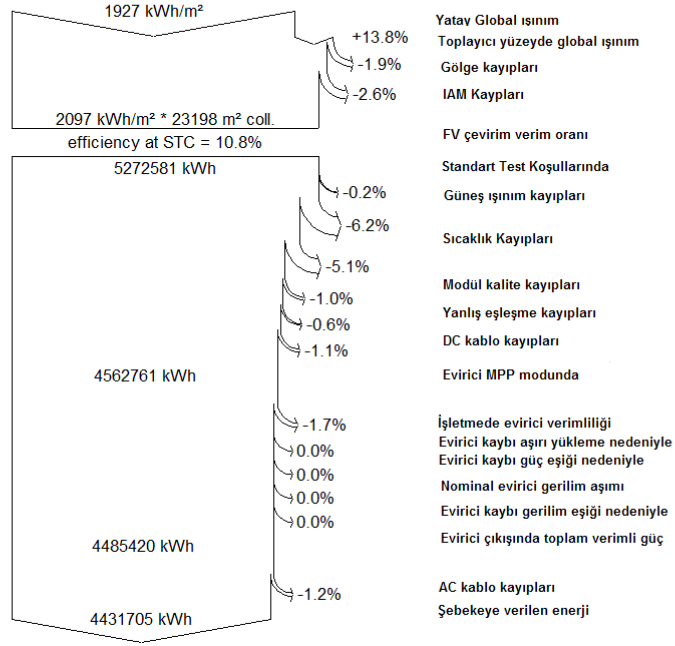
Şekil 5.37 : Durum-15 Antalya merkezi evirici ince film FV santral performans oranı



Project : **ANTALYA I.MER 2500**  
Simulation variant : **No shading effects**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277 Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220 Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)	

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.38 : Durum-15 Antalya merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -16 Bursa merkezi evirici ince film FV santral

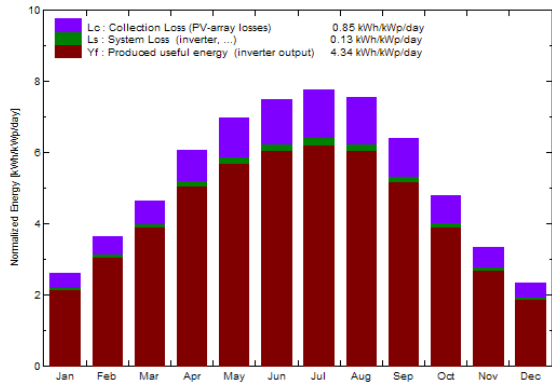
**Project :** BURSA I.MER.2500

**Simulation variant :** No shading effects

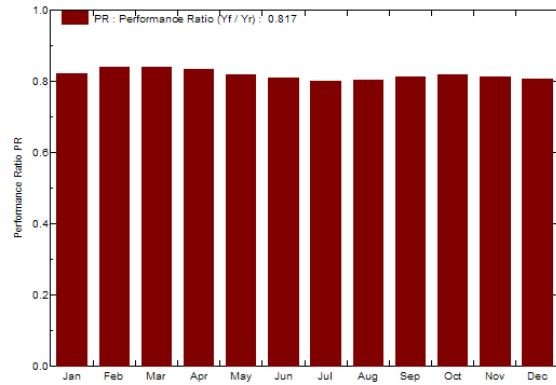
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32220	Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter		Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	3958 MWh/year	Specific prod.	1585 kWh/kWp/year
System Production	Performance Ratio PR		81.7 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2497 kWp



Performance Ratio PR

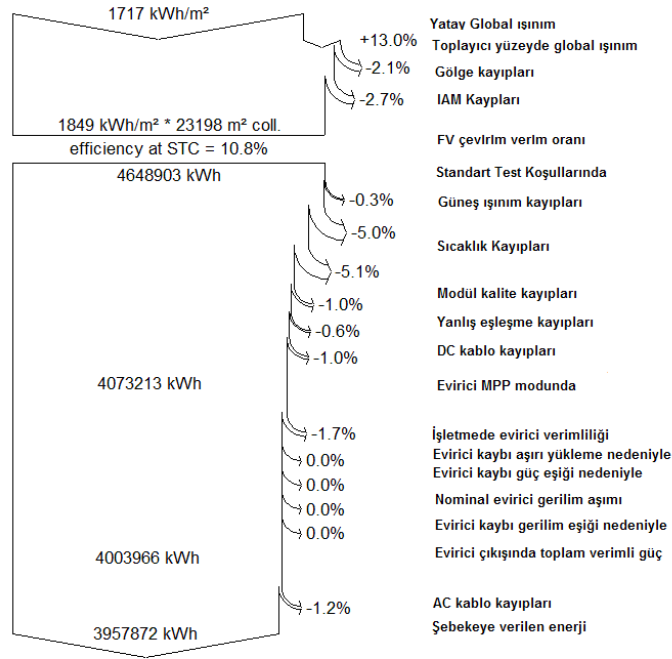


Şekil 5.39 : Durum-16 Bursa merkezi evirici ince film FV santral performans oranı

Project : **BURSA I.MER.2500**  
Simulation variant : **No shading effects**

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220	Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.40 : Durum-16 Bursa merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -17 Diyarbakır merkezi evirici ince film FV santral

**Project :** **DIYARBAKIR I.MER 2500**

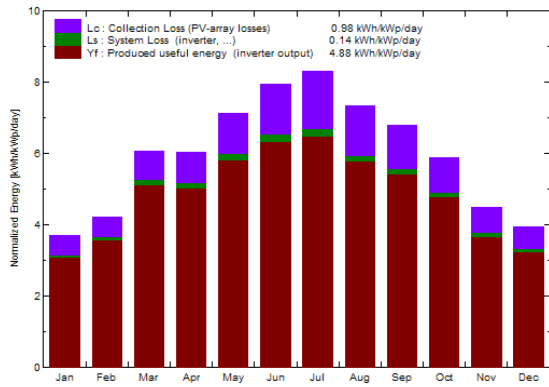
**Simulation variant :** **DIYARBAKIR I.MER 2500**

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	34245	Pnom total <b>2654 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

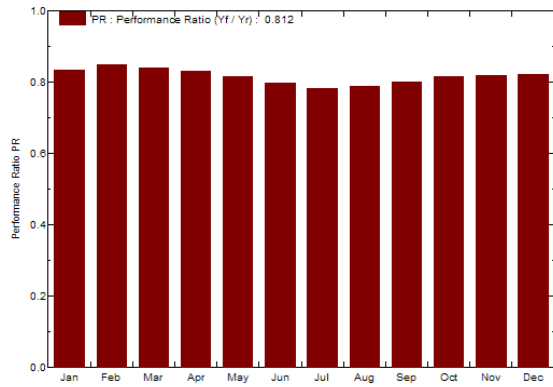
### Main simulation results

System Production **Produced Energy 4724 MWh/year** Specific prod. 1780 kWh/kWp/year  
**Performance Ratio PR 81.2 %**

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2654 kWp**



**Performance Ratio PR**

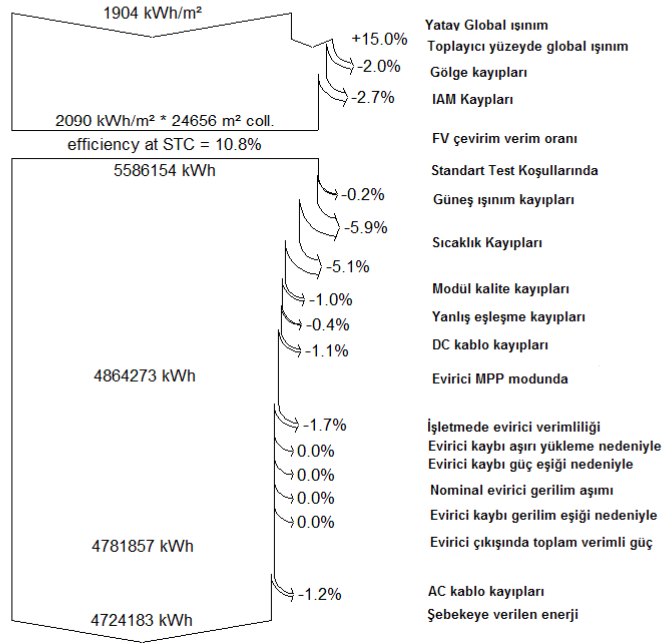


**Şekil 5.41 : Durum-17 Diyarbakır merkezi evirici ince film FV santral performans oranı**

Project : **DIYARBAKIR I.MER 2500**  
Simulation variant : **DIYARBAKIR I.MER 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Near Shadings	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	34245	Pnom total <b>2654 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.42 : Durum-17 Diyarbakır merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -18 Erzurum merkezi evirici ince film FV santral

**Project :** ERZURUM I.MER 2500

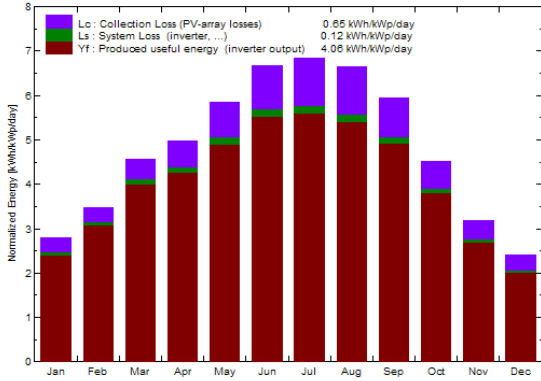
**Simulation variant :** No shading effects

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220	Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

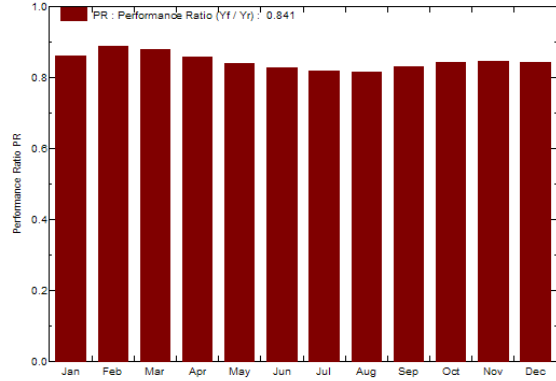
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>3705 MWh/year</b>	Specific prod. 1484 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR</b>	<b>84.1 %</b>	

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2497 kWp**



**Performance Ratio PR**

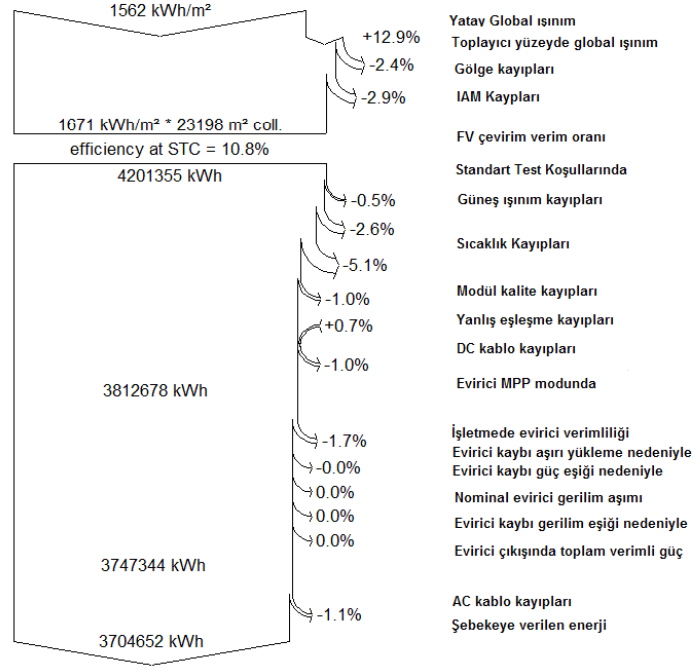


**Şekil 5.43 : Durum-18 Erzurum merkezi evirici ince film FV santral performans oranı**

Project : ERZURUM I.MER 2500  
Simulation variant : No shading effects

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277 Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220 Pnom total 2497 kWp
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 2500 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.44 : Durum-18 Erzurum merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

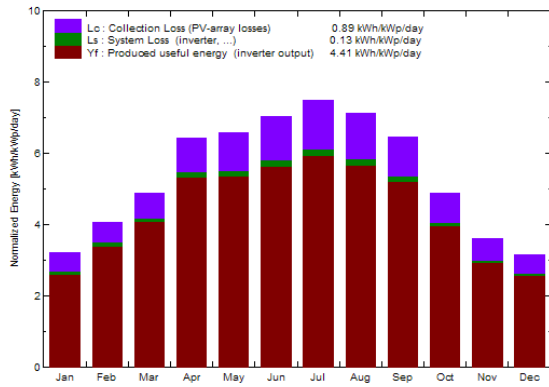
## DURUM -19 İzmir merkezi evirici ince film FV santral

