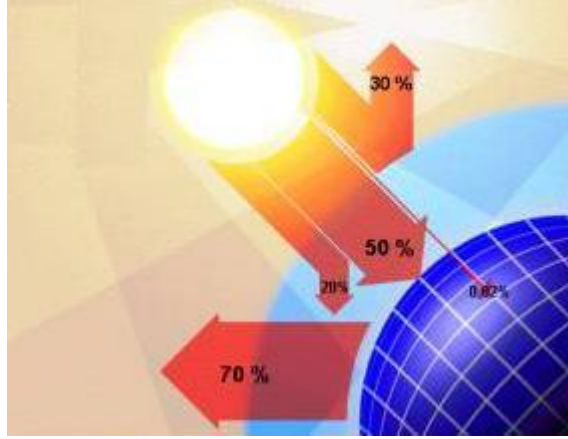


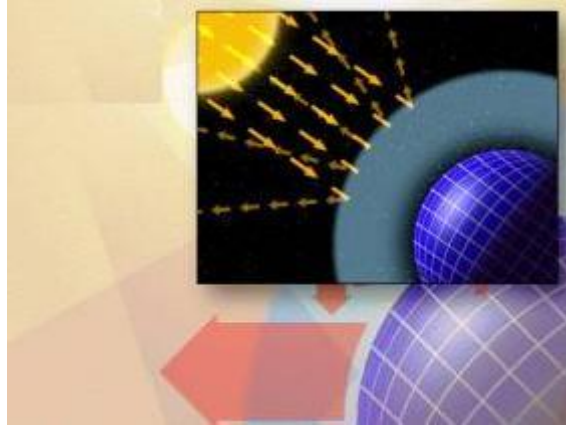
# BÖLÜM-5 GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ

## 5.1 GÜNEŞ ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ

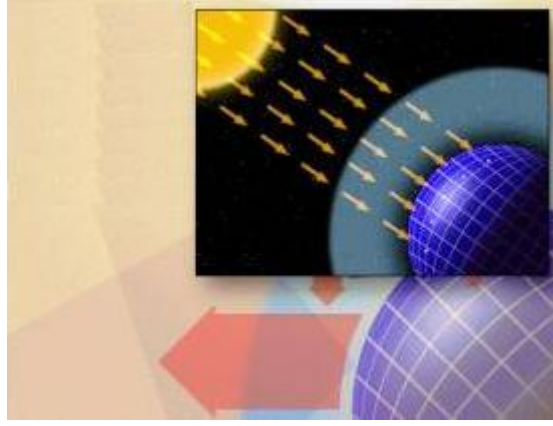
Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışınım enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.



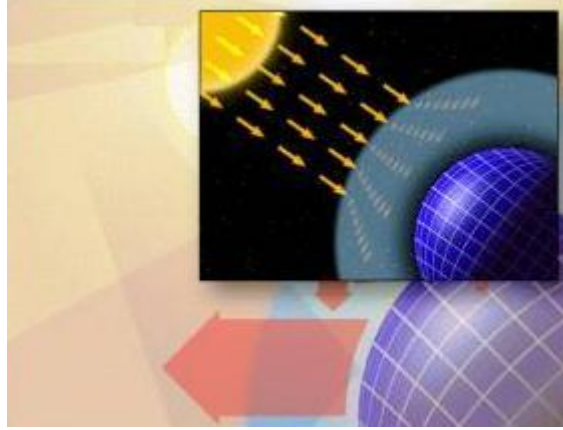
Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır.



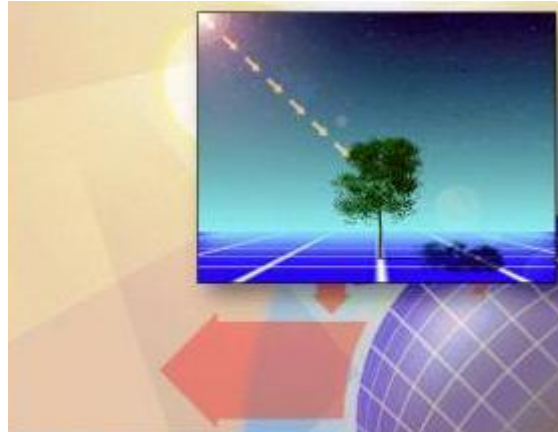
Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşamaz, %30 kadarı atmosfer tarafından geriye yansıtılır.



*Güneş ışınımının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur.*



*Güneşten gelen ışınımının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur.*



*Yer yüzeyine gelen güneş ışınımının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Güneş, nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır.*



*Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:*

**Fotovoltaik Güneş Teknolojisi:** *Fotovoltaik hücreler denen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.*

**Isıl Güneş Teknolojileri:** *Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.*

#### **Fotovoltaik Hücreler**

*Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları ise 0,1- 0,4 mm arasındadır.*

*Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir.*

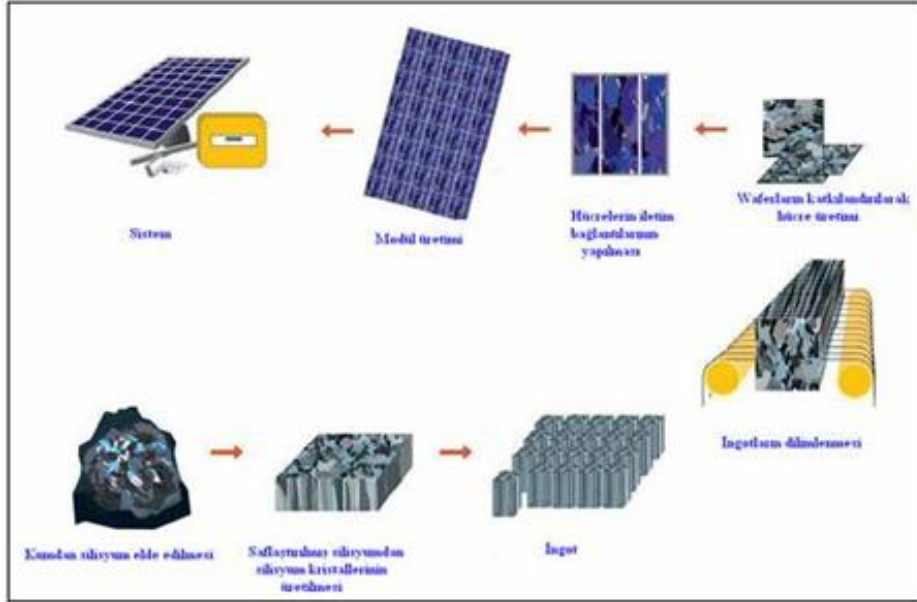
*Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan MEGA Watt'lara kadar sistem oluşturulur.*



Güneş Pili



Fotovoltaik Model



### Fotovoltaik Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler

Fotovoltaik hücreler pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilir. Günümüzde en çok kullanılan maddeler şunlardır:

**Kristal Silisyum:** Önce büyütülüp daha sonra 150-200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tek kristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen Çok kristal Silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de %2-5 kadar düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır.

**Galyum Arsenit(GaAs):** Bu malzemeye laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcı) verim elde edilmektedir. Diğer yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemlili GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde

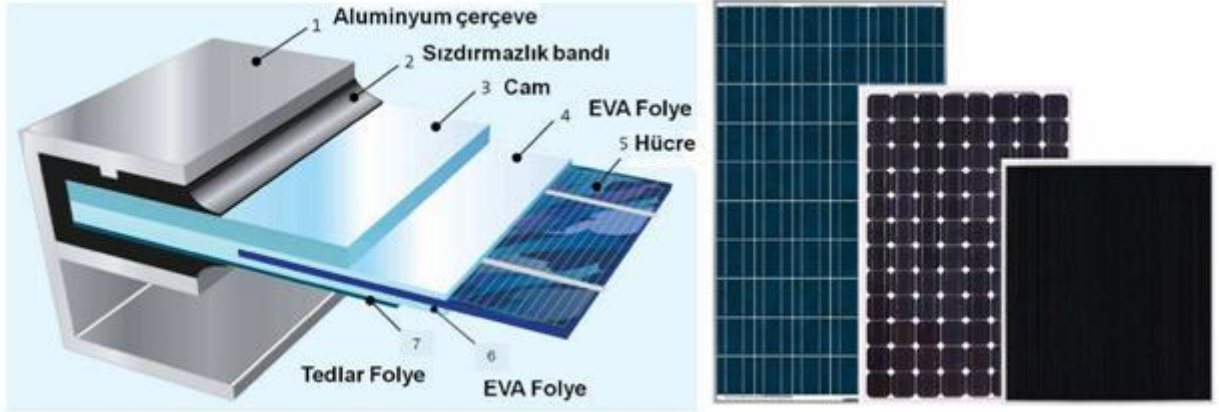
kullanılmaktadır.

**Amorf Silisyum:** Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum direkt güneş ışınımı az olan bölgelerde de santral uygulamalarında kullanılmaktadır. Amorf silisyumun bir başka önemli uygulama sahası ise binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler, bina dış koruyucusu ve enerji üretici uygulamalarıdır.

**Kadmiyum Tellürid(CdTe):** Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş hücre maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.