**Project :** IZMIR I.MER 2500  
**Simulation variant :** No shading effects

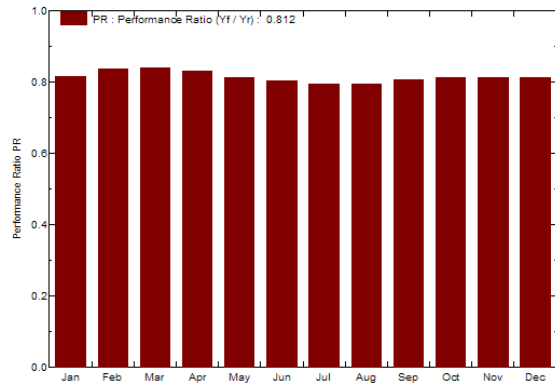
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220	Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

<b>Main simulation results</b>			
System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>4015 MWh/year</b>	Specific prod. 1608 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	<b>81.2 %</b>	

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2497 kWp**



**Performance Ratio PR**



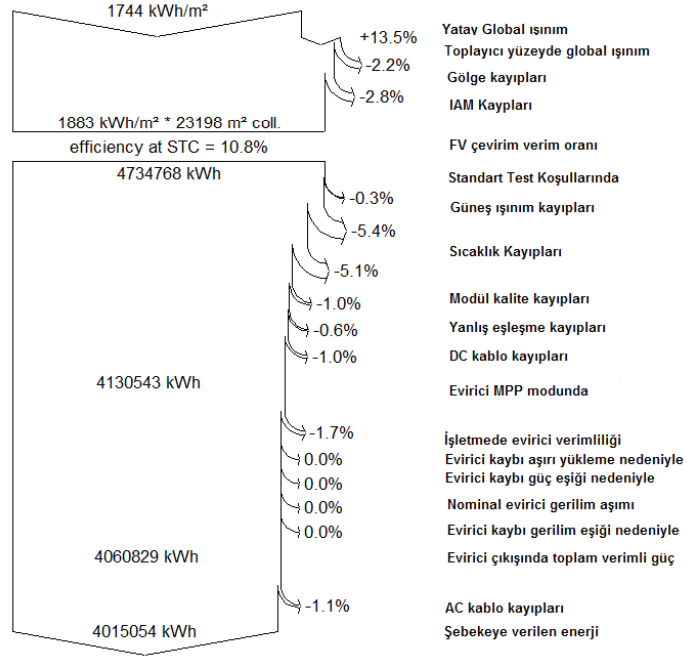
**Şekil 5.45 : Durum-19 İzmir merkezi evirici ince film FV santral performans oranı**



Project : IZMIR I.MER 2500  
Simulation variant : No shading effects

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277 Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220 Pnom total 2497 kWp
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 2500 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.46 : Durum-19 İzmir merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -20 Konya merkezi evirici ince film FV santral

**Project :** KONYA I.MER 2500

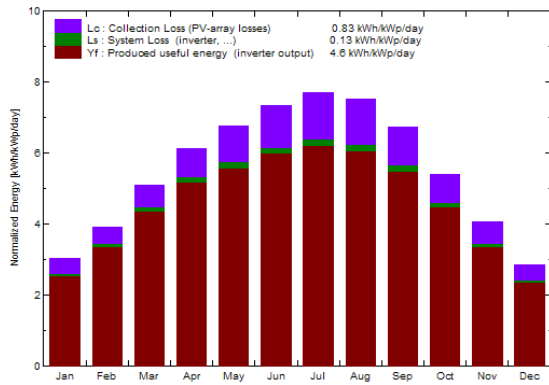
**Simulation variant :** KONYA I.MER 2500

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220	Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

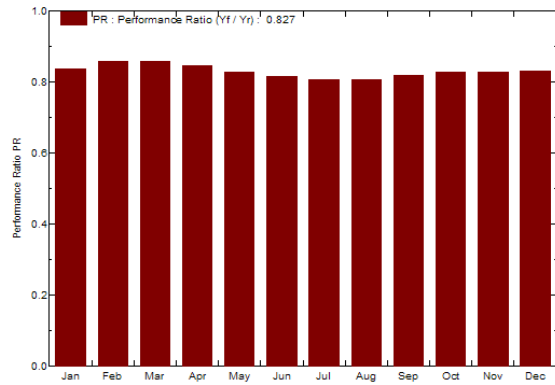
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>4188 MWh/year</b>	Specific prod. 1677 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	<b>82.7 %</b>	

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2497 kWp**



**Performance Ratio PR**

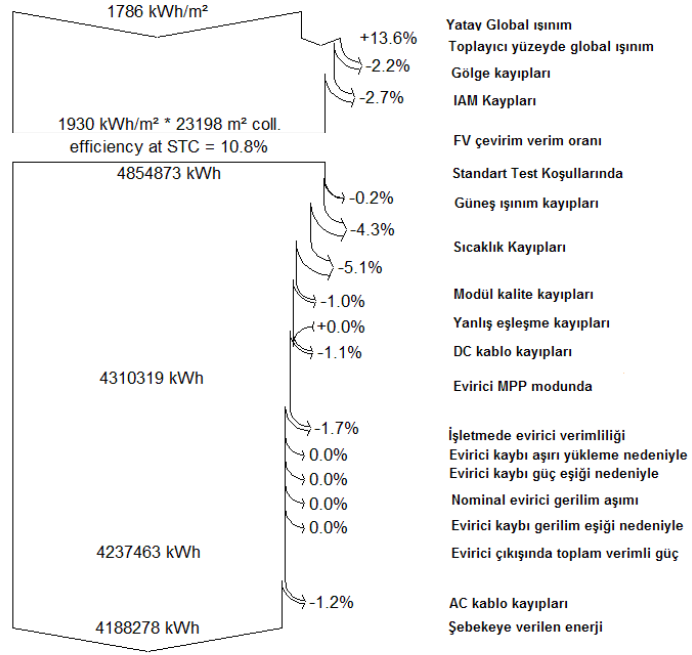


**Şekil 5.47 : Durum-20 Konya merkezi evirici ince film FV santral performans oranı**

Project : KONYA I.MER 2500  
Simulation variant : KONYA I.MER 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277 Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220 Pnom total 2497 kWp
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 2500 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.48 : Durum-20 Konya merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -21 Trabzon merkezi evirici ince film FV santral

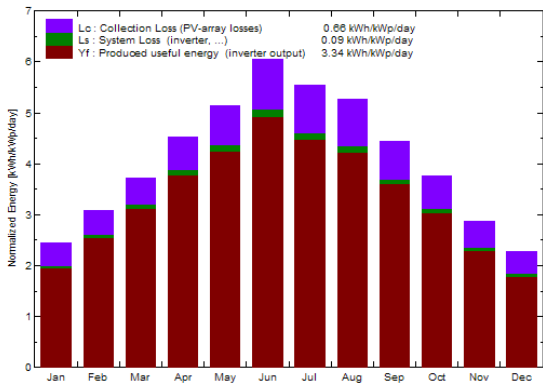
**Project :** TRABZON I.MER 2500

**Simulation variant :** No shading effects

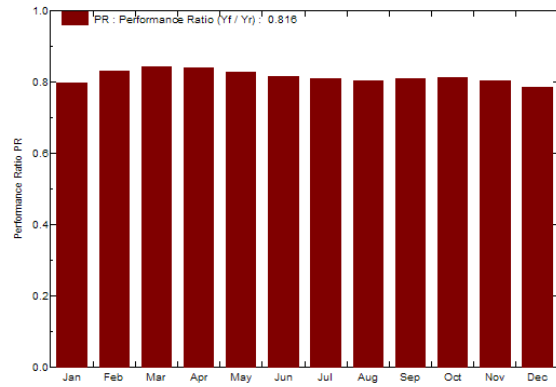
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32220	Pnom total <b>2497 kWp</b>
Inverter		Model	Sunny Central 500 HE-11	Pnom 500 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	5.0	Pnom total <b>2500 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	3047 MWh/year	Specific prod.	1220 kWh/kWp/year
System Production	Performance Ratio PR		81.6 %		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2497 kWp**



**Performance Ratio PR**

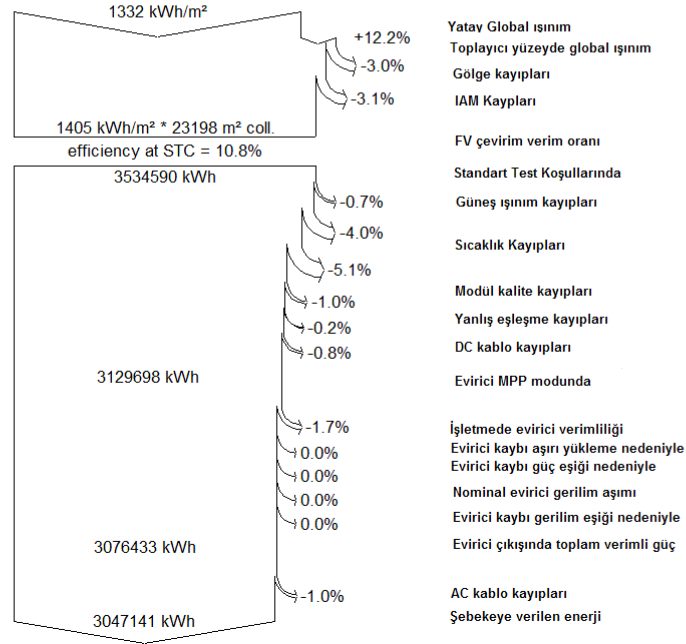


**Şekil 5.49 :** Durum-21 Trabzon merkezi evirici ince film FV santral performans oranı

Project : **TRABZON I.MER 2500**  
Simulation variant : **No shading effects**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25° azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277 Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32220 Pnom total 2497 kWp
Inverter	Model	Sunny Central 500 HE-11 Pnom 500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 2500 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

Loss diagram over the whole year

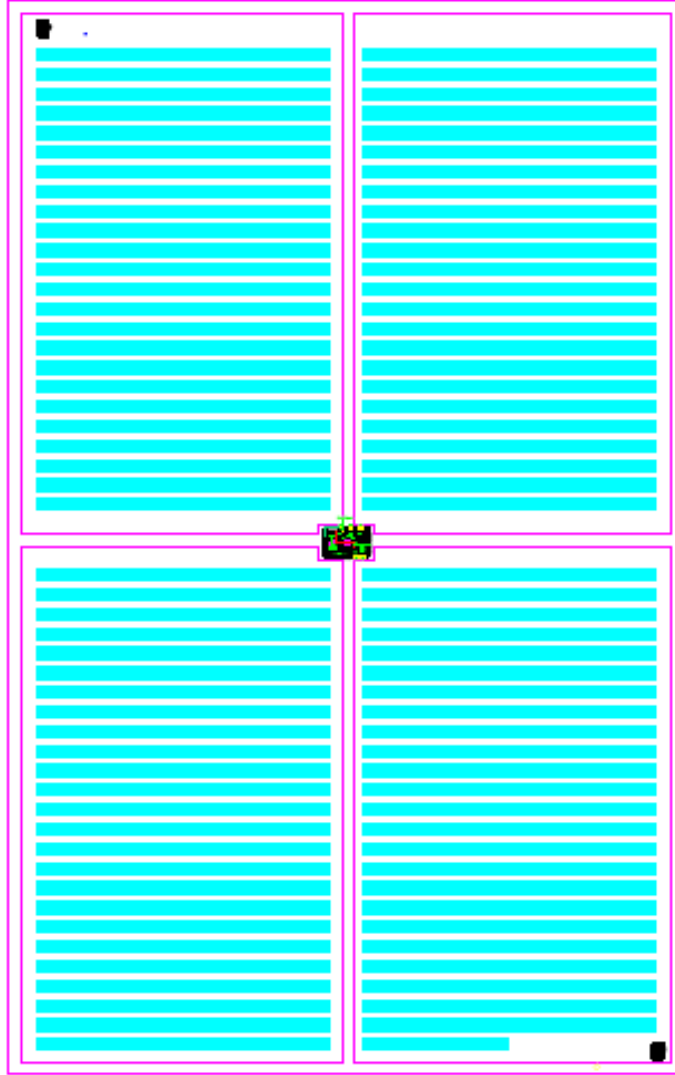


Şekil 5.50 : Durum-21 Trabzon merkezi evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## 5.6 7Bölge 2.5MW Dağıtılmış Evirici İnce Film Fotovoltaik Santral Potansiyelleri