**Bakır İndiyum Diselenid(CuInSe<sub>2</sub>):** Bu çokkristal hücre laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.

**Optik Yoğunlaştırıcılı Hücreler:** Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi %20'nin, hücre verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemeden veya camdan yapılmaktadır.



Laboratuvarlarda ulaşılan en yüksek hücre verimleri 1 cm 2 'lik hücre alanı için:

Kristalsi güneş hücresi için: %24.5

Polikristalsi : %19.8

Amorfsi : %12.7

Çok Katlı Güneş Hücreleri : %40

### Son Yıllarda Üzerinde Çalışılan Güneş Pilleri

Ticari ortama girmiş olan geleneksel Si güneş hücrelerinin yerini alabilecek verimleri aynı ama üretim teknolojileri daha kolay ve daha ucuz olan güneş hücreleri üzerinde de son yıllarda çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

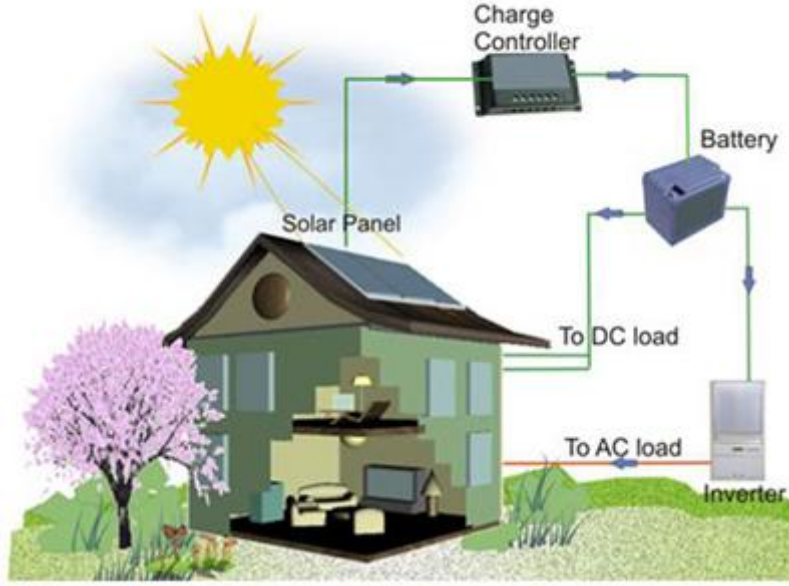
Bunlar; foto elektrokimyasal çok kristalli Titanyum Dioksit hücreler, polimer yapılı Plastik hücreler ve güneş spektrumunun çeşitli dalga boylarına uyum sağlayacak şekilde üretilebilen enerji bant aralığına sahip Kuantum güneş hücreleri gibi yeni teknolojilerdir.



### FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Güneş hücreleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar. Bu sistemler, geçmiş zamanlarda sadece yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımının zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırken, artık şebeke bağlantısı olan yerleşim yerlerinde de şebeke bağlantılı olarak evlerin çatılarına ve büyük ölçekli santral uygulamalarında da kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür.

Şebekeden bağımsız sistemlerde yeterli sayıda fotovoltaik modül, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Fotovoltaik modüller gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya fotovoltaik modüllerden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz.lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, fotovoltaik modüllerin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazda bulunur. Aşağıda şebekeden bağımsız bir fotovoltaik sistemin şeması verilmektedir.



Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler yüksek güçte-santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine verilir, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

Fotovoltaik sistemlerin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri

- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutma

### **Yoğunlaştırıcı Fotovoltaik Sistemler**

Silisyum bazlı düzlemsel fotovoltaik malzemeden oluşan hücre yüzeyine çarpan güneş ışığı, elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sistemlerde kullanılan malzeme ve hücre alanı büyük, verim düşüktür bu da maliyeti artırmaktadır. Silisyum olmayan ince film veya CPV (yoğunlaştırıcı fotovoltaik) teknolojileri ile silisyum veya diğer yarıiletken malzemenin kullanımını azaltmak mümkündür. Böylece, fosil yakıtlardan oluşan geleneksel şebeke elektriği ile güneş santral sistemlerinin ürettiği elektrik rekabet edebilecektir. İnce film teknolojilerinin üretimi ucuz olmasına rağmen, daha nadir kullanılması ve kaynak malzemenin (Ga, In gibi) pahalı olması, verimli ve güvenilir olmalarına rağmen, yaygın kullanımını kısıtlamaktadır.



Diğer yandan, CPV teknolojisi, daha az malzeme kullanılması dolayısıyla daha düşük fiyat, yüksek verim ve daha etkin pratik bir yol sunmaktadır. Optik yoğunlaştırıcılar (CPV), güneş ışınlarını çok küçük bir alan kaplayan (1 cm<sup>2</sup>) hücrenin üzerine odaklar ve güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. CPV teknolojilerinde pahalı olmayan aynalar ve mercekler gibi optik malzemeler kullanılır.

CPV yoğunlaştırıcıdaki ışığın odaklandığı hedef alana bir PV yarıiletken malzeme yerleştirilir, diğer düzlemsel güneş hücrelerine göre daha küçük alana merceklerle sağlanan daha yüksek yoğunluktaki ışık ışınlarının düşürülmesi ile daha yüksek verimde enerji üretimi sağlanmaktadır. Burada kullanılan PV malzeme Si dan 10 kat daha pahalı olmasına rağmen yüksek verim ve az malzeme kullanımından dolayı toplam maliyet daha düşük olmaktadır.

CPV sisteminde kullanılan çok eklemlili güneş hücreleri, dönüşüm veriminin artmasına yardımcı olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre; çok eklemlili güneş hücrelerinin kullanılmasıyla verimi % 40 'a ulaşmıştır. Bu çok eklemlili PV sistemler, güneş spektrumunun önemli bir kısmını kullanarak, gelen güneş enerjisini daha verimli bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürmektedirler.










Concentrix

Yukarıdaki resimde geleneksel PV modülden daha küçük, ince, düzlemsel, yüksek performanslı ve düşük fiyatlı bir CPV modül örneği görülmektedir.

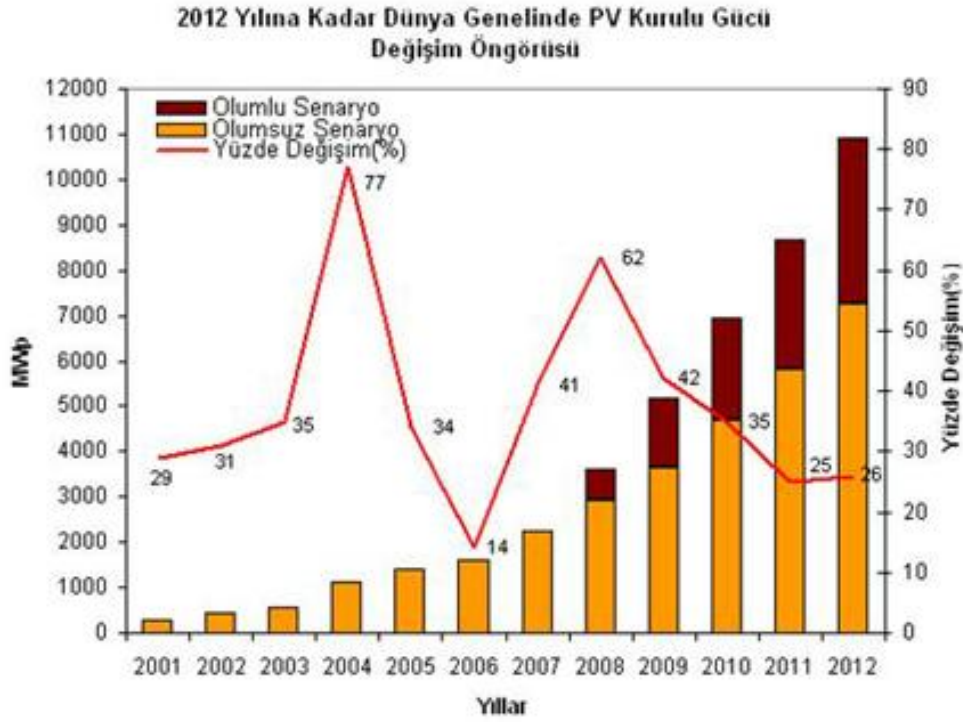
Bu CPV modüllerin düzlemsel PV ler ile karşılaştırıldığında avantajları:

- Verilen bir alana düşen güneş enerjisinden üretilen aynı miktardaki enerji için, diğer PV sistemlere göre aktif yarıiletken malzemenin maliyeti 1/1000 i kadardır.
- Güneşten üretilen elektriğin fiyatı günümüzde kullanılanın yarısından azdır.
- Düzlemsel PV nin veriminin iki katı verime sahiptir.

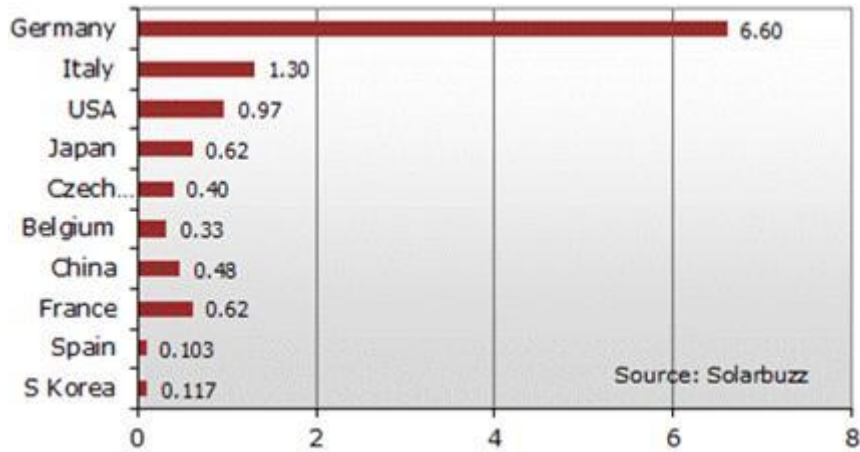
### FOTOVOLTAİK MODÜL VERİMİ

Technology	Thin Film					Crystalline Silicon	
	(a-Si)	(CdTe)	Cl(G)S	a-Si $\mu$ c-Si	Dye s. cells	Mono	Multi
							
Cell efficiency							
Module efficiency	4-8%	10-11%	7-11%	7-9%	2-4% (LAB)	13-19%	11-15%
Area Needed per KW (for modules)	~ 15 m <sup>2</sup>	~ 9m <sup>2</sup>	~ 10m <sup>2</sup>	~12m <sup>2</sup>		~7m <sup>2</sup>	~8m <sup>2</sup>
Source: EPIA 2010, Photon International, March 2010, EPIA analysis Efficiency based on Standard Test conditions.							





#### **DÜNYADA ÖNEMLİ PV PAZARINA SAHİP ÜLKELER**



#### **DÜNYADAKİ DURUM**

2011 yılı sonu itibarıyla kurulan en büyük PV santrali Hindistan 'da GUJARAT SOLAR PARK'ta 239 MW, GOLMUD SOLAR PARK 'ta 200 MW, ayrıca 2019' da bitirilmesi planlanan; Çin 'de 2000 MW 'lık bir PV santral projesi bulunmaktadır.



*Kristal PV teknolojisine dayalı bir MW 'lık santral için, 15- 20 dönüm, ince film PV santral için ise, 25- 30 dönüm alana ihtiyaç vardır.*



### **Fotovoltaik Hücrelerin Yapısı Ve Çalışma Prensipleri**

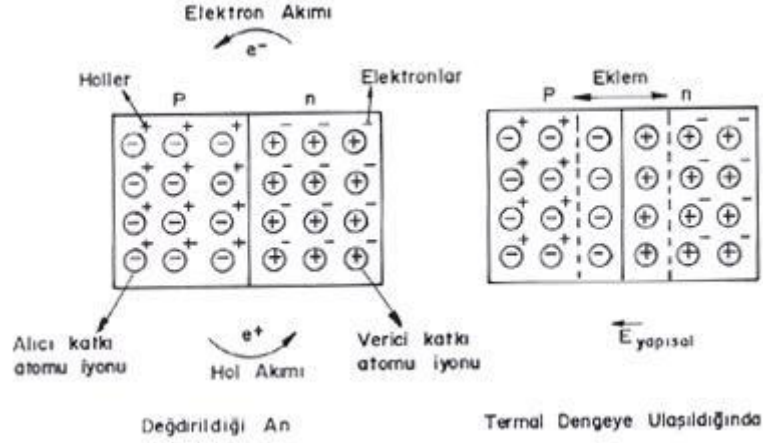
*Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi fotovoltaik hücreler de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında fotovoltaik hücre yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir.*



*Yarı-iletken maddelerin fotovoltaik hücre olarak kullanılabilmesi için n ya da p tipi katkı maddeleri gereklidir. Katkılama, saf yarıiletken eriyik içerisinde istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı-iletkenin n ya da p tipi olması katkı maddesine bağlıdır. En yaygın güneş pili maddesi olarak kullanılan silisyumdan n tipi silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. Silisyum'un dış yörüngesinde 4, fosforun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için, fosforun fazla olan tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle V. grup elementlerine 'verici' ya da 'n tipi' katkı maddesi denir.*

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

*P ve N tipi katkılandırılmış malzemeler bir araya getirildiğinde yarıiletken eklemler oluşturulur. N tipi yarıiletkende elektronlar, p tipi yarıiletkende holler çoğunluk taşıyıcısıdır. P ve N tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötrdür. Yani P tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, n tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. PN eklem oluştuğunda, N tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, P tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, P bölgesi tarafında negatif, N bölgesi tarafında pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine 'geçiş bölgesi' ya da 'yükten arındırılmış bölge' denir. Bu bölgede oluşan elektrik alan 'yapısal elektrik alan (E<sub>y</sub>)' olarak adlandırılır. Aşağıda PN eklem oluşması şematize edilmiştir.*



Yarıiletken eklem fotovoltaiik hücre olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaiik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.

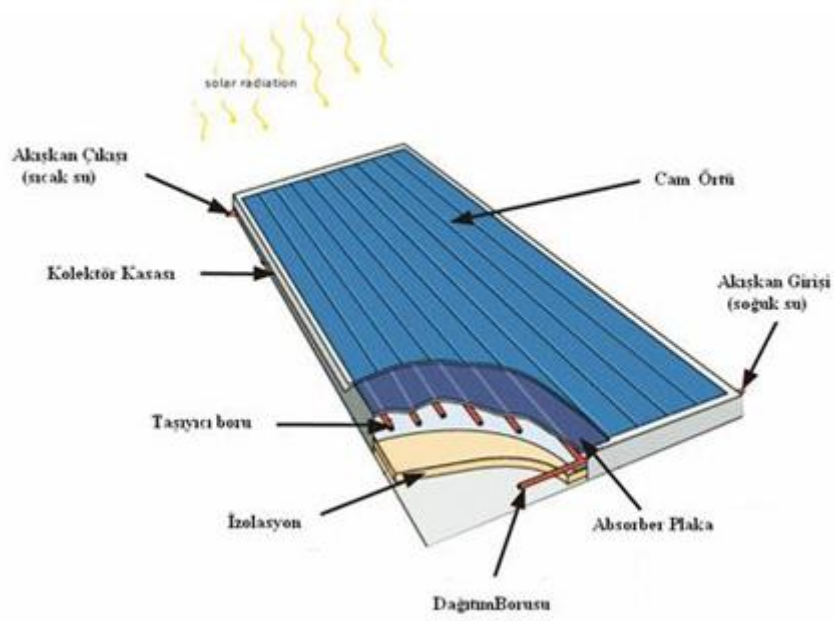
Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar Valans bandı ve İletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini Valans bandındaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem fotovoltaiik hücrenin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde fotovoltaiik hücre, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, fotovoltaiik hücrenin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun hücre yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder. Yarıiletkenin iç kısımlarında da, gelen fotonlar tarafından elektron-hol çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alan olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar.

## ISIL GÜNEŞ TEKNOLOJİLERİ

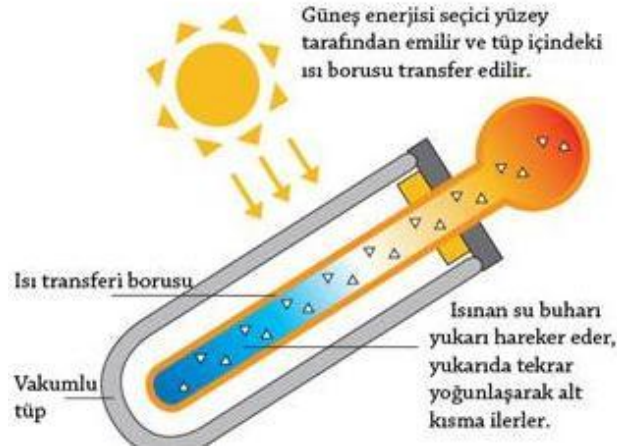
### 1-DÜŞÜK SICAKLIK SİSTEMLERİ

**Düzlemsel Güneş Kolektörleri:** Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kolektörler, yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılır. Bu konudaki Ar-Ge çalışmaları sürmekle birlikte, bu sistemler tamamen ticari ortama girmiş durumdadırlar. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanı 30 milyon m<sup>2</sup>'nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında Çin, ABD, Japonya, Avustralya İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye 18 milyon m<sup>2</sup> kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır.