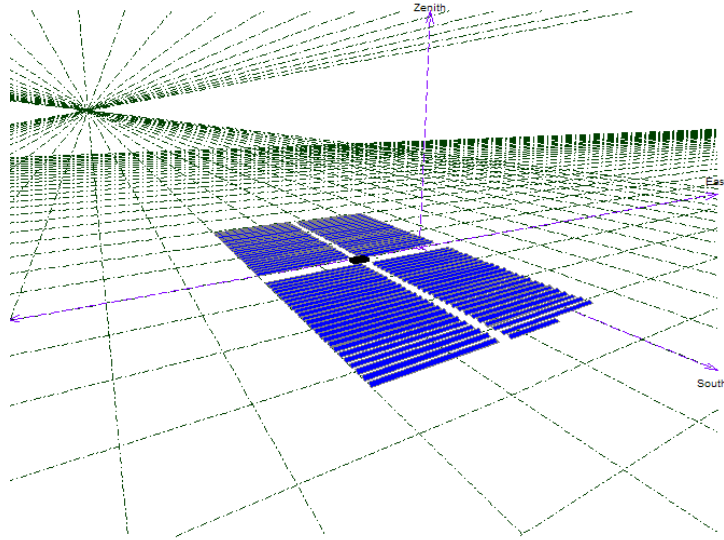
Dağıtılmış evirici ince film fotovoltaik santral simülasyonunda modüller 25 derecelik açı ile tam güneğe yönlendirilmiştirlerdir. EK-D 'da yer alan 78Wp First Solar marka FV modülden 32175 adet ve EK-E' de yer alan Fronius IG Plus 150 trafolu eviriciden 195 adet kullanılmıştır. FV santral 67.793m<sup>2</sup>'lik yer kaplamaktadır. Modül dizileri arasında birbirleri üzerine gölge düşürmeyecek şekilde 6m'lik boşluklar bırakılmıştır. Modül dizileri 5 adet üst üste olmak üzere yan yana dizilerek oluşturulmuştur. Toplam paralel bağlı kol sayısı 6435 olup her bir kol 5 adet modülün seri bağlanmasından oluşmaktadır. Her bir eviriciye 33 adet paralel kol bağlanmaktadır. Dağıtılmış evirici ince film yerleşim planı şekil 5.51 'de yer almaktadır. Şekil 5.51-5.66 arasında ise durum 15-16-17-18-19-20-21'e ait dağıtılmış evirici ince film

fotovoltaik santral performans oranı ve tüm kayıplarda sonra enerji üretim değerleri yer almaktadır.



**Şekil 5.51 :** Dağıtılmış evirici ince film yerleşim planı

Şekil 5.51’de yerleşim planı ve şekil 5.52’de ise Merkezi evirici ince film fotovoltaik santralin gölge simülasyonunu yapabilmek için oluşturulmuş, yerleşim planının perspektifi yer almaktadır. Şekil 5.53- şekil 5.66 arasında ise durum 22-23-24-25-26-27-28’e ait dağıtılmış evirici ince film fotovoltaik santral performans oranı ve tüm kayıplarda sonra enerji üretim değerleri yer almaktadır.



Şekil 5.52 : Dağıtılmış evirici ince film yerleşim perspektifi

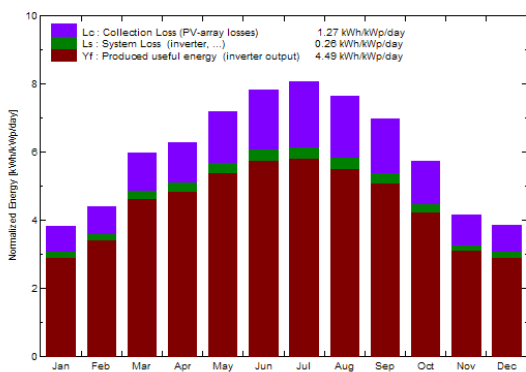
DURUM -22 Antalya dağıtılmış evirici ince film FV santral

Project : **ANTALYA I DAG2500**  
Simulation variant : **ANTALYA IDAG 2500**

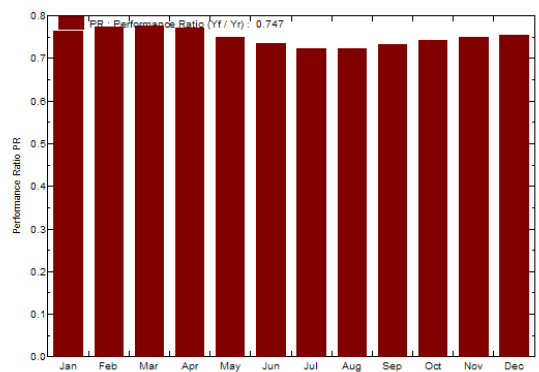
Main system parameters		System type	Grid-Connected		
Near Shadings		Linear shadings			
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth	0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom	78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32175	Pnom total	<b>2494 kWp</b>
Inverter		Model	IG Plus 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	195.0	Pnom total	<b>2340 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)			

Main simulation results		Produced Energy	4083 MWh/year	Specific prod.	1637 kWh/kWp/year
System Production	Performance Ratio PR		74.7 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp



Performance Ratio PR

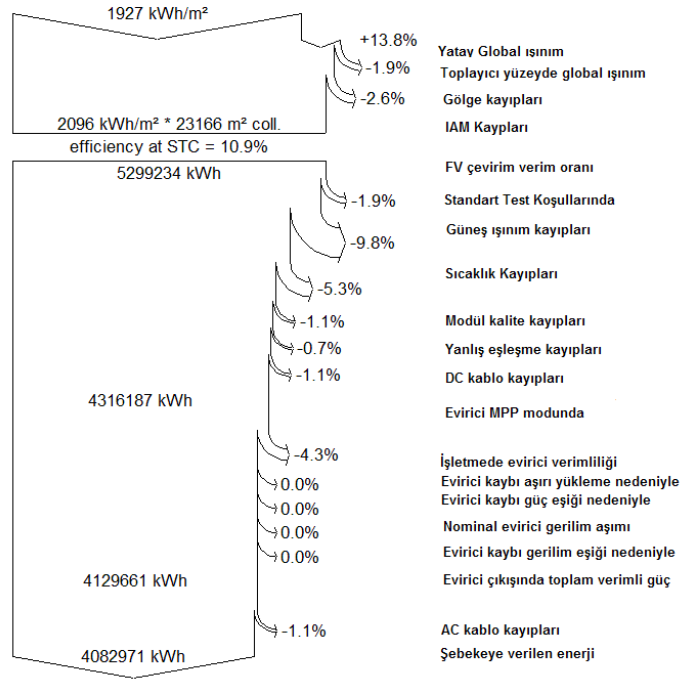


Şekil 5.53 : Durum-22 Antalya dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı

Project : **ANTALYA I DAG2500**  
Simulation variant : **ANTALYA IDAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32175	Pnom total <b>2494 kWp</b>
Inverter	Model	IG Plus 150	Pnom 12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	195.0	Pnom total <b>2340 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.54 : Durum-22 Antalya dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi



## DURUM -23 Bursa dağıtılmış evirici ince film FV santral

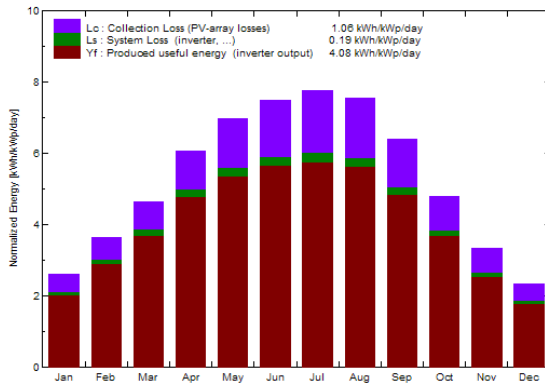
**Project :** BURSA IDAG 2500

**Simulation variant :** BURSA IDAG 2500

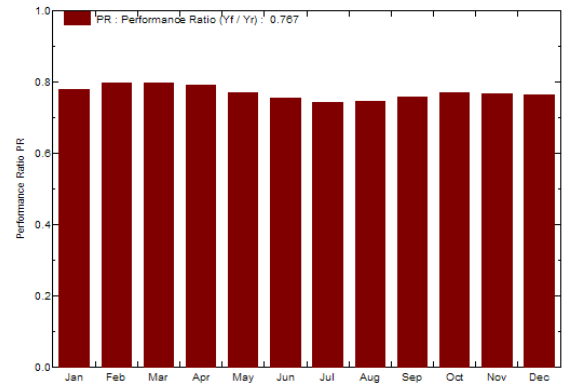
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom	78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32175	Pnom total	<b>2494 kWp</b>
Inverter	Model	IG Plus 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	195.0	Pnom total	<b>2340 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results	
System Production	<b>Produced Energy 3710 MWh/year</b> Specific prod. 1488 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR 76.7 %</b>

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp



Performance Ratio PR

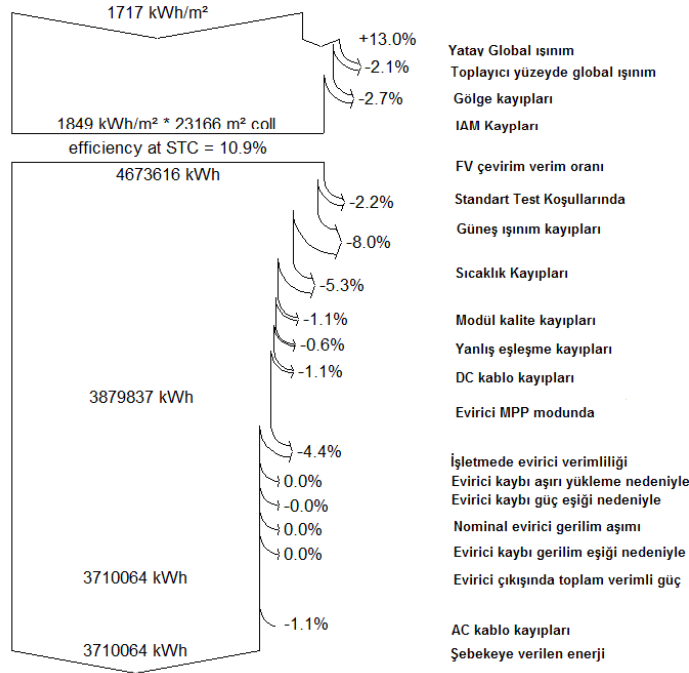


Şekil 5.55 : Durum-23 Bursa dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı

Project : BURSA IDAG 2500  
Simulation variant : BURSA IDAG 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	FS-277
PV Array	Nb. of modules	32175
Inverter	Model	IG Plus 150
Inverter pack	Nb. of units	195.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 78 Wp
		Pnom total 2494 kWp
		Pnom 12 kW ac
		Pnom total 2340 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.56 : Durum-23 Bursa dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

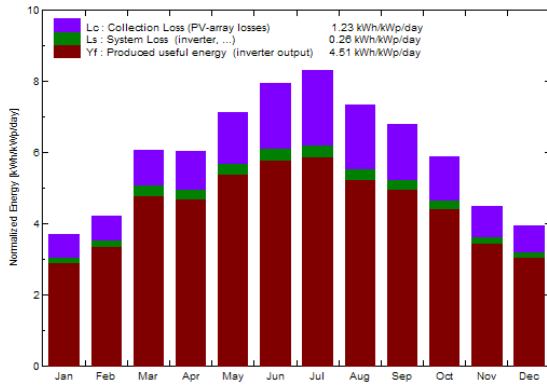
## DURUM -24 Diyarbakır dağıtılmış evirici ince film FV santral

**Project :** DIYARBAKIR IDAG 2500  
**Simulation variant :** DIYARBAKIR IDAG 2500

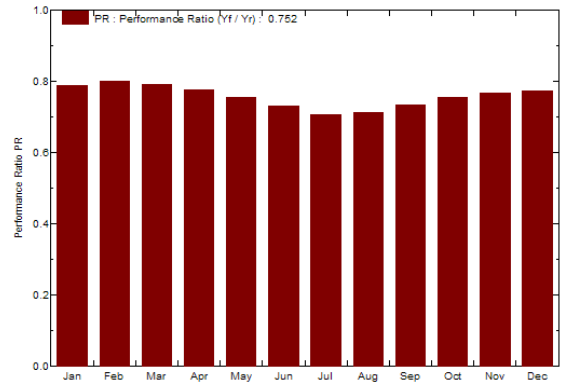
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32175	Pnom total <b>2494 kWp</b>
Inverter		Model	IG Plus 150	Pnom 12 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	195.0	Pnom total <b>2340 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	4106 MWh/year	Specific prod.	1647 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	75.2 %		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp**