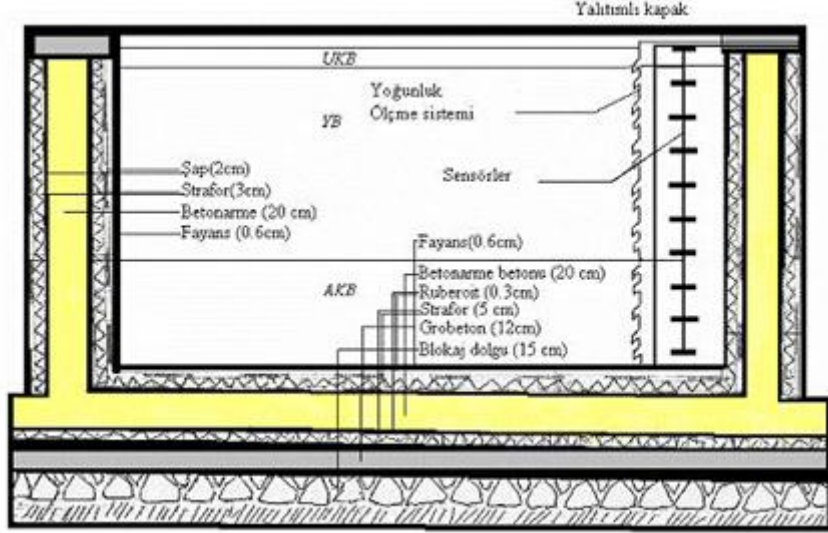




**Vakumlu Güneş Kolektörleri:** Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100- 120°C ), düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler.



**Güneş Havuzları:** Yaklaşık 5- 6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayarak 90°C sıcaklıkta sıcak su eldesinde kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulursa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş havuzları konusunda en fazla İsrail'de çalışma ve uygulama yapılmıştır. Bu ülkede 150 kW gücünde 5 MW gücünde iki sistemin yanında Avustralya'da 15 kW ve ABD'de 400 kW gücünde güneş havuzları bulunmaktadır.



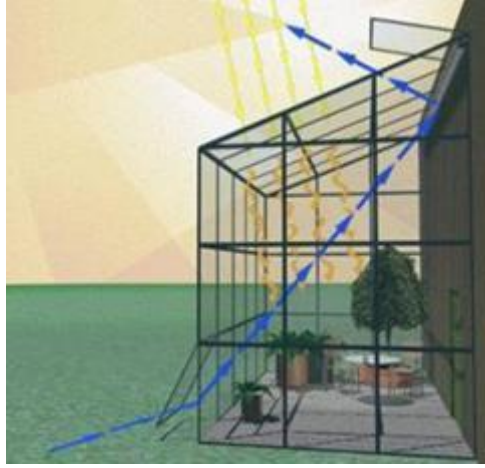
**Güneş Bacaları:** Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeye kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava, çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapıp, hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde 15 m/sn hızda hava akışı-rüzgar oluşacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgar türbini bu rüzgarı elektriğe çevirecektir. Bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir. Deneysel bir kaç sistem dışında uygulaması yoktur.



**Su Arıtma Sistemleri:** Bu sistemler esas olarak sıg bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf-cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su bu kapaklar üzerinde yoğunlaşarak toplanırlar. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Su arıtma havuzları üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına ve verimin artırılmasına yöneliktir.



**Güneş Mimarisi:** Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kolektörleri, fotovoltaik modüller vb. aktif ekipmanlar da yararlanılabilir.



**Ürün Kurutma ve Seralar:** Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilir. Bu sistemler dünyada kırsal yörelerde sınırlı bir biçimde kullanılmaktadırlar.



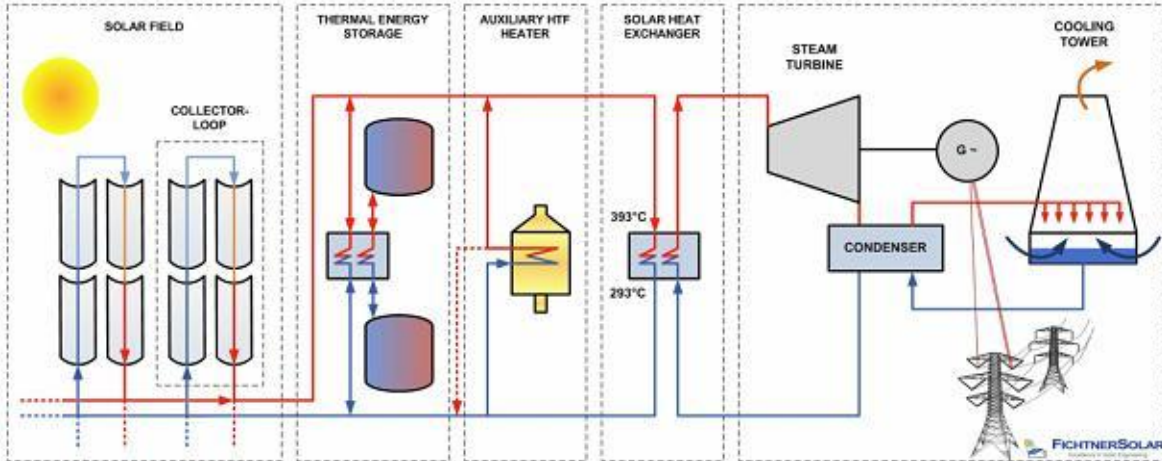


**Güneş Ocakları:** Çanak şeklinde ya da kutu şeklinde, içi yansıtıcı maddelerle kaplanmış güneş ocaklarında odakta ısı toplanarak yemek pişirmede kullanılır. Bu yöntem, Hindistan, Çin gibi bir kaç ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır.



## 2-YOĞUNLAŞTIRICI SİSTEMLER

**Parabolik Oluk Kolektörler:** Parabolik güneş kolektörleri diğer termoelektrik teknolojilerine göre en yaygın kullanılan teknolojidir. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Kolektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda ısı transfer akışkanı olarak ısı transfer yağı kullanılmakla birlikte, çevreye zarar vermeyen ve daha ucuz olan suyun kullanılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemlerde yüksek yoğunlaştırma kapasitesi sayesinde yüksek sıcaklıklara (350- 400°C ) ulaşılmaktadır. MW başına maliyet yaklaşık olarak 5 Milyon € olup 35000 m<sup>2</sup>/MW alan gerekmektedir. Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemler ticari ortama girmiş olup, bu sistemlerin en büyük ve en tanınmış olanı 354 MW gücündeki Kramer&Junction eski Luz International santralidir.





### **Parabolik Çanak Sistemler**

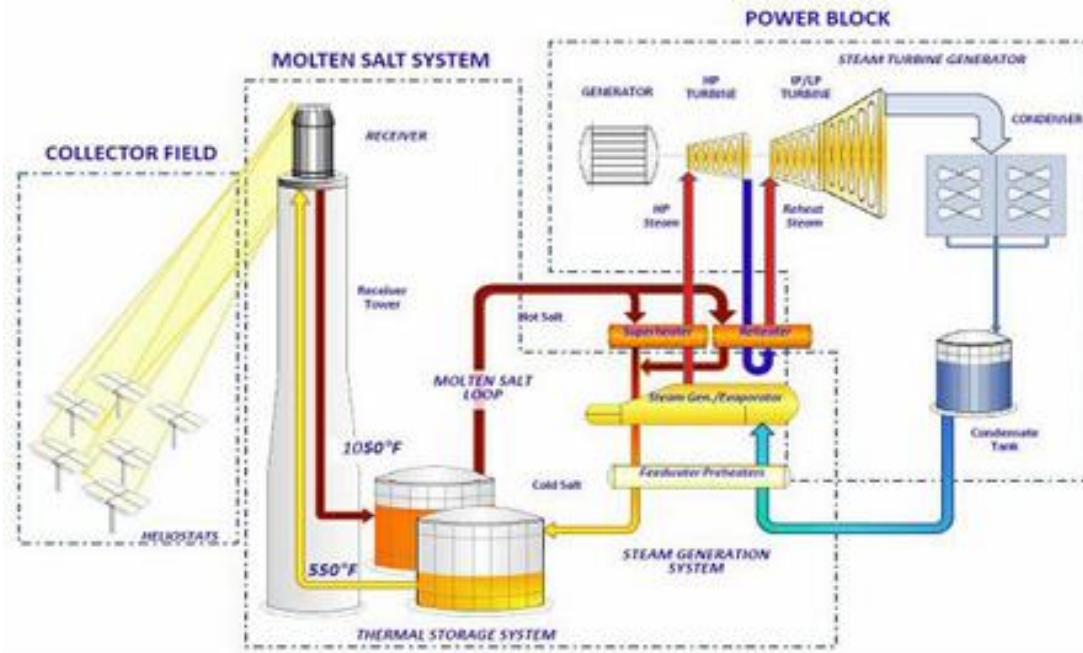
İki ekseninde güneşi takip ederek, sürekli olarak güneş ışınlarını odak noktasına yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde % 30 civarında verime ulaşılmaktadır. Diğer teknolojilere göre avantaj ve dezavantajları;

- Noktasal odaklama yapan bu teknolojiye termik kayıp yoktur.
- Güneş yoğunlaştırma oranları yaklaşık olarak parabolik olukta 80 ve kule teknolojisinde 1000 iken, bu teknolojiye 15000'dir.
- Özel bir Stirling motor kullanılmaktadır. Az üretilen bu motor, içinde receiver ve içi helyum ve hidrojen dolu tüpleri bulundurmaktadır.
- 10 kW için 1 milyon €'luk yatırım maliyeti ile oldukça pahalı bir teknolojidir.



### **Merkezi Alıcı Sistemler**

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen ve 100 m<sup>2</sup> den daha büyük yüzeye sahip aynalar, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiş Alıcı denene (Receiver) yüksek ısı absorbe katsayısına sahip ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden ısı transfer akışkanı geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı transfer akışkanı olarak sıvı tuz veya hava kullanılmakta ve 800°C sıcaklığa ulaşılmaktadır. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir. MW başına maliyet yaklaşık olarak 3,5-4,5 Milyon € olup 35000 m<sup>2</sup>/MW alan gerekmektedir. Bu sistemlerin faaliyette olanlarından en büyüğü 20 MW gücündeki İspanya'nın Sevilla şehrinde bulunan PS20 santralidir.

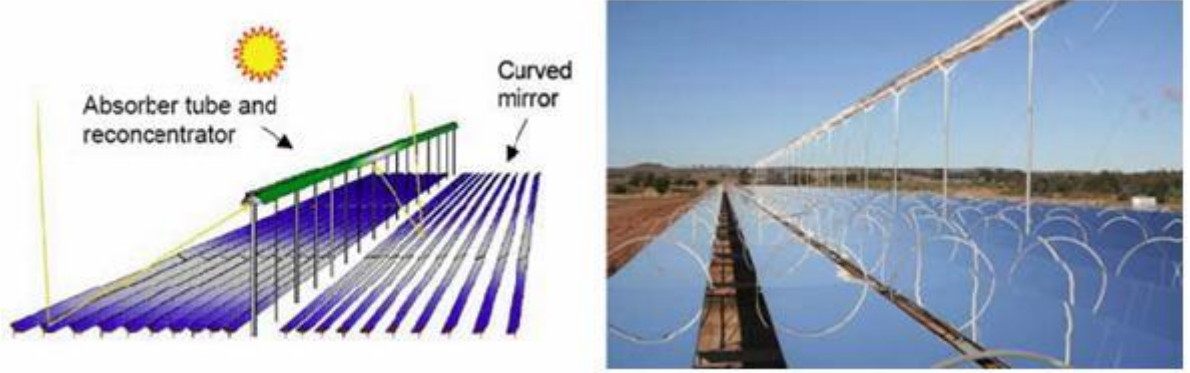


### **Fresnel Oluk Teknolojisi**

*Doğrusal Fresnel Oluk Teknolojisinde de parabolik oluk teknolojisi gibi doğrusal yoğunlaştırma yapılıdır. Parabolik oluktan farkı ise alıcı sabit bir yükseklikte olup yansıtma işlemi güneşi takip edebilen sıra sıra dizilmiş düz aynalarla gerçekleştirilir. Sistemde bulunan alıcı (receiver) yansıtıcı aynalardan yaklaşık 10 m yüksekte bulunur. Bu yükseklik, optik verimin parabolik oluk kolektörlere göre düşük olmasına neden olmaktadır. Çünkü yansıtma kayıpları, ışınımın dağılması nedeniyle oldukça fazladır. Buna bağlı olarak termik verim de düşük olmaktadır.*

*Parabolik oluk teknolojisine göre daha düşük maliyetli olan bu sistemde, receiver yüksekliğini düşürmek suretiyle verim artırılabilir, ancak bu durumda da, güneş enerjisi toplama alanı küçüleceğinden daha çok panel kullanmak gerekecektir. Bu da, maliyeti yükseltecek bir unsurdur. Yansıtıcı aynaların bir hizada olmaları yerine, yandan boyuna bakıldığında parçalı parabolik oluklu sisteme benzer bir kesit şeklinde dizilmesiyle de verim artırılabilir.*

Dünyada fresnel teknolojisi ile kurulan en büyük tesis İspanya'nın Murcia bölgesinde bulunan 31,4 MW gücündeki Puerto Errad 1+2 santralidir.



### **Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri**

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, yoğunlaştırıcı kolektörler için de geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı kolektör teknolojisinin daha karmaşık olması nedeniyle, yeni tariflerin yapılması gereklidir.

Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana 'açıklık alanı' ve güneş enerjisinin yutulmuş ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye 'alıcı yüzey' denir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri 'yoğunlaştırma oranı' dır. Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesindedir.

### **Doğrusal Yoğunlaştırıcılar**

Parabolik oluk kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşur. Oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yansıtır.

Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.





### **Noktasal Yoğunlaştırıcılar**

*İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba ayrılır.*

*Parabolik çanak kolektörler iki eksende güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırırlar.*

*Merkezi alıcı sistemde, tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiş ve alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtır. Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanır.*



### **Yoğunlaştırıcı Sistemler İle Elektrik Üretimi**

*Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemlerdir. Fakat son 20 yıl içerisinde fotovoltaik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş*



enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, konvansiyonel yöntemlerle elektrik üretimidir.

Güneş termal güç santralleri, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kolektörler bakımından farklılık gösterirler. Toplama elemanı olarak parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kolektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilir. Parabolik çanak kolektörler kullanılan sistemlerde de ya aynı yöntem kullanılır ya da merkeze yerleştirilen bir motor ( Stirling ) yardımı ile direkt olarak elektrik üretilir. Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar (heliostat) yardımı ile alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtılır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından konvansiyonel yollarla elektrik elde edilir.

### **GÜNEŞ TERMAL GÜÇ SANTRALLERİNİN TASARIM İLKELERİ**

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Bölge seçimi,
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi,
- Parametrelerin optimizasyonu,
- Bölge Seçimi.

Santralin tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Yıllık yağış miktarının düşük olması,
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması,
- Hava kirliliğinin olmaması,
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,
- Rüzgar hızının düşük olması.

### **GÜNEŞ ENERJİSİ VE İKLİM DEĞERLENDİRMESİ**

Santralin tesis edileceği bölgenin, yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine ve metrekaşe başına yıllık 1500 kWh'lık bir güneş enerjisi değerine sahip olması gereklidir. Ayrıca, 4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısının 150 den az olmaması gereklidir. Yukarıdaki şartları sağlayan bir bölgede santral tasarımı için aşağıdaki çalışmaların yapılması gerekir.

### **Uzun Dönem Performans Değerlendirmesi**

Yoğunlaştırıcı kolektörlerin uzun dönem performans değerlendirilmesi için saatlik direkt güneş enerjisi değerleri kullanılır. Bu değerler ölçümlerden elde edilemediği zaman, bir model yardımı ile günlük toplam güneş enerjisi değerlerinden elde edilmelidir. Coğrafi bölge ve kolektör seçiminin yapılmasında uzun dönem yıllık güneş enerjisi değerlerinden faydalanılır. Bu değerler aynı zamanda ekonomik analiz için de gereklidir.

### **İzleme Modülünün Seçimi**

Doğrusal yoğunlaştırıcı kolektörler, Kuzey-Güney veya Doğu-Batı doğrultusunda yerleştirilebilir. Yön seçilirken, maksimum güneş enerjisinin hangi doğrultuda alındığı göz önünde bulundurularak yerleştirme yapılır. Genelde Kuzey-Güney doğrultusunda yerleştirmekle en iyi sonuç elde edilir.

### **Parametrelerinin Optimizasyonu**

Doğrusal yoğunlaştırma yapan ve ısı transfer akışkanı olarak termal yağ kullanılan sistemlerde çalışma parametrelerinin optimizasyonu için aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

*Isı Transfer Yağının Seçimi: Güneş termal güç santralinin verimli çalışması büyük ölçüde, uygun ısı transfer akışkanının seçimine bağlıdır. Bu akışkanın dolaştığı sistem parçaları, 0 °C ile 300 °C arasında değişen sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalırlar. Bu nedenle güç santrallerinde kullanılan ısı transfer akışkanında aşağıdaki özellikler aranır:*

- Yüksek yanma noktası(500 °C 'ın üstünde)
- Düşük buharlaşma basıncı
- Düşük sıcaklıklarda yüksek akışkanlık
- Yüksek yoğunluk
- Yüksek sıcaklıklarda(300 °C) sürekli çalışabilme

*Bu kriterlerin hepsini sağlayan bir yağda ayrıca 0oC ve 300oC arasında basınç düşmesinin minimum olması gerekir.*

### **Basınç Düşmesi**

*İşletme basıncı; santralin önemli çalışma parametrelerinden biridir. İşletme basıncının maksimum ve minimum değerleri, işletme sıcaklığının maksimum ve minimum değerleri ile sınırlanır. Bu basıncın alt limiti ısı transfer akışkanının buharlaşmasını engelleyecek bir değerde olmalıdır.*

### **Boru Boyutlandırması**

*Sistemdeki sıvının sirkülasyonu için kullanılan boru şebekesi, absorban borulardan ve esnek hortumlardan oluşur. Kolektörlerdeki absorban borular sabittir. Fakat kolektörler arasındaki bağlantıyı sağlayan esnek hortumlar hareketli olduğu için uygun olarak boyutlandırılması önem taşır. Boruların çapının artırılması, akışkan hızını ve basıncını düşürür. Hızın düşmesi ile artan ısı kayıpları maliyeti olumsuz yönde etkiler. Bunun için boru çapı belirlenirken, sistem basınç düşüşünün minimum olmasına ve çalışma basıncının işletme maliyetini minimum seviyeye getirmesine dikkat edilmelidir.*

### **Kapasite Seçimi**

*Sistemdeki sıvının sirkülasyonu için kullanılan boru şebekesi, absorban borulardan ve esnek hortumlardan oluşur. Kolektörlerdeki absorban borular sabittir. Fakat kolektörler arasındaki bağlantıyı sağlayan esnek hortumlar hareketli olduğu için uygun olarak boyutlandırılması önem taşır. Boruların çapının artırılması, akışkan hızını ve basıncını düşürür. Hızın düşmesi ile artan ısı kayıpları maliyeti olumsuz yönde etkiler. Bunun için boru çapı belirlenirken, sistem basınç düşüşünün minimum olmasına ve çalışma basıncının işletme maliyetini minimum seviyeye getirmesine dikkat edilmelidir.*

### **Korozyon**

*Sistemin ısı kayıplarını minimum seviyeye getirirken prosesin olduğu kısımlar ve kolektörler korozyondan korunmalıdır. Örneğin ekipman içinde yoğunlaşmasına izin verilen buharın, ısı değiştirgecinde ıslak buhar korozyonuna neden olmaması için, süper ısıtıcılarda kızgın buhar haline getirilir.*

### **Parabolik Oluk Konnektörler**

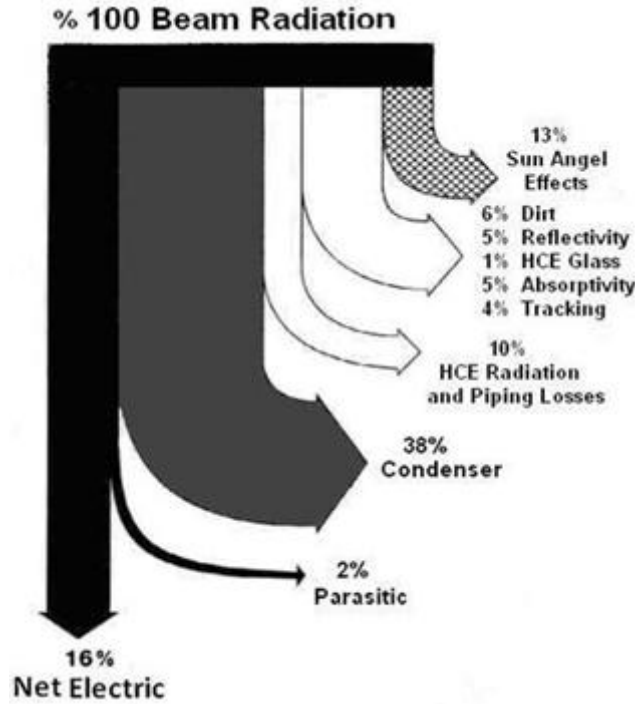
*Parabolik oluk kolektörlü güç santralleri, güneş tarlası, buhar ve elektrik üretim sistemlerinden oluşur. Bu santrallerde proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.*

*Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik oluk kolektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini 4 mm kalınlığında ve yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar. Parabolik oluk*

kolektörler grupları yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur.

Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık % 97 lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için antirefleksif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır.

Güneş tarlası kontrol sistemi; genel kontrol sistemi ve her kolektör grubunda bulunan lokal kontrol ünitelerinden oluşur. Genel kontrol sistemi güneşlenme durumunu izler ve buna göre sistemi tamamen ya da kısmen açar ya da kapatır. Bu işlem, lokal kontrol üniteleriyle iletişim içinde yapılır. Lokal kontrol üniteleri, her kolektör grubunu ayrı ayrı kontrol ederek güneşin takip edilmesini sağlarlar.



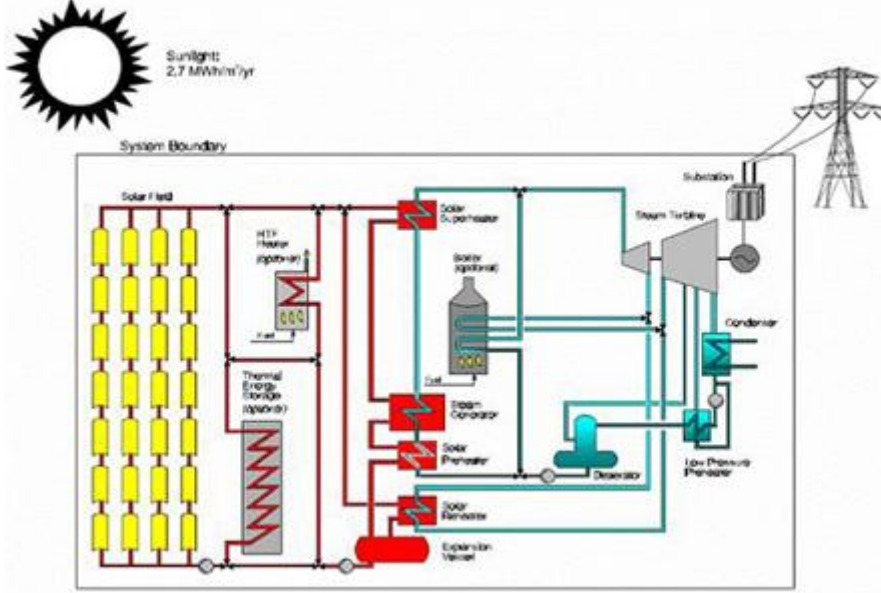
Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve süper ısıtma bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 371 o C ve 100 bar basınca yükseltile buhar, elektrik üretimi için türbine gönderilir. Üretimden sonra yeterince soğumayan buhar, yeni bir çevrime gönderilmeden, yeniden aynı sıcaklığa kadar ısıtılır ve tekrar türbine gönderilir. Bu ikinci çevrimden sonra artık soğuyan buhar, sıkıştırılıp sıvı hale getirildikten sonra yeni bir çevrime gönderilir.

Güneş enerjili güç santrallerinde, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda, kesintisiz elektrik üretimini sağlamak için ilave ısıtıcılar kullanılır. Petrolle ya da doğal gazla çalışan ilave ısıtıcılar, aynı sıcaklık ve basınçta buhar üretirler. Şekilde gelen güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi ve kaçaklar görülmektedir.

#### **Parabolik Oluk Elektrik Santrallerinde Elektrik Verimi**

SEGS teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankin çevrimli buhar türbin sistemine dayanır. Güneş Santrali, parabolik oluk kolektör gruplarından (Solar Collecting Assemblies-

SCA) meydana gelmiştir. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden ve yansıtıcı yüzeyleri vasıtasıyla güneş ışınlarını odaklayarak çelik boru üzerinde yoğunlaştıran kolektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, absorban olarak kullanılan ve özel bir madde ile kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış cam bir tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 390 °C civarına kadar ısıtılır ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilir.



Güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda, kesintisiz enerji üretimini sağlamak için, doğal gazlı ısıtıcı sistem kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin yeterli, yetersiz veya hiç olmama durumuna göre sistem üç değişik şekilde çalışır.

Güneş enerjinin yeterli olduğu durumlarda, ısı transfer akışkanı doğrudan güneş tarlasından geçer. Yetersiz veya hiç olmama durumlarında ise doğal gazlı ısıtıcılarla desteklenir veya tamamen bu ısıtıcılar devreye sokulur. Her iki enerji kaynağının da kullanıldığı durumda, hem güneş enerjisinden hem doğal gazdan yararlanabilmek için baypas valfi açık bırakılır. Bu durumda güneş tarlasında ısınan sıvı, destek ısıtıcılar yardımı ile çalışma sıcaklığına ulaşmaya kadar ısıtılır.

### **Parabolik Çanak Kolektörler**

Parabolik çanak kolektörler, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırırlar. Bu kolektörlerin yüzeyleri de parabolik oluk kolektörlerin yüzeyleri gibi yansıtıcı aynalarla kaplanmıştır. Gelen güneş enerjisi bu aynalar vasıtası ile odaktaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürür. Elektrik üretiminden başka, bu kolektörler buhar ya da sıcak hava üretimi için de kullanılır.

Parabolik çanak kolektörler ile elde edilen elektrik, diğer yöntemlerle elektrik üreten santrallere destek amacıyla ve maden ocakları, radar istasyonları ya da uzak köylerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılır. Ayrıca, endüstride buhar üretimi, yer altı enjeksiyonu, petrol çıkartılması gibi işlemler için kullanılır.

Bu santraller, küçük modüllerden oluştuğu için enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitede tesis edilebilirler. Günümüzde uygulamaları aşağıda verilmiştir. Günümüzde henüz



ekonomik olmayan parabolik çanak kolektörlü sistemlerin araştırma ve geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Bu çalışmalarda amaç, birim alan maliyetini düşürmek ve verimini artırmaktır.

### **MERKEZİ ALICI GÜÇ SANTRALLERİ**

Güneş enerjisini yoğunlaştırarak elektrik üreten diğer bir uygulama da merkezi alıcı güç santralleridir. Bu santrallerde güneş enerjisi, heliostat denen aynalar yardımı ile bir kule üzerine yerleştirilmiş olan alıcıya yansıtılır. Bu yolla 1000 Co'nin üzerinde sıcaklık elde edilir. Heliostatlar, merkezi bir bilgisayar yardımı ile güneşi takip ederek güneş enerjisini kule üzerindeki alıcıya yansıtırlar.