**Performance Ratio PR**

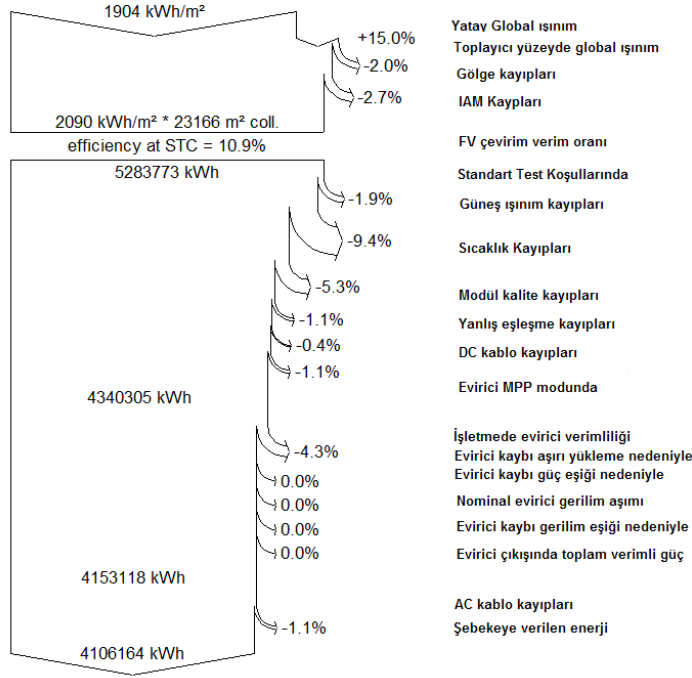


**Şekil 5.57 : Durum-24 Diyarbakır dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı**

Project : **DIYARBAKIR IDAG 2500**  
Simulation variant : **DIYARBAKIR IDAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	FS-277	Pnom	78 Wp
PV Array	Nb. of modules	32175	Pnom total	<b>2494 kWp</b>
Inverter	Model	IG Plus 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	195.0	Pnom total	<b>2340 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

### Loss diagram over the whole year



**Şekil 5.58** : Durum-24 Diyarbakır dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -25 Erzurum dağıtılmış evirici ince film FV santral

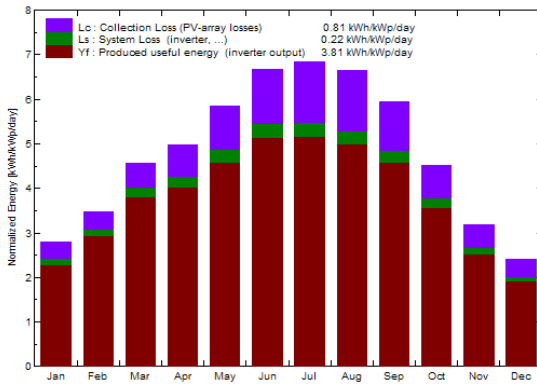
**Project :** ERZURUM IDAG 2500

**Simulation variant :** ERZURUM IDAG 2500

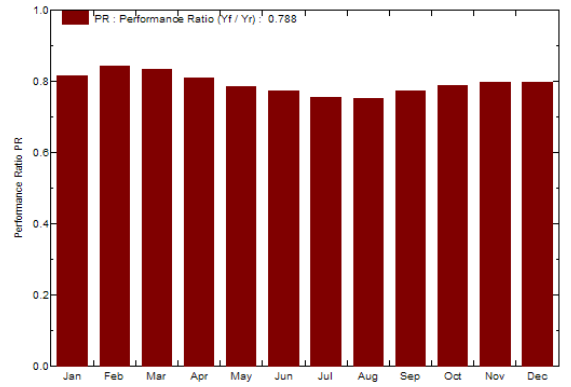
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32175	Pnom total <b>2494 kWp</b>
Inverter		Model	IG Plus 150	Pnom 12 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	195.0	Pnom total <b>2340 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		Produced Energy	3464 MWh/year	Specific prod.	1389 kWh/kWp/year
System Production		Performance Ratio PR	78.8 %		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp**



**Performance Ratio PR**

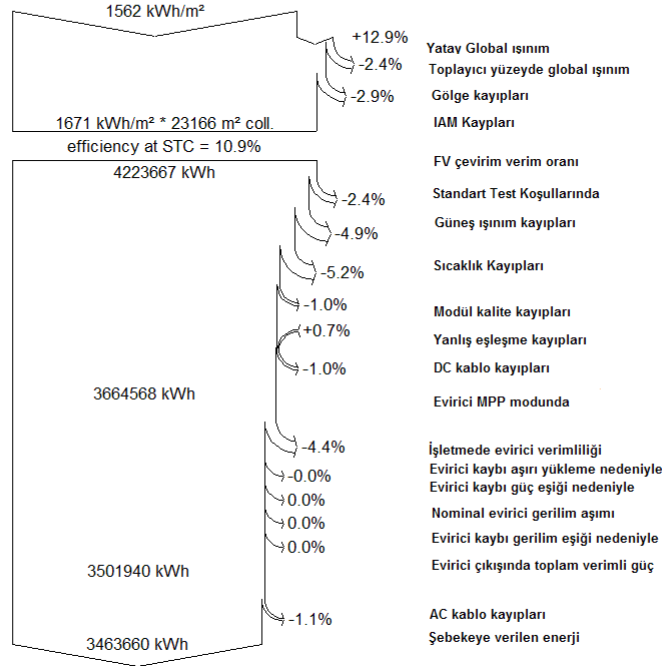


**Şekil 5.59 : Durum-25 Erzurum dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı**

Project : ERZURUM IDAG 2500  
Simulation variant : ERZURUM IDAG 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	FS-277
PV Array	Nb. of modules	32175
Inverter	Model	IG Plus 150
Inverter pack	Nb. of units	195.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
	azimuth	0°
	Pnom	78 Wp
	Pnom total	2494 kWp
	Pnom	12 kW ac
	Pnom total	2340 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.60 : Durum-25 Erzurum dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -26 İzmir dağıtılmış evirici ince film FV santral

**Project :** İzmir TU IDAG 2500

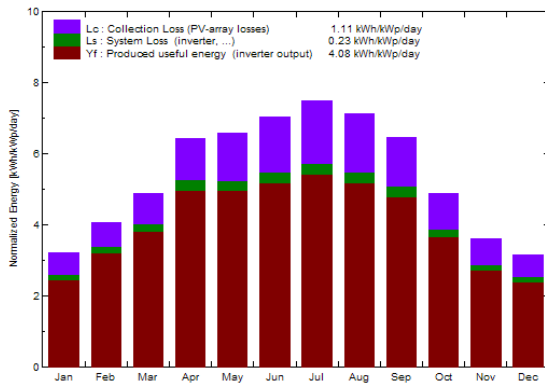
**Simulation variant :** IZMIR IDAG 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32175	Pnom total <b>2494 kWp</b>
Inverter		Model	IG Plus 150	Pnom 12 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	195.0	Pnom total <b>2340 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

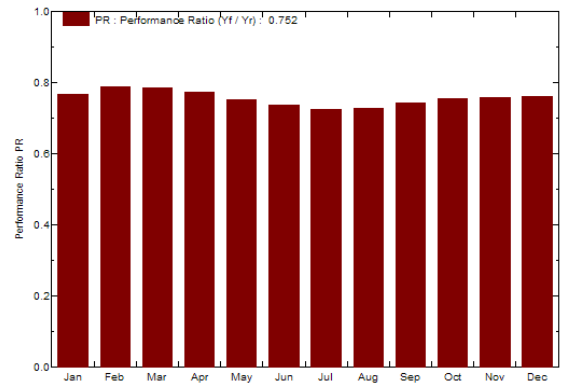
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>3713 MWh/year</b>	Specific prod.	1489 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	75.2 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp



Performance Ratio PR

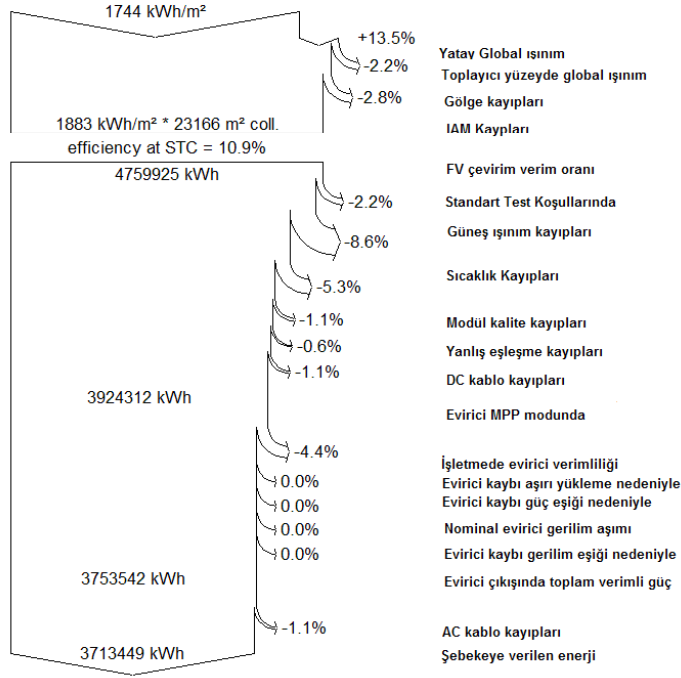


Şekil 5.61 : Durum-26 İzmir dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı

Project : İzmir IDAG 2500  
Simulation variant : İZMİR IDAG 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	FS-277
PV Array	Nb. of modules	32175
Inverter	Model	IG Plus 150
Inverter pack	Nb. of units	195.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 78 Wp
		Pnom total 2494 kWp
		Pnom 12 kW ac
		Pnom total 2340 kW ac

### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.62 : Durum-26 İzmir dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi



## DURUM -27 Konya dağıtılmış evirici ince film FV santral

**Project :** KONYA I.DAG 2500

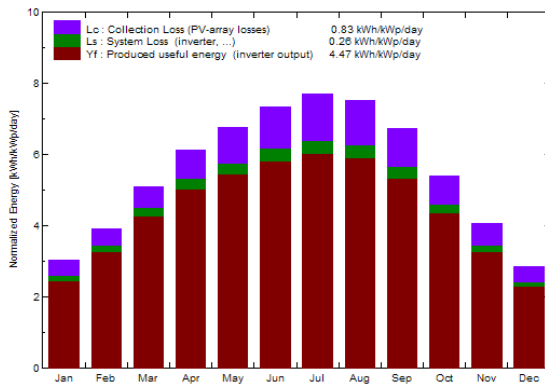
**Simulation variant :** KONYA I.DAG 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32175	Pnom total <b>2494 kWp</b>
Inverter		Model	IG Plus 150	Pnom 12 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	195.0	Pnom total <b>2340 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

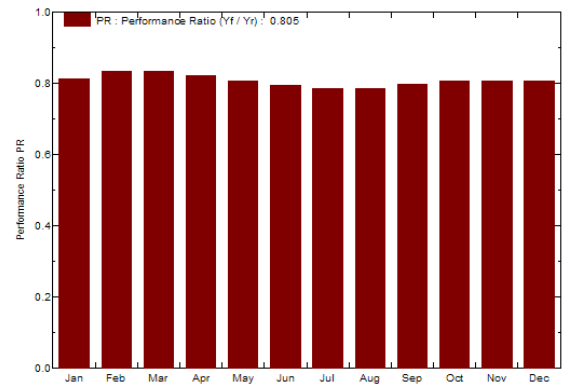
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>4072 MWh/year</b>	Specific prod.	1633 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	80.5 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp



Performance Ratio PR

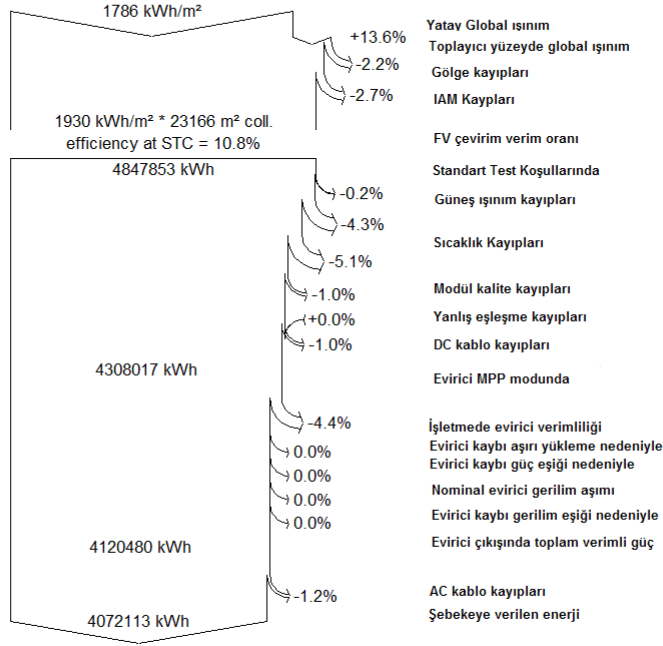


Şekil 5.63 : Durum-27 Konya dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı

Project : KONYA I.DAG 2500  
Simulation variant : KONYA I DAG 2500

Main system parameters	System type	Grid-Connected
Near Shadings	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	FS-277
PV Array	Nb. of modules	32175
Inverter	Model	IG Plus 150
Inverter pack	Nb. of units	195.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 78 Wp
		Pnom total 2494 kWp
		Pnom 12 kW ac
		Pnom total 2340 kW ac

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.64 : Durum-27 Konya dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

## DURUM -28 Trabzondağıtılmış evirici ince film FV santral

**Project :** TRABZON I DAG 2500

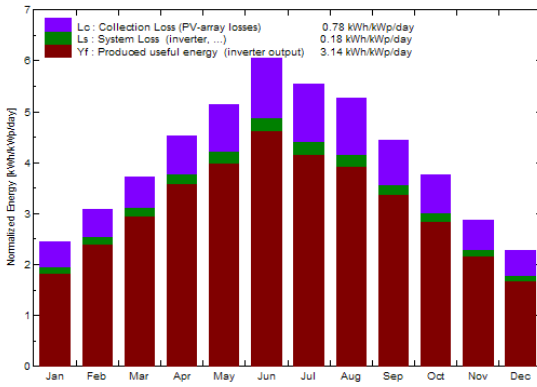
**Simulation variant :** TRABZON IDAG 2500

Main system parameters		System type	Grid-Connected	
<b>Near Shadings</b>		Linear shadings		
PV Field Orientation		tilt	25°	azimuth 0°
PV modules		Model	FS-277	Pnom 78 Wp
PV Array		Nb. of modules	32175	Pnom total <b>2494 kWp</b>
Inverter		Model	IG Plus 150	Pnom 12 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	195.0	Pnom total <b>2340 kW ac</b>
User's needs		Unlimited load (grid)		

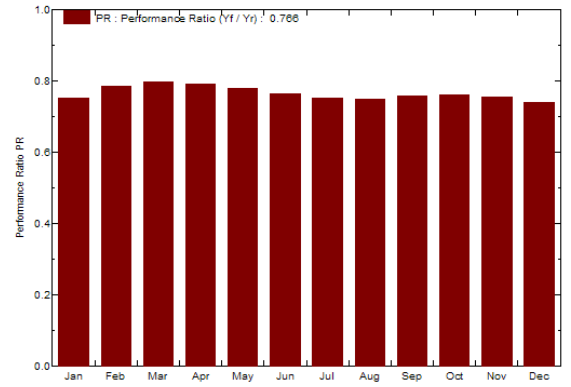
### Main simulation results

System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>2855 MWh/year</b>	Specific prod.	1145 kWh/kWp/year
	<b>Performance Ratio PR</b>	<b>76.6 %</b>		

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2494 kWp**



**Performance Ratio PR**

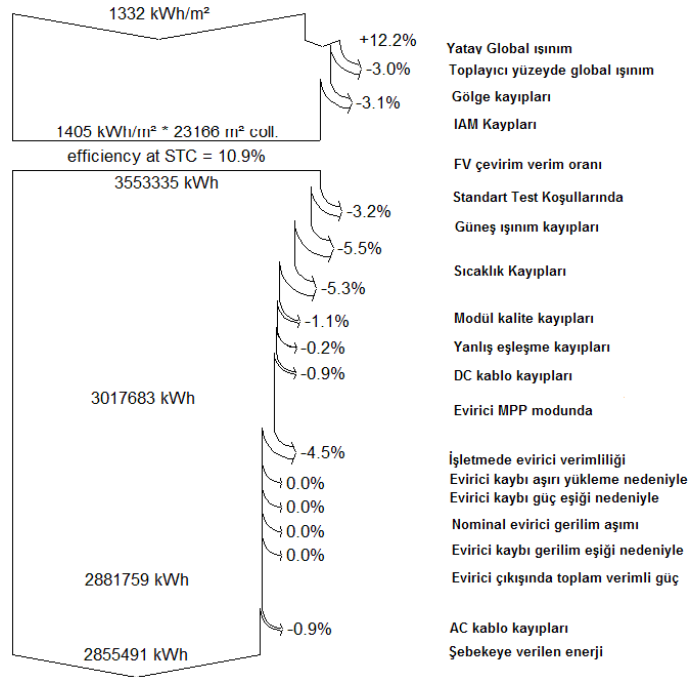


**Şekil 5.65 : Durum-28 Trabzon dağıtılmış evirici ince film FV santral performans oranı**

Project : **TRABZON I DAG 2500**  
Simulation variant : **TRABZON IDAG 2500**

Main system parameters	System type	Grid-Connected
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°
PV modules	Model	FS-277
PV Array	Nb. of modules	32175
Inverter	Model	IG Plus 150
Inverter pack	Nb. of units	195.0
User's needs	Unlimited load (grid)	
		azimuth 0°
		Pnom 78 Wp
		Pnom total <b>2494 kWp</b>
		Pnom 12 kW ac
		Pnom total <b>2340 kW ac</b>

#### Loss diagram over the whole year



Şekil 5.66 : Durum-28 Trabzon dağıtılmış evirici ince film FV santral tüm kayıplardan sonra enerji üretimi

### 5.7 Ekonomik Analiz

FV santral kurulumu kararı almadan önce yapılması gereken en önemli çalışmalardan biri kurulacak sistemin kWh maliyetinin hesaplanmasıdır. Cs spesifik başlangıç yatırım değeri farklı teknolojilere ait elektrik santrallerinin karşılaştırılması için kullanılan bir büyüklüktür (Denklem5). Bu tez çalışmasında kurulacak 4 farklı tip FV santrallerinin başlangıç kurulum maliyetleri hesaplanmıştır (Denklem5.8'de yer alan Pr değeri). Kurulum maliyetleri en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla merkezi evirici kristal modul, merkezi evirici ince film, dağıtılmış evirici ince film, dağıtılmış evirici kristal modul FV santral olmuştur. Denklem 5.8'de yer alan Es, güneş santralının spesifik alanda spesifik elektrik üretimi (kwh/kwp/yıl) 28 durum için yapılan PVsyst simülasyon

sonuçlarında yer almaktadır. Bu değer yıl sonunda üretilen toplam enerjinin (Eu) toplam kurulu güce (Rc) bölünmesiyle elde edilir [29].

Spesifik başlangıç yatırım maliyeti;

$$Es = Eu/Rc$$

$$Cs: Pr/Es$$

(5.8)

Es: güneş santralının spesifik alanda spesifik elektrik üretimi (kwh/kwp/yıl)

Eu: Yıllık elektrik üretimi (kwh/yıl)

Pr: Sistemin Kwp maliyeti (€/kwp)

Rc: Güneş santrali kapasitesi (kwp)

Cs: Spesifik başlangıç yatırımı (€/kwh/yıl)

Hesaplanan FV santrallerinin başlangıç kurulum maliyetlerinin santral bileşenlerine göre yüzde dağılımları çizelge 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5'te verilmiştir.

**Çizelge 5.2 :** Merkezi evirici kristal modül FV santral toplam maliyet yüzdeleri

<b>Santral bileşenleri</b>	<b>Toplam maliyet %'si</b>
<b>FV Malzeme</b>	76,81
Solar modül	
Evirici	
Trafo	
İzleme	
Şalt malzemeleri&kablolama	
<b>İnşaat işleri</b>	6,8
Konstrüksiyon	
Yol	
Trafo odası	
<b>İşçilik</b>	10,18
<b>Fizibilite raporu</b>	0,92
<b>Diğer giderler</b>	4,85
<b>Arazi maliyeti</b>	0,44

Çizelge 5.2'de yer alan merkezi evirici kristal modül FV santral maliyet yüzdelerine bakıldığında FV malzeme tüm sistem maliyetinin %76,81'ini, inşaat işleri %6,8'ini, işçilik ise %10,18'sini oluşturmaktadır. Çizelge 5.3'de yer alan alan merkezi evirici ince film FV santral maliyet yüzdeleri ile karşılaştırdığımızda, FV malzeme yüzdesi kristal modül FV santraline göre daha düşük görünse de ince film modüllerin, kristal

modüllere göre küçük boyutlarda olması, konstrüksiyon hacmini arttırmakta bu artış inşaat işlerine yansımaktadır. İnce film FV modül santrallerinde paralel kol sayısının yüksek olması, sistem şalt malzemesi ve kablo metrajlarını arttırmakta buna bağlı olarak işçilik yüzdeleri de artmaktadır.

**Çizelge 5.3 :** Merkezi evirici ince film FV santral toplam maliyet yüzdeleri

<b>Santral bileşenleri</b>	<b>Toplam maliyet %'si</b>
<b>FV Malzeme</b>	70,2
Solar modül	
Evirici	
Trafo	
İzleme	
Şalt malzemeleri&kablolama	
<b>İnşaat işleri</b>	11,7
Konstrüksiyon	
Yol	
Trafo odası	
<b>İşçilik</b>	11,5
<b>Fizibilite raporu</b>	0,95
<b>Diğer giderler</b>	5,1
<b>Arazi maliyeti</b>	0,55

**Çizelge 5.4 :** Dağınık evirici kristal modül FV santral toplam maliyet yüzdeleri

<b>Santral bileşenleri</b>	<b>Toplam maliyet %'si</b>
<b>Malzeme</b>	78
Solar modül	
Evirici	
Trafo	
İzleme	
Şalt malzemeleri&kablolama	
<b>İnşaat işleri</b>	7,09
Konstrüksiyon	
Yol	
Trafo odası	
<b>İşçilik</b>	8,52
<b>Fizibilite raporu</b>	0,95
<b>Diğer giderler</b>	5
<b>Arazi maliyeti</b>	0,44

Genel olarak, Çizelge 5.2’de yer alan merkezi evirici santral ve Çizelge 5.4’de yer alan dağınık evirici kristal modül FV santral işçilik yüzdeleri, Çizelge 5.3’de yer alan

merkezi evirici ince film santral ve Çizelge 5.5’de yer alan dağınk evirici ince film santral işçilik yüzdelerine göre daha düşük olmaktadır.

**Çizelge 5.5 :** Dağınk evirici ince film FV santral toplam maliyet yüzdeleri

<b>Santral bileşenleri</b>	<b>Toplam maliyet %'si</b>
<b>Malzeme</b>	70,29
Solar modül	
Evirici	
Trafo	
İzleme	
Şalt malzemeleri&kablolama	
<b>İnşaat işleri</b>	11,7
Konstrüksiyon	
Yol	
Trafo odası	
<b>İşçilik</b>	11,5
<b>Fizibilite raporu</b>	0,95
<b>Diğer giderler</b>	5
<b>Arazi maliyeti</b>	0,56

Borç ödeme;

$$Pl(n) = Pl(1)(1+e)^{n-1} \quad n= 1 \text{ 'den } L \text{ 'ye kadar} \quad (5.9)$$

Pl(n) :n. Yılda ödenecek borç (€)

e : Enflasyon oranı (%)

L: borçlanma süresi

Her yıl ödenecek borç birbirinden bağımsız sayılmalıdır. Başka bir deyişle n. yılda yapılacak ödeme n.yıl boyunca alınmış olan borcun bir kere de ödenmesi olarak kabul edilebilir [29]. Böylece n. yıl borç ödemesi, Pl(n), başlangıç (P(n)) ve bu başlangıç üzerine n yıl boyunca i faiz oranının eklenmesini içerecektir. Ödemelerin yıl sonunda üretilen elektriğin toplam kWh satış maliyeti üzerinden yapılacağı kabul edilir [29]. Başlangıç miktarı (P(n)) ve faiz miktarı (I(n)) n. yıl borç ödemesinde ödenir (Denklem 5.11). Pl(n) ve P(n) sırasıyla 5.9 ve 5.10 denklemlerinden çıkarılır [29].

$$P(n) = Pl(n) / (1+i)^n \quad (5.10)$$

$$I(n) = Pl(n) - P(n) \quad (5.11)$$

Bu çalışmada birim enerji üretim maliyetleri, L=20 yıllık banka kredisi alınacağı düşünülüp euro için %4 enflasyon ve % 5 faiz oranları esas alınarak hesaplanmıştır. Denklem 5.12'de yer alan geometrik progresin ortak oranı da bu değerler baz alınarak hesaplanmıştır.

$$r = \frac{1+e}{1+i} \quad (5.12)$$

i : faiz oranı (%)

r: geometrik progresin ortak oranı

e : Enflasyon oranı (%)

Denklem 5.13'den hesaplanan başlangıç yılı borç ödeme miktarı bilinerek, Denklem 5.9'da yer alan n.yıl borç ödeme miktarı bulunur.

$$Pl(1) = (Cs(1+i)) \frac{(1-r)}{(1-rL)} = CsCrfg \quad (5.13)$$

Denklem 5.13'de yer alan Crfg Normalize edilmiş ana para geri kazanım faktörü ise denklem 5.14'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Crfg = (1+i) \frac{(1-r)}{(1-rL)} \quad (5.14)$$

Eğer borç alınan miktar santralin ilk kurulum miktarının tamamı ise n.yılda üretilecek elektriğin birim maliyeti, Cg(n), n. Yıl ödenecek borç miktarına eşittir [29]. (Denklem 5.15)

$$Cg(n) = CsCrfg (1+e)^{n-1} \quad (5.15)$$

Cg(n): n.yılda güneş santralinin ürettiği elektriğin borç alınmış para üzerinden €/kwh maliyeti

Crfg: Normalize edilmiş ana para geri kazanım faktörü



Crfg normalize edilmiş ana para geri kazanım faktörü ise farklı kredilendirme durumlarını, finans maliyetleri, kredi faiz oranı gibi, yıllık kredi ödeme enflasyon oranları ve kredi periyodunu değerlendirilir. Crfg oranı ne kadar düşük ise üretilen elektriğin birim fiyatı da o kadar düşük olur.