Alıcıda ısıtılan akışkan, buhar jeneratörüne gönderilerek buhar üretilir. Bu buhar, buhar türbininden geçirilerek elektrik üretilir. Bu çevrimden sonra buhar, kondansatörde soğutma suyu çevrimi ile soğutulur ve tekrar buhar jeneratörüne döner. Isı transfer akışkanı buhar jeneratöründen geçtikten sonra alıcıya gönderilir.

### **Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri**

Güneş kolektörlü sıcak su sistemleri, güneş enerjisini toplayan düzlemsel kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır.

Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşimli ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı sistem olarak dizayn edilirler.

**Tabii Dolaşimli Sistemler:** Tabii dolaşimli sistemler ısı transfer akışkanının kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. Kolektörlerde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerde depo kolektörün üst seviyesinden en az 30 cm yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk (ağır) su kolektörlerde ısınarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir. Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Tabii dolaşimli sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanır. Deponun yukarıda bulunması zorunluluğu nedeniyle büyük sistemlerde uygulanamazlar. Pompa ve otomatik kontrol devresi gerektirmediği için pompalı sistemlere göre biraz daha ucuzdur.

**Pompalı Sistemler:** Isı transfer akışkanının sistemde pompa ile dolaştırıldığı sistemlerdir. Deposunun yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Büyük sistemlerde su hatlarındaki direncin artması sonucu tabii dolaşımın olmaması ve büyük bir deponun yukarıda tutulmasının zorluğu nedeniyle pompa kullanma zorunluluğu doğmuştur.

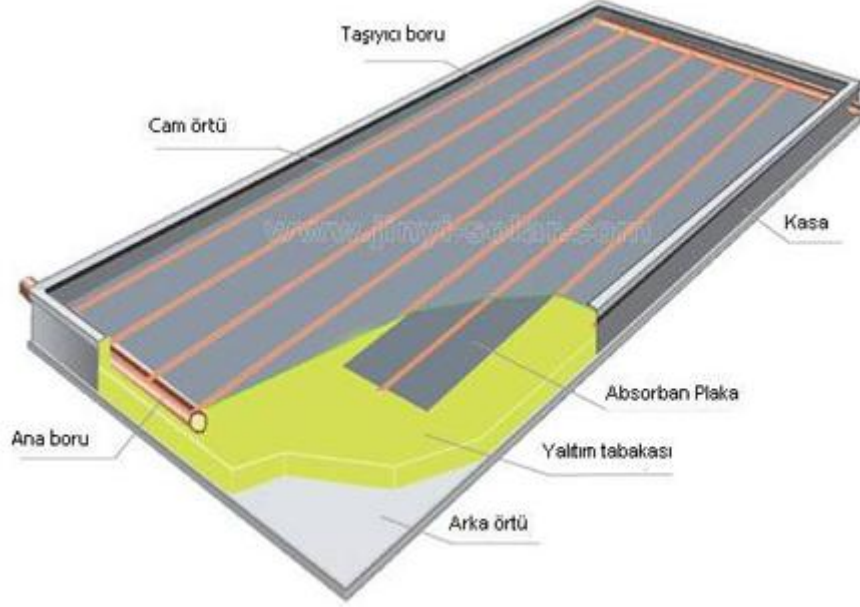
**Açık Sistemler:** Açık sistemler kullanım suyu ile kolektörlerde dolaşan suyun aynı olduğu sistemlerdir. Kapalı sistemlere göre verimleri yüksek ve maliyeti ucuzdur. Suyu kireçsiz ve donma problemlerinin olmadığı bölgelerde kullanılırlar.

**Kapalı Sistemler:** Kullanım suyu ile ısıtma suyunun farklı olduğu sistemlerdir. Kolektörlerde ısınan su bir eşanjör vasıtasıyla ısısını kullanım suyuna aktarır. Donma, kireçlenme ve korozyona karşı çözüm olarak kullanılırlar. Maliyeti açık sistemlere göre daha yüksek verimleri ise eşanjör nedeniyle daha düşüktür.

### **Düzlemsel Güneş Kolektörleri**

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır.

Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, kolektörün en önemli parçası olan absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve yukarıdaki bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur.



**Üst Örtü:** Kolektörlerin üstten olan ısı kayıplarını en aza indiren ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorban plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir. Bilinen pencere camının geçirme katsayısı 0.88'dir. Son zamanlarda özel olarak üretilen düşük demir oksitli camlarda bu değer 0.95 seviyesine ulaşmıştır. Bu tür cam kullanılması verimi %5 mertebesinde artırır.

**Absorban Plaka:** Absorban plaka kolektörün en önemli bölümüdür. Güneş ışınları, absorban plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan sıvıya aktarılır. Absorban plaka, borular ile sıkı temas halinde olmalıdır. Alüminyumda olduğu gibi, akışkan borularının kanatlarla bir bütün teşkil etmesi en iyi durumdur. Bakır ve sacda bu mümkün olmadığı için akışkan boruları ile plakanın birbirine temas problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problem ya tamamen ya da belli aralıklarla lehim veya kaynak yapmakla çözülebilir.

**Isı Yalıtım:** Kolektörün arkadan olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır. Absorban plaka sıcaklığı, kolektörün boş kalması durumunda 150 °C'a kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir. Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır.

Kaynak: [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx) (1.02.2015 tarihinde erişildi)

## **YEGM'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ ÇALIŞMALARI**

*EİE, Enerji Kaynakları Etüt Dairesi Başkanlığı, Güneş Enerjisi Şubesi, 1982 yılından bu yana güneş enerjisi konusunda araştırma, geliştirme, bilgilendirme ve demonstrasyon çalışmaları 02 Kasım 2011 tarihinden itibaren yeni kurulan YEGM tarafından yürütmektedir. Çalışmaları arasında; teknoloji takibi, değerlendirilmesi, kaynak ve potansiyel belirlenmesi, kullanım alanlarının araştırılması ve araştırma-geliştirme ve demonstrasyon projeleri gerçekleştirilmesi yer almaktadır.*

### **1.Termal Uygulamalar Düzlemsel Güneş Kolektörleri Isıl Performans Deney Testi**

*Ülkemizde üretilen düzlemsel güneş kolektörlerinin Türk Standartları Enstitüsü tarafından verilen ürün belgesi ile ürün veya marka yenileme belgesi alabilmesi ve üretilen yeni bir ürünün ısıl performansının test edilmesi amacı ile Genel Müdürlüğümüzce ısıl performans deney testi yapılmaktadır.*

*Söz konusu test TS EN (12975-1/12975-2 / Mart 2008) nolu standartlara uygun olarak ücret karşılığında yapılmaktadır. Test ücretleri her yıl yenilenerek kurum internet sayfasında yayınlanmaktadır.*

*Testi yapılmış olan kolektörlerin sonuç raporları düzenlenerek TSE Ankara Laboratuvarları Başkanlığı'na resmi yazı ile gönderilir.*

*Üretici firmalar kendi adlarına test yaptırmak isteyebilirler. Bunun için Genel Müdürlüğümüze resmi yazı ile başvurup test ücretini kurum banka hesabına yatırmaları gereklidir. Test sonuç raporu firma iletişim adreslerine gönderilir.*

*Test sonuç raporu kolektörlerin sadece ısıl performansı hakkında bilgi içermektedir. Sadece bu rapor kullanılarak kolektörün tüm özellikleri belirlenemez. İlgili standartlarda belirtilen diğer muayene ve deney metotlarının da yapılması gereklidir.*

*Isıl performans deneyi akışkanın çeşitli sıcaklıklarda, belirli debide, sabit basınçta ve diğer çevre şartları dikkate alınarak yapılır. Deney testinde akışkan olarak su kullanılmaktadır. Test sonuçlarında belirtilen sıfır kayıplı verim ifadesi ideal şartlar altında yapılan deneyin sonucudur.*

*Önceki yıllarda yapılan deneylerin test sonuçları kolektör özelliklerine göre genel olarak % 60 ile % 80 arasında değerler almaktadır. Tek bir kolektör için geçerli olan bu değerler, kolektörlerin seri veya paralel bağlanması, kolektör sayısı, iklim şartları ve diğer bazı faktörlerden dolayı düşük çıkması normaldir.*

*Örnek olarak alüminyum levhali, siyah (mat) boyalı, 12 borulu ve düz camlı bir kolektör ele alalım. Test sonuç raporunda belirtilen sıfır kayıplı verimi % 68 olsun.*

*Bir otel için sıcak su üretilmesi amacı ile bu kolektörden kullanılacak olursa sistemin tüm verimi % 68 'den düşük bir değer olacaktır. Çünkü sistemde kullanılan kolektör sayısının değişmesi, sistemin basıncının artması, sistem debisinin artması, kullanılan su miktarının artması, kolektörlerin seri veya paralel bağlanma şekli ve çevre şartlarının farklılaşması gibi faktörler etkili olmuştur.*

*Sonuç olarak düzlemsel güneş kolektörlü bir sistem ile sıcak su üretilmesi amacı ile sistem hesaplaması yapılırken yukarıda belirtilen şartlar dikkate alınması gerekmektedir. Ülkemizde son yıllarda kullanımı giderek artan diğer bir kolektör çeşidi ise vakum tüplü güneş kolektörleridir. Bu kolektörlerin ısıl performans deney test standartları Türk Standartları Enstitüsü tarafından henüz belirlenmediği için testi yapılmamaktadır.*