Çizelge 5.6'da yer alan 28 farklı durum birim enerji üretim maliyetleri kWh üretim maliyetleri karşılaştırıldığında, Antalya, Diyarbakır, Konya illerinde kurulcak FV santrallerin diğerlerine göre daha fizibil olduğu görülmektedir. kWh üretimi maliyet etkin FV santral tipi ise merkezi evirici ince film teknolojisidir. (Durum 15,17,20)

**Çizelge 5.6 : 28 durum birim enerji üretim maliyetleri kWh üretim maliyetleri**

<b>Durum</b>	<b>No</b>	<b>İl</b>	<b>Birim enerji üretim maliyeti €/kWh</b>
DURUM	1	Antalya	0,1627
DURUM	2	Bursa	0,1808
DURUM	3	Diyarbakır	0,1619
DURUM	4	Erzurum	0,1961
DURUM	5	İzmir	0,1789
DURUM	6	Konya	0,1731
DURUM	7	Trabzon	0,2328
DURUM	8	Antalya	0,1583
DURUM	9	Bursa	0,1749
DURUM	10	Diyarbakır	0,1596
DURUM	11	Erzurum	0,1889
DURUM	12	İzmir	0,1731
DURUM	13	Konya	0,1663
DURUM	14	Trabzon	0,2284
DURUM	15	Antalya	0,1481
DURUM	16	Bursa	0,1658
DURUM	17	Diyarbakır	0,1476
DURUM	18	Erzurum	0,1771
DURUM	19	İzmir	0,1634
DURUM	20	Konya	0,1567
DURUM	21	Trabzon	0,2154
DURUM	22	Antalya	0,1611
DURUM	23	Bursa	0,1773
DURUM	24	Diyarbakır	0,1601
DURUM	25	Erzurum	0,1899
DURUM	26	İzmir	0,1771
DURUM	27	Konya	0,1615
DURUM	28	Trabzon	0,2304



## 6. SONUÇ

Bu çalışmada Meteonorm 1996-2005 meteoroloji saatlik dataları kullanılarak PVsyst programına aktarılmıştır. Türkiye'nin 7 farklı bölgesinde farklı modul teknolojileri ve farklı evirici konseptleri ile aynı boyuttaki fotovoltaik santrallerin verimlilikleri ve kWh üretim maliyetleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 6.1'de kWp/kWh üretim miktarları karşılaştırıldığında merkezi ince film modül FV santrallerin, merkezi kristal modüllere göre kWp/kWh üretim miktarı %4-%7 daha yüksek hesaplanmıştır. Bunun nedeni, ince film modüllerin kristal modüllere göre sıcaklık katsayısının daha düşük olmasıdır. Tez çalışmasında kullanılan kristal modülün (EK-A) açık devre geriliminin sıcaklığa bağlı değişim katsayısı  $0,37/^{\circ}\text{C}$  iken ince film modülün (EK-D)  $0,25/^{\circ}\text{C}$ 'dir. 28 duruma ait kayıplardan sonra enerji üretim miktarları içinde, sıcaklık kaybı ince film modül santrallerinde %5-%6 arasında değişirken, kristal modül santrallerde ise bu oran %5-%12 arasındadır.

**Çizelge 6.1 : 28 durum kWp/kWh enerji üretim değerleri**

Durum	No	İl	Mono Kristal Modül		İnce Film Modül	
			Merkezi (kWp/kWh)	Dağıtılmış (kWp/kWh)	Merkezi (kWp/kWh)	Dağıtılmış (kWp/kWh)
DURUM	1	Antalya	1668			
DURUM	2	Bursa	1501			
DURUM	3	Diyarbakır	1676			
DURUM	4	Erzurum	1384			
DURUM	5	İzmir	1517			
DURUM	6	Konya	1568			
DURUM	7	Trabzon	1166			
DURUM	8	Antalya		1643		
DURUM	9	Bursa		1487		
DURUM	10	Diyarbakır		1630		
DURUM	11	Erzurum		1377		
DURUM	12	İzmir		1503		
DURUM	13	Konya		1564		
DURUM	14	Trabzon		1139		
DURUM	15	Antalya			1775	
DURUM	16	Bursa			1585	
DURUM	17	Diyarbakır			1780	
DURUM	18	Erzurum			1484	
DURUM	19	İzmir			1608	
DURUM	20	Konya			1677	
DURUM	21	Trabzon			1220	
DURUM	22	Antalya				1637
DURUM	23	Bursa				1488
DURUM	24	Diyarbakır				1647
DURUM	25	Erzurum				1389
DURUM	26	İzmir				1489
DURUM	27	Konya				1633
DURUM	28	Trabzon				1145

Her ne kadar ince film modüllerin, kWp/kWh enerji üretim miktarı, kristal modüllere göre daha yüksek olsa dahi, kristal modül teknolojisinin kendini ispatlamış olması FV santrallerde kristal modül kullanımını arttırmaktadır.

MW boyutlu projeler için merkezi eviriciler geliştirilmiştir. Ancak bu tip eviricilerin işletme giderleri de oldukça yüksektir.

Dizi eviricilerin DC gerilim aralıkları merkezi eviricilere göre daha yüksektir. STK altında bir sistemin 600V DC üzerinde bir DC gerilime maruz kalma olasılığı yüksektir. Yüksek DC gerilim değerlerinde enerji taşınması, DC kablo kayıpları azalmaktadır. Dağıtılmış eviricili FV santrallerde sistem moduler olduğu için her bir evirici ayrı ayrı MPPT özelliğini kullanabilmektedir. Dizilerden biri arızalandığında diğeri çalışmaya devam edecektir. Merkezi sistemde bir evirici bir MPPT özelliği vardır, ayrıca merkezi sistemde sahada dizi birleştirici kutular ve dizi izleme

modülleri bulunmalıdır. Dizi eviricilerde ise tüm eviriciler aynı anda merkezi noktadan izlenebilmektedir bu da dağıtılmış eviricili santrallerde maliyetleri düşürmektedir.

Dizi evirici montajı için özel bir uzmanlık gerekmez. Merkezi eviricideki işletme servis bakım sözleşmeleri ortadan kalkar.

Dizi eviricileri modüler yapıdadır, panel konstrüksiyonuna kolayca bağlanabilirler. Koruma sınıfları dış ortam koşullarına uygun olduğu için ekstra korumaya gerek yoktur.

Dizi eviricin kendi içinde birden fazla MPPT özelliğinin olması modüllerin mevsim sıcaklık ve güneş yüksekliğinden kaynaklanan kayıplarını en aza indirmektedir. Yazın modül dizisinin üst sıraları çok fazla ısındığından, kışın ise modül dizinin alt sıraları gölgede kaldığı için verim düşmektedir.

Güneş enerjisi, sürekli olmadığı için yardımcı kaynak olarak kullanılabilir. Güneş enerji sistemleri hemen hemen tümünde konvansiyonel bir kaynağa ihtiyaç duyulduğundan sistemin ilk yatırım maliyeti fazladır.

Yapılan bu çalışmada, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz bölgesinde kurulacak FV santrallerin yıllık kWp/kWh enerji üretimlerinin en yüksek değerde olduğu, Karadeniz, Doğu Anadolu bölgelerinde kurulacak FV santrallerin ise PR oranlarının yüksek, ancak kWp/kWh enerji üretim değerlerinin düşük olduğu ispatlanmıştır. Kurulum maliyetleri açısından, dağıtılmış kristal modül FV santrallerin maliyet etkin santraller olduğu, teknik açıdan ise dağıtılmış eviricili FV santrallerin sistem güvenilirliği yüksek, işletmesi kolay olduğu görülmektedir.

Türkiye de öncelikle üretilen enerji iyi kullanılmalı, konutlarda ve sanayide alınacak önlemler ile halkın enerji konusunda eğitilmesi ile yapılacak tasarrufun alternatif enerji kaynaklarına göre çok ucuz olduğu bilinmelidir. Enerjinin iyi kullanılması için tedbirler alınırken, güneş enerjisinin enerji tasarrufuna katkısından yararlanmalı, ekonomik olacak sistemlerin geliştirilmesine önem verilmelidir.

Türkiye için, kısa orta ve uzun vadeler için güneş enerjisi politikası geliştirilmeli, öncelikle, uygulama alanları belirlenmeli, bu alanlar için araştırmalar teşvik edilmelidir.



## KAYNAKLAR

- [1]**Parmaksız S**, 1997: Ulusal Şebekeye Bağlı Güneş Pili Sistemlerinin modellenmesi ve Gerçeklenmesi,*Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul
- [2]**Odell R.P**, 1990: Continuing Long-Term Hydrocarbons Dominance of World Energy markets: An Economic And Societal Necessity, Energy and the Environment into the 1990's Vol.1, Pergamon Pres, 1990
- [3]**Url-1**< <http://www.eie.gov.tr> >, alındığı tarih 07.12.2009.
- [4]**IEA**, 2007. Key World Energy Statistics, Paris.
- [5]**Url-1**< [http://www.biology.ibu.edu.tr/c\\_rehberi.pdf](http://www.biology.ibu.edu.tr/c_rehberi.pdf)>, alındığı tarih 25.02.2010
- [6]**Url-2** <<http://www.teias.gov.tr/projeksiyon/KAPASITEPROJEKSIYONU2009.pdf>>, alındığı tarih 11.09.2009
- [7]**Taşpınar A**, 1997: 2009. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Kasım 2009, Ankara
- [8]**Url-3**<<http://www.renewableenergyworld.com/pv-analysts-cautious-optimism-for-2010> >, alındığı tarih 15.02.2010
- [9]**Url-4**<[http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content\\_files/Faktenblatt\\_PV\\_Okt09.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/Faktenblatt_PV_Okt09.pdf) >, alındığı tarih 07.04.2010
- [10]**Url-5**<<http://www.solarbuzz.com/marketbuzz2010-intro.htm>>, alındığı tarih 17.04.2010
- [11]**Url-6**<[http://www.pvtech.org/epia\\_market\\_outlook\\_until\\_2013\\_a\\_promising\\_future\\_for\\_the\\_pv\\_industry/](http://www.pvtech.org/epia_market_outlook_until_2013_a_promising_future_for_the_pv_industry/)>,alındığı tarih 05.04.2010
- [12]**Url-7**<[http://www.pvresources.com/download/AnnualReview\\_FreeEdition.pdf](http://www.pvresources.com/download/AnnualReview_FreeEdition.pdf)>, alındığı tarih 11.08.2009
- [13]**Url-8**<<http://www.renewableenergyfocus.com/.../eu-database-on-renewable-energy-legislation-complete/>>, alındığı tarih 18.02.2010
- [14]**Url-9**<[http://www.epia.org/index.php?.../EPIA.../epia/...Argument\\_for\\_Feed\\_Tariffs/](http://www.epia.org/index.php?.../EPIA.../epia/...Argument_for_Feed_Tariffs/)>, alındığı tarih 05.04.2010
- [15]**Url-10**<[http://www.pvupscale.org/.../D5.2\\_Report\\_Demand\\_Side\\_Value\\_of\\_PV\\_01.07.pdf](http://www.pvupscale.org/.../D5.2_Report_Demand_Side_Value_of_PV_01.07.pdf)>, alındığı tarih 13.03.2010
- [16]**Chase J**, 2009. PV Market Outlook, Q3 2009: bouncing along the bottom, Eylül 2009
- [17]**Yılmaz U**, 2008: Gökçeada’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla Elektrik Üretimi *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul
- [18]**Simonek M**, 2010. Boom, squeeze and suspense: three key solar markets in Eastern, Europe Şubat 2010,İngiltere

- [19]Urbschat C, 2009. PV Market and industry development in Germany, Eylül 2009, Atina
- [20]Url-11<[http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1\\_18.pdf](http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1_18.pdf)>, alındığı tarih 18.04.2010
- [21]Url-12<<http://www.solarpaces.org/Library/Legislation/docs/EEG%20English.pdf>>, alındığı tarih 07.02.2010
- [22]Url-13<<http://www.epdk.gov.tr/mevzuat/diger/yenilenebilir/yenilenebilir.doc>>, alındığı tarih 11.09.2009
- [23]Engin O, 2007: SilisyumGüneş Pillerinin Elektriksel Karakteristikleri ve Üretim Teknolojisi *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul
- [24]Jackson F, 2008: Planning and Installing Photovoltaic Systems:a guide for installers, architects and engineers Baskı London ; Sterling, VA : Earthscan, 2008
- [25]Url-14<<http://www.renewableenergyworld.com/.../module-pricing-rational-or-just-plain-nuts>>, alındığı tarih 25.04.2010
- [26]Sun & Wind Magazine, 2010: Inverters a Scare Products p78-92, 2/2010
- [27]Url-15<[http:// http://www.pvsyst.com/5.2/tools.php](http://http://www.pvsyst.com/5.2/tools.php)>, alındığı tarih 07.03.2010
- [28]Url-16<[www.nrel.gov/docs/fy05osti/37358.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/37358.pdf)>, alındığı tarih 11.01.2010
- [29]Singh P, 2009: Realistic generation cost of solar photovoltaic electricity, Renewable Energy Press, Eylül 2009



# EKLER

## EK A : Poli kristal modül kataloğu

### YL 235 P-29b / 1650x990 SERIES

#### ELECTRICAL PARAMETERS

Electrical parameters at STC (1,000 W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5 according to EN 60904-3)							
Module type		YL 210 P-29b	YL 215 P-29b	YL 220 P-29b	YL 225 P-29b	YL 230 P-29b	YL 235 P-29b
Power output	[W]	210.0	215.0	220.0	225.0	230.0	235.0
Power output tolerances	[%]	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3
Module Efficiency	[%]	12.9	13.2	13.5	13.8	14.1	14.4
Voltage at Pmax, V <sub>mp</sub>	[V]	28.5	29.0	29.0	29.5	29.5	29.5
Current at Pmax, I <sub>mp</sub>	[A]	7.37	7.41	7.59	7.63	7.80	7.97
Open circuit voltage V <sub>oc</sub>	[V]	36.0	36.0	36.5	36.5	37.0	37.0
Short circuit current I <sub>sc</sub>	[A]	7.95	8.10	8.15	8.28	8.40	8.54
Max. system Voltage	[V]	1,000 VDC					

#### Parameters of the thermal characteristics

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	[°C]	46 +/- 2
Temperature coefficient beta of I <sub>sc</sub>	[1/K]	+ 0.0006
Temperature coefficient alpha of V <sub>oc</sub>	[1/K]	- 0.0037
Temperature coefficient gamma of P <sub>mp</sub>	[1/K]	- 0.0045

#### MECHANICAL PARAMETERS

Dimensions (length [mm] / width [mm] / thickness [mm])	1,650 / 990 / 50
Thickness with junction box [mm]	50
Weight [kg]	19.8
Junction box (manufacturer / protection degree / number of diodes)	CIXI / IP65 / 6
Junction box dimensions (length / width / thickness [mm])	151 / 122 / 25
Positive cable & negative cable (manufacturer / length [mm] / cable cross-section [mm <sup>2</sup> ])	CIXI / 1,200 (900) / 4.0
Plug connector (manufacturer / type / protection degree)	MC4 / UV resistance and self-locking / IP67
Front cover (material / thickness [mm])	Tempered Glass, 3.6mm
Cell type (quantity / technology)	60 / polycrystalline / 156 x 156
Encapsulation materials	Ethylene Vinyl Acetate (EVA)
Rear cover (material / thickness [mm])	Le - PET - PVDF / 0.287
Frame (material)	robust anodized aluminum alloy

#### OPERATING CONDITIONS

Operating temperature [°C]	- 40 to + 85
Max. wind load / Max. snow load [Pa]	2.4K / 5.4K

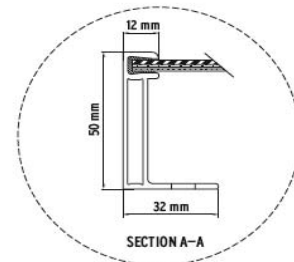
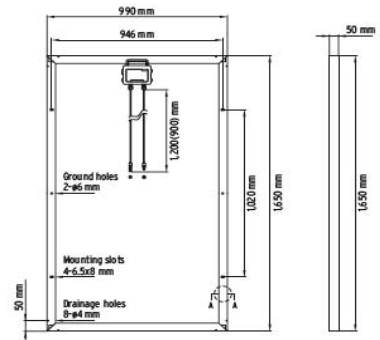
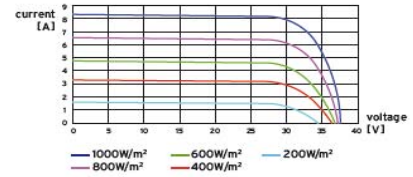
#### PACKAGING

Number of modules per box	20
Box size (length [mm] / width [mm] / depth [mm])	1,700 / 1,140 / 1,165
Box Gross weight in kg	450
Boxes per pallet	1

\* The data does not refer to a single module and they are not part of the offer, they serve for comparison only to different module types.

Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. Subject to modifications and errors  
 commerce@yinglisolar.com  
 0086 - (0)312 - 8929802

#### IV CURVES



Electrical equipment, check with your installer

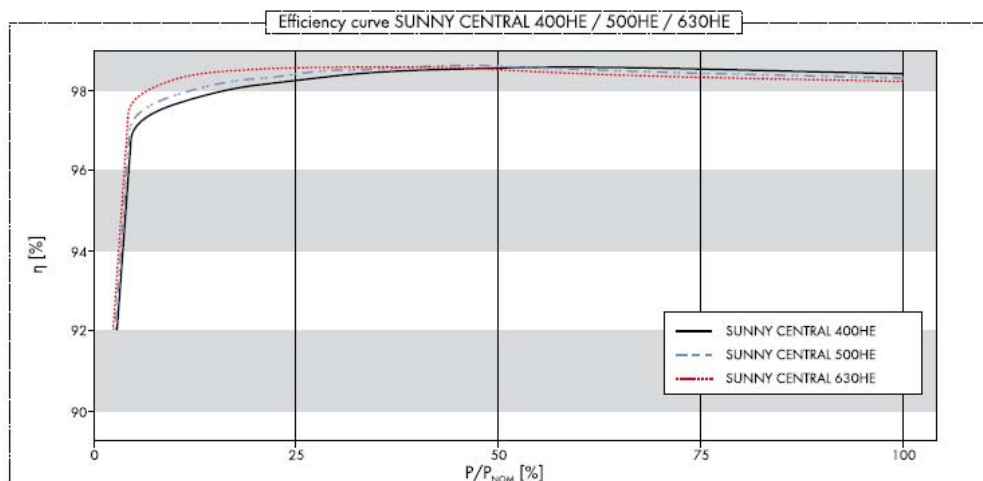
DS-YL235P-29b-EU-EN-200908-A149-v01

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.

## EK B : Merkezi evirici kataloğu

### Technical Data SUNNY CENTRAL 400HE / 500HE / 630HE

	Sunny Central 400HE	Sunny Central 500HE	Sunny Central 630HE
<b>Input Data</b>			
Nominal power DC	408 kW	509 kW	642 kW
Max. PV power (recommended), ( $P_{PV}$ )	450 kW <sub>p</sub> <sup>1)</sup>	560 kW <sub>p</sub> <sup>1)</sup>	705 kW <sub>p</sub> <sup>1)</sup>
DC voltage range, MPPT ( $U_{DC}$ )	450 V - 820 V <sup>5)</sup>	450 V - 820 V <sup>5)</sup>	500 V - 820 V <sup>5)</sup>
Max. permissible DC voltage ( $U_{DC, max}$ )	1000 V	1000 V	1000 V
Max. permissible DC current ( $I_{DC, max}$ )	1000 A	1200 A	1350 A
Voltage ripple, PV voltage ( $U_{pp}$ )	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Number of fused DC inputs	2 ports for external DC main distributions (SMB) / 8 per potential		
<b>Output Data</b>			
Nominal AC output power ( $P_{AC}$ )	400 kW <sup>6)</sup>	500 kW <sup>6)</sup>	630 kW <sup>6)</sup>
Operating grid voltage $\pm 10$ % ( $U_{AC}$ )	270 V	270 V	315 V
Nominal AC current ( $I_{AC, nom}$ )	855 A	1070 A	1155 A
Operating range, grid frequency ( $f_{AC}$ )	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Distortions of the grid current	< 3 % at nominal power	< 3 % at nominal power	< 3 % at nominal power
Phase shift (cos $\phi$ )	0.95 leading ... 0.95 lagging		
<b>Efficiency<sup>2)</sup></b>			
Max. efficiency $P_{AC, max}$ ( $\eta$ )	98.6 %	98.6 %	98.6 %
Euro ETA ( $\eta$ )	98.4 %	98.4 %	98.4 %
<b>Dimensions and Weight</b>			
Width / Height / Depth in mm (W / H / D)	1600 + 1200/2120/850	1600 + 1200/2120/850	1600 + 1200/2120/850
Weight approx. (kg)	1900	1900	1900
<b>Power Consumption</b>			
Own consumption in operation ( $P_{day}$ )	< 2800 W <sup>4)</sup>	< 2900 W <sup>4)</sup>	< 3000 W <sup>4)</sup>
Standby operating consumption ( $P_{night}$ )	< 100 W	< 100 W	< 100 W
External auxiliary voltage / grid structure	3 x 400 V, 50/60 Hz / TN-S, TN-C or TT grid	3 x 400 V, 50/60 Hz / TN-S, TN-C or TT grid	3 x 400 V, 50/60 Hz / TN-S, TN-C or TT grid
External back-up fuse for auxiliary supply	B 20 A, 3-pole	B 20 A, 3-pole	B 20 A, 3-pole
<b>SCC (Sunny Central Control) Interfaces</b>			
Communication (NET Piggy Back, optional)	Analog, ISDN, Ethernet	Analog, ISDN, Ethernet	Analog, ISDN, Ethernet
Analog inputs	1 x PT 100, 3 x $A_{in}$ <sup>3)</sup>	1 x PT 100, 3 x $A_{in}$ <sup>3)</sup>	1 x PT 100, 3 x $A_{in}$ <sup>3)</sup>
Surge voltage protection for analog inputs	Optional	Optional	Optional
Sunny String-Monitor interface (COM1)	RS485	RS485	RS485
PC interface (COM3)	RS232	RS232	RS232
Electrically separated relay (ext. signal)	1	1	1