*Isıl performans deney testi yapılışı ve test sonuç raporu içeriği ile ilgili bilgiler aşağıda kısaca maddeler halinde verilmektedir.*

- 1-Deney testinde ısı transfer akışkanı olarak su kullanılmaktadır.
- 2-Su, şebeke sıcaklığından başlayarak ısıtma kazanında kolektör özelliğine bağlı olarak 75°-80° 'ye kadar ısıtılarak kapalı devre sistemde devir daim yaptırılır.
- 3-Test anında datalar anlık olarak özel yazılım programı ile alınır ve diğer özel bir program ile data kayıt ediciye aktarılır.
- 4-Anlık olarak alınan datalar; Kazan Sıcaklığı, Çevre Sıcaklığı, Rüzgâr Hızı, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları, Güneş Işınım Şiddeti
- 5- Tüm datalar ilgili standartla belirlenen formüller kullanılarak işlenir ve gerekli hesaplamalar yapılarak sonuçlar rapor olarak düzenlenir.
- 6- Test sonuç rapor içeriğinde testi yapılan kolektörün özellikleri belirtilir.
- 7-Test sonuç raporu tablo halindeki değerler ile anlık verimin ve kolektör güç çıktısının modellenmesi sonucu oluşturulan grafiklerin yorumlanması, TSE Ankara Laboratuar Başkanlığı tarafından yapılmaktadır.

Dünyada ısı performans deney testi ABD, Almanya, İsviçre, İspanya, Kanada gibi gelişmiş ülkelerde yapılmaktadır. Türkiye, Avrupa Birliği ülkelerinin direktif olarak kabul ettiği EN 12975-1 ve EN 12975-2 nolu standart metotlarını Mart 2008 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere kabul etmiştir. Bu standart halen yürürlükte bulunmaktadır.



## **2.Fotovoltaik Sistem Çalışmaları**

### **Fotovoltaik Sistemlerinin Yapısal ve İşletim Özelliklerinin Araştırılması**

1.6 kWp gücünde tek kristalli fotovoltaik sistem işletilerek yapısal özelliklerini incelemek verimi ve enerji üretimini etkileyen başlıca parametreler araştırılmış ve bir bilgi birikimi sağlanmıştır.





### **Fotovoltaik Su Pompaj Sistemleri**

*Küçük ölçekli zirai sulamada kullanılabilecek olan su pompalama sisteminde; 616 Wp gücünde güneş pili, invertör ve dalgıç pompa bulunmaktadır. Atatürk Orman Çiftliğinde kurularak 2 yıl işletilmiş olan bu sistem bir kuyudan 7 m derinliğe daldırılan dalgıç pompa yardımıyla yılda yaklaşık 11000 m<sup>3</sup> su pompalamıştır. Bu sistem şebekeden uzak yerlerde dizel motor pompalarıyla ekonomik olarak rekabet edebilmektedir.*



<b>Toplam PV Güç</b>	<b>616 Wp</b>
Pompa Tipi	Dalgıç
İnvertör	1400 W, değişken gerilim-frekans
Debi	3-6 m <sup>3</sup> /saat

*756 Wp gücünde diğer bir su pompaj sistemi ise YEGM Yenilenebilir Enerji Parkı'nda kurularak, yüzey pompaları ve akülü su pompaj sistemi hakkında bilgi edinilmiştir.*

<b>Toplam PV Güç</b>	<b>732 Wp</b>
Pompa Tipi	Santrifüj, 550 W
İnvertör	24V/220V ac, 1000 VA
Debi	65 litre/dak. ( 5m. de)
Akü	24V, 140Ah



YEGM Yerleşkesinde bulunan Örnek Bina bahçesine 2 kWp gücünde su pompaj sistemi tanıtım ve bilinçlendirme amacıyla kurulmuştur.

<b>Toplam Güneş Pili Sistem Gücü:</b>	<b>2080 Wp</b>
Pompa Tipi:	LORENTZ PS 1800 DC Dalgıç Pompa
Güneş Pili Sayısı:	32 Adet
Güneş Pili Modülü Gücü:	65 Wp
Güneş Pili Tipi:	Polikristal Silikon
Güneş Pili Modül Boyutları:	700x655x34 mm
Güneş Pili Su Pompası Debi:	10 lt/sn

*Diğer projelerde kurulan güneş pili sistemleri güneşe belli bir açıda yönlendirilmiş sabit sistemlerdir. Güneşi takip eden bir sistem ile yapılan bir çalışmada ise, 16 ay boyunca alınan ölçümler sonucunda gelen güneş enerjisinden faydalanım % 23 civarında olmuştur. Güneşi tam takip eden bir sistemde bu oranın % 25'in üzerine çıkacağı öngörülmektedir.*

#### **Şebeke Bağlantılı 4,8 kWp Fotovoltaik Sistem**

*Güneş pilleri şebekeden bağımsız sistemler olarak kullanılabilirdiği gibi mevcut elektrik şebekesine bağlı olarak da kullanılabilirler. Enerji maliyetinin pahalı olması nedeniyle güneş pilleri genellikle dünyada şebekeden uzak yerlerde küçük güçlerdeki enerji talebinin karşılanmasında kullanılmıştır. Son yıllarda ise özellikle gelişmiş ülkelerde şebekeye bağlı güneş pili uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi'ne 4,8 kWp gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuş ve 2 yıl işletilmiştir. Sistemin günlük ortalama enerji üretimi 20 kWh olmuştur.*



### **Şebeke Bağlantılı 1,2 kWp Fotovoltaik Sistem**

Şebeke bağlantılı sistemlerin demonstrasyonu amacıyla 1,2 kWp gücünde bir şebekeye bağlı güneş pili sistemi de YEGM Yenilenebilir Enerji Kaynakları Parkı'na tesis edilmiş ve işletilmiştir.

### **Şebeke Bağlantılı 5,08 kWp Fotovoltaik Sistem**

Şebekeye bağlı güneş pili uygulamaları kapsamında YEGM Yerleşkesinde inşa edilen ve enerjisini Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından sağlayan (pasif güneş mimarisi, ısı pompası ile ısıtma, güneş pillerinden elektrik üretme, güneş kolektörlerinden sıcak su eldesi) Örnek binanın çatısında 5,08 kWp gücünde Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sistemi kurulmuş ve işletilmektedir. Sistemin günlük enerji üretimi 16 kWh civarındadır.



### **Güneş Enerjisi Potansiyel Çalışmaları**

EİE; ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için öncelikle, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1968-1982 yılları güneşlenme verilerini değerlendirmiştir. Bu değerlendirmenin sonucu 2 ayrı raporu halinde yayınlanmış olup, bu değerlendirmede ülkemizin yıllık ortalama güneş ışınımı 3,6 kWh/m<sup>2</sup>.gün ve güneşlenme süresi 2640 saat olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen değerlerin güneş enerjisi değerlendirme çalışmaları açısından yeterli olmadığı görülerek, güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla yeni bir proje, DMİ ile işbirliği içinde başlatılmıştır. Bu proje kapsamında, 5 adet güneş gözlem istasyonu, 5 yıl süreyle çeşitli illere tesis edilmektedir. Toplanan veriler; yatay düzlemde toplam ve difüze güneş ışınımı, güneşlenme süresi ve çevre sıcaklığıdır. Bu proje kapsamında şu ana kadar 13 istasyon yerleştirilmiştir, bunlardan 7'sinde ölçümler sona ermiştir.

*Bu istasyonlardan alınan ölçümlerden yararlanarak ve DMI'nin verileri de kullanılarak bir model geliştirilmiş, 58 il için güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri hesaplanmıştır. "Türkiye'nin Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süreleri" adlı bu rapor 2001 yılında yayınlanmış ve ilgilenenler için satışa sunulmuştur.*

**GEPA(Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)**

*Uluslararası kanıtlanmış bir model olan "ESRI Güneş Radyasyon Modeli" kullanılarak elde edilen güneş kaynak bilgileri ile güneş kaynak alanları kolaylıkla görülebilmekte, bu amaca yönelik ön fizibilite çalışmaları yapılabilmekte ve güneş kaynak alanı arama amacıyla yapılan çalışmalar ortadan kaldırılarak zaman ve ekonomik tasarruf sağlanmaktadır. ESRI Güneş Radyasyon Modeli, Türkiye geneli için 500 x 500 metrelik çözünürlükte çalıştırılmış ve toplam 3120000 adet grid oluşturularak her bir grid için güneş kaynak bilgileri hesaplanmış ve sonrasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak elde edilen bilgiler haritalandırılmıştır. GEPA'nın hazırlanmasında noktasal bazda ( 500 m x 500 m ) ortalama %  $\pm$  10 hata payı ile bilgi üretilmiş ve bu bilgiler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 148 adet ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 8 adet uzun dönemli güneş ölçüm verileri ile doğrulanmış ve kalibre edilmiştir. GEPA 2010 yılında basılarak satışa sunulmuştur.*