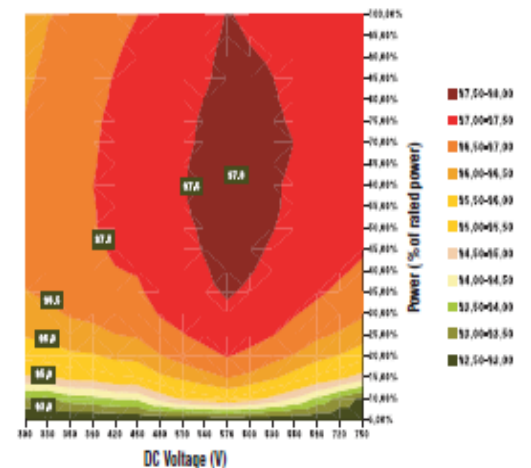
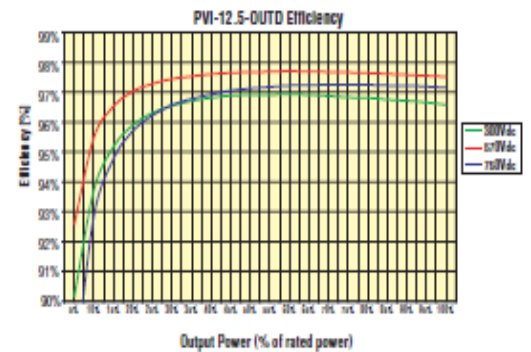
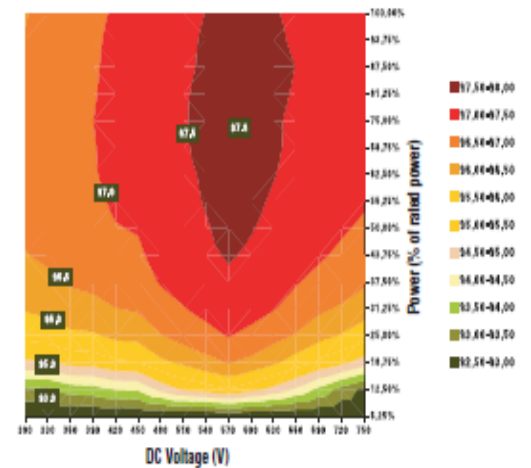
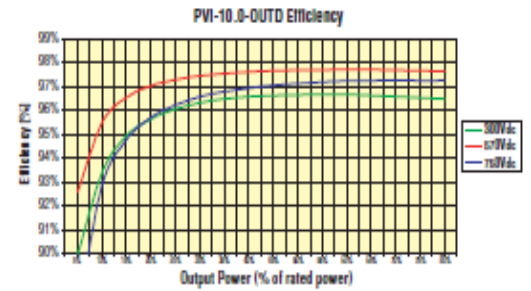


## EK C : Trafolu dizi evirici katalogu

CHARACTERISTICS	PVI-10.0-OUTD/-FS	PVI-12.5-OUTD/-FS
<b>INPUT PARAMETERS (DC Side)</b>		
Nominal DC Power [kW]	10,4	13
Max. Recommended DC Power [kW]	11,4	14,3
Operating MPPT Input Voltage Range [Vdc]	200-850 (580 nominal)	
Full Power MPPT Range [Vdc]	300-750	360-750
Max. Input Voltage [Vdc]	850	
Activation voltage [Vdc]	360 nominal (adjustable within 250-500)	
No of Independent MPPT trackers	2	
Max. Input Power, each MPPT [kW]	6,5	8
No. of DC Inputs (used)	6 (3 each MPPT)	
Max. DC Current, each MPPT [A <sub>dc</sub> ]	18 (22 shortcircuit)	
Fuse rating, each input	Rating: 10A <sub>dc</sub> /900V <sub>dc</sub>	
DC side varistor	4 (2 for each MPPT), thermally protected	
DC Switch	Integrated (Rating: 1000V <sub>dc</sub> /25A <sub>dc</sub> )	
DC Connection	12 x MultiContact Ø 4mm (6 male - positive input + 6 female - negative input) Mating cable connector included Conductor cross section: 4-6mm <sup>2</sup> /AWG12-10 - Cable Ø w/insulator: 3-6mm	
<b>OUTPUT PARAMETERS (AC Side)</b>		
Nominal AC Power (up to 50°C) [kW]	10	12,5
Max. AC Power [kW]	11	13,8
AC Grid Connection	3 phase 400Vac 50Hz with or without neutral (3 or 4 wires network) + PE	
Nominal AC Voltage [Vac]	3x400Vac	
Maximum AC Voltage Range [Vac]	311-456	
Nominal AC Frequency [Hz]	50	
Max. AC Line Current [A]	16,6A per phase (19A short circuit)	20A per phase (22A short circuit)
AC side varistors	4, star connected to common point, plus gas arrester to ground	
AC Connection	Screw terminal block Conductor Cross Section: Solid: 0,5-16mm <sup>2</sup> / Stranded: 0,5-10mm <sup>2</sup> / AWG20-6 Cable Gland: M40 - Cable Ø: 19-28mm	
Line Power Factor	1	
AC Current Distortion (THD%)	<2% at rated power with sine wave voltage	
Max. Efficiency	97,7%	
Euro Efficiency	97,13%	97,25%
Stand-By Consumption [W]	12	
Night Time Consumption [W]	<1,5	
Isolation	Transformer-less	
<b>ENVIRONMENTAL PARAMETERS</b>		
Cooling	Natural cooling	
Ambient Temp. Range [°C]	-20 / +60 (output power derating above 50°C)	
Operating Altitude [mt]	2000	
Acoustical Noise [dBA]	<50 @1mt	
Environmental IP Rating	IP65	
Relative Humidity	0-100% condensing	
<b>MECHANICAL</b>		
Dimensions (WxHxD) [mm]	650 x 620 x 200	
Weight [kg]	38	
<b>OTHER</b>		
Display	YES (Alphanumeric 2 lines)	
Communication	RS485 (Screw terminal block - Conductor cross section: 0,08-1,5mm <sup>2</sup> /AWG28-16) "Aurora Easy-Control" system for remote control (Optional)	

### MODEL SUMMARY

Model Number	Output AC Power
PVI-10.0-OUTD/-FS	10.000W
PVI-12.5-OUTD/-FS	12.500W



## EK D : İnce film modül kataloğu

### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

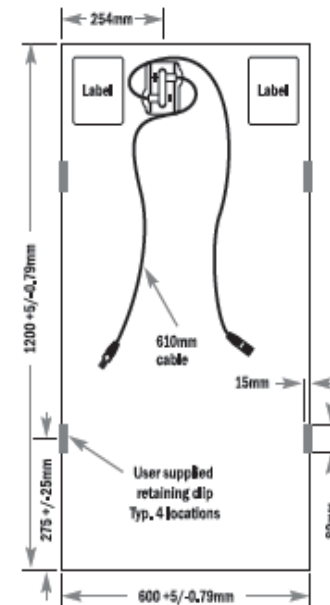
MODEL NUMBERS AND RATINGS AT STC <sup>1</sup> *					
Nominal Values		FS-270	FS-272	FS-275	FS-277
Nominal Power(+/-5%)	$P_{MPP}(W)$	70	72.5	75	77.5
Voltage at $P_{MAX}$	$V_{MPP}(V)$	65.5	66.6	68.2	69.9
Current at $P_{MAX}$	$I_{MPP}(A)$	1.07	1.09	1.10	1.11
Open Circuit Voltage	$V_{OC}(V)$	88.0	88.7	89.6	90.5
Short Circuit Current	$I_{SC}(A)$	1.23	1.23	1.23	1.22
Maximum System Voltage	$V_{SYS}(V)$	1000 (600 UL <sup>2</sup> )			
Temperature Coefficient of $P_{MPP}$	$T_k(P_{MPP})$	-0.25%/°C			
Temperature Coefficient of $V_{OC}$ , high temp (>25°C)	$T_k(V_{OC}, high temp)$	-0.25%/°C			
Temperature Coefficient of $V_{OC}$ , low temp (-40°C to +25°C)	$T_k(V_{OC}, low temp)$	-0.20%/°C			
Temperature Coefficient of $I_{SC}$	$T_k(I_{SC})$	-0.04%/°C			
Limiting Reverse Current <sup>3</sup>	$I_R(A)$	2			
Maximum Source Circuit Fuse	$I_{CF}(A)$	10 (2 UL/IEC61730 <sup>4</sup> )			

MODEL NUMBERS AND RATINGS AT 800W/m <sup>2</sup> , 45°C, AM 1.5*					
Nominal Values		FS-270	FS-272	FS-275	FS-277
Nominal Power(+/-5%)	$P_{MPP}(W)$	52.6	54.4	56.3	58.1
Voltage at $P_{MAX}$	$V_{MPP}(V)$	61.4	62.5	63.9	65.4
Current at $P_{MAX}$	$I_{MPP}(A)$	0.86	0.87	0.88	0.89
Open Circuit Voltage	$V_{OC}(V)$	81.8	82.5	83.3	84.2
Short Circuit Current	$I_{SC}(A)$	1.01	1.01	1.01	1.00

### MECHANICAL DESCRIPTION

Length	1200mm	Thickness	6.8mm
Width	600mm	Area	0.72m <sup>2</sup>
Weight	12kg	Leadwire	3.2mm <sup>2</sup> , 610mm
Connectors	Solarline 1 type connector		
Bypass Diode	None		
Cell Type	CdS/CdTe semiconductor, 116 active cells		
Frame Material	None		
Cover Type	3.2mm heat strengthened front glass laminated to 3.2mm tempered back glass		
Encapsulation	Laminate material with edge seal		

### MECHANICAL DRAWING



Efficiency at 200W/m<sup>2</sup>: First Solar Series 2 PV Modules experience an increase in efficiency of 2% at 200W/m<sup>2</sup> when compared to the efficiency at 1000W/m<sup>2</sup>. Refer to First Solar Application Note PD-5-420 for detailed analysis of the performance at low light levels.

\* All ratings +/-10%, unless specified otherwise. Specifications are subject to change.

<sup>1</sup> Standard Test Conditions (STC) 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, 25°C

<sup>2</sup> Required to maintain UL compliance

<sup>3</sup> The procedure specified in EN50380, Section 3.6.2 is designed for crystalline silicon modules. Because of the cell configuration of thin film modules, extreme voltage and power levels are required to induce reverse currents in the modules, resulting in temperatures well beyond normal operating ranges or the temperatures intended for the test. Because of this, the IR rating for the module is lower than the fuse requirement for safe operation of the module.

<sup>4</sup> Required to maintain UL and IEC 61730 compliance

## High Performance PV System Solutions

### Key Features:

- Produces high energy output across a wide range of climatic conditions with excellent low light response and temperature response coefficient
- Proven to perform as predicted with a high Performance Ratio (PR)
- Frameless laminate is robust, cost-effective and recyclable, and does not require module grounding
- Manufactured in highly automated, state-of-the-art facilities certified to ISO9001:2000 and ISO14001:2004 quality and environmental management standards



## EK E : Trafosuz evirici katalogu



INPUT DATA	Fronius IG Plus	35	50	70	100	120	150
DC nominal capacity		3700 W	4200 W	6800 W	8400 W	10500 W	12800 W
MPP voltage range		230 - 500 V	230 - 500 V	230 - 500 V	230 - 500 V	230 - 500 V	230 - 500 V
Max. Input voltage (for 1000 W/m <sup>2</sup> , -10°C)		600 V	600 V	600 V	600 V	600 V	600 V
Max. Input		16.0 A	18.3 A	29.7 A	36.6 A	45.8 A	54.9 A
<b>OUTPUT DATA</b>							
AC nominal capacity		3500 W	4000 W	6500 W	8000 W	10000 W	12000 W
Max. output		3500 W	4000 W	6500 W	8000 W	10000 W	12000 W
Max. efficiency		96.0 %	96.0 %	96.0 %	96.0 %	96.0 %	96.0 %
Euro efficiency		95.0 %	95.1 %	95.4 %	95.5 %	95.5 %	95.5 %
MPP adaptation efficiency		99.9 %	99.9 %	99.9 %	99.9 %	99.9 %	99.9 %
Main voltage / Frequency		230V / 50 Hz (60 Hz)					
Power connection		1-phase		2-phase / 1-phase (optional)		3-phase	
Harmonic distortion		< 3.5 %	< 3.5 %	< 3.5 %	< 3.5 %	< 3.5 %	< 3.5 %
Power factor		1	1	1	1	1	1
Power consumption at night		1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W
<b>GENERAL DATA</b>							
Measurements (height x width x depth)		631 x 434 x 244 mm		926 x 434 x 244 mm		1221 x 434 x 244 mm	
Connection area weight		11.0 kg		11.0 kg		11.0 kg	
Power module area weight		14.0 kg		26.0 kg		38.0 kg	
Protection class		IP 44	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44
Inverter concept		HF transformer					
Cooling		Regulated cooling					
Housing		Metal housing for inside and outside installation					
Ambient temperature range		From -20°C to +50°C					
Permitted humidity		0% to 95%					
<b>SAFETY EQUIPMENT</b>							
DC insulation measurement		Warning at R <sub>iso</sub> < 500k Ohm					
Overload behavior		Operating point shift, power limiter					
DC circuit breaker		Integrated					

The right to make technical modifications is reserved.





## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Sevnur EYİGÜN

**Doğum Yeri ve Tarihi:** İstanbul, 1982

**Adres:** Dr.Sıtkı Özferendeci s. No:41/6 Doğancılar/Üsküdar

**Lisans Üniversitesi:** İ.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümü