

Türkiye'nin ve dünyanın
enerji sorununa nihai çözüm:

Güneş Enerjisi





Inventux Solar Technologies

2009 yılı verilerine göre dünya toplam enerji tüketimi 11.164 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtep) olarak gerçekleşti. Bugünkü verilerle bu talebin % 85'ten fazlası fosil yakıtlara dayalı kaynaklardan karşılanıyor. Uzun süreli eğilimler dikkate alındığında dünya enerji talebindeki yıllık artış ortalama % 1,8 civarında seyrediyor. Enerji sektörü, iklim değişikliğine neden olan sektörler arasında önlerde yer alıyor. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2010 tarihli öngörülerine göre 2030 yılında enerji talebinin karşılanabilmesi için 20 trilyon ABD doları yatırım yapılması gerekiyor. Gelecek için yatırımların, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine yapılması halinde, bu günkü sera gazları düzeyinin % 50 oranında artacağı hesaplanmış. Oysa sürdürülebilir bir gelecek için küresel ölçekte sera gazlarının 2050 yılına kadar % 50 oranında azaltılması, vazgeçilemez bir ön koşul.

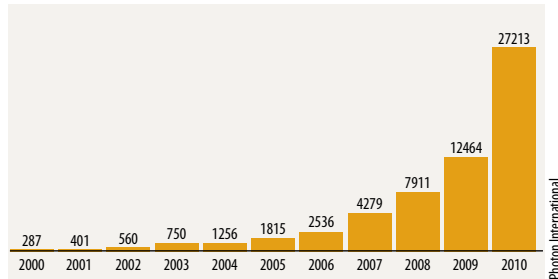
Şekil 1: Güneş enerjisi potansiyelinin diğer enerji türleri ile karşılaştırılması



Şekil 1: Güneş enerjisi potansiyelinin diğer enerji türleri ile karşılaştırılması
(Kaynak: Inventux Solar Technologies)



Şekil 2: Almanya'da Leipzig yakınlarında kurulu 40 MW gücündeki güneş enerjisi santrali



Şekil 3: Güneş gözesi üretiminde artış

Bu ön koşulun sağlanabilmesi için bütün ülkeler stratejik planlar yapıyor. Bu planlarda enerji verimliliği ve sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarının kullanımı öne çıkıyor. Yapılan projeksiyonlarda, CO₂ salınım düzeyinin bu günkü değerinde kararlı hale getirilebilmesi için dahi, 2050 yılına dek yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı 10 milyon Megawatt gücünde enerji santrali kurulmasına ihtiyaç duyulacağı öngörülüyor.

Güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidrokinamik, okyanus ve dalga enerjisi sürdürülebilir enerji kaynakları arasında öne çıkarlar. Bu kaynakların ısı, mekanik, elektromanyetik, kimyasal ve fotovoltaik dönüşümlerle kullanılmasını sağlayacak teknolojiler ile bu teknolojilere dayalı güç sistemleri, bu sektörlerin değer zincirini oluşturuyor.

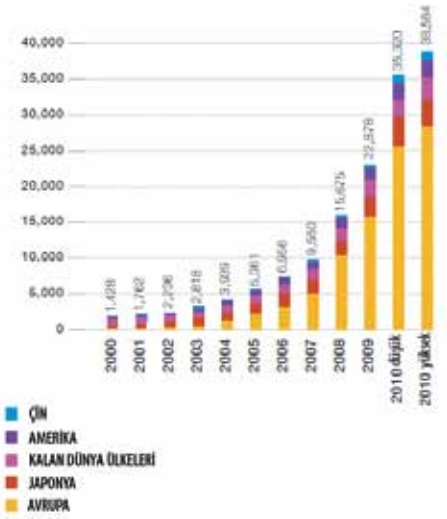
Yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş enerjisi en yüksek potansiyele sahip enerji türüdür. Yapılan hesaplamalara göre dünyanın gereksinim duyduğu enerjinin çok büyük kısmı Güneş tarafından sağlanıyor. Şekil 1'de güneş enerjisi potansiyeli diğer enerji türleri ile karşılaştırılıyor. Burada temel sorun, güneş enerjisini ulaşılabilir bir maliyetle diğer enerji türlerine dönüştürmek. Dönüşüm maliyetinin uygun değerlere indirilmesi halinde diğer enerji türlerine ihtiyaç kalmayacak.



Thiblotrock

Fotovoltaik Güç Sistemleri

Güneş enerjisini elektrik enerjisine doğrudan dönüştürmekte kullanılan en yaygın yöntem fotovoltaik güneş gözesi teknolojisidir. Fotovoltaik güneş gözeleri yarı iletken malzemelerden üretilen ve üzerine güneş ışını geldiğinde elektrik üreten elektronik aygıtlardır. En eski ve günümüzde en yaygın kullanılan göze türü, silisyum (Si) dilim üzerine üretilen göze türüdür. Bu tür gözeler mevcut fotovoltaik pazarının % 85'ini oluşturuyor. Si dilim teknolojisine alternatif olan ince film güneş gözeleri, cam ya da



Gaetan Masson/EPA

Şekil 5: Dünyadaki fotovoltaik güç sistemlerinin toplam kurulu gücü

çelik alttaş üzerine kaplanan ince yarı iletken tabakalardan oluşur. İnce film sistemlerinin en önemli avantajı, daha az malzeme kullanıldığı için maliyetin düşük olmasıdır. Amorf-Silisyum (A-Si), Kadmiyum Tellür/Kadmiyum Sülfür (CdTe/CdS) ve Bakır İndiyum Galyum Selen (CIGS) malzemelerinden oluşturulan gözeler, bu tür güneş gözelerinin başlıcalarıdır. Burada sözü edilen güneş gözeleri bir araya getirilerek büyük güç istasyonlarının kurulması mümkündür. Bu istasyonların en büyüklüklerinden biri Şekil 2'de görülen, Almanya'daki 40 MW gücündeki güneş enerjisi santralidir.

Fotovoltaik güç teknolojilerinin gelişimi büyük bir hızla sürüyor. 2009 yılındaki genel ekonomik krizle başlayan dönemde yatırımlarda duraklama gözlenmesine rağmen, güneş gözesi üretim kapasitesi 2009'da 20 GWp civarında iken 2010'da 36 GWp büyüklüğünü aşmıştır. Buna bağlı olarak 2010 yılında toplam göze üretimi bir önceki yıla göre % 118 artarak 27 GWp olmuştur. Göze üretiminin son yıllardaki değişimi Şekil 3'te görülüyor. Bu üretimin mevcut teknolojilere dağılımı ise Tablo 2' e görülüyor.

| Göze Üretim Teknolojisi | 2009 (%) | 2010 (%) |
|--|----------|----------|
| Tek kristalli silisyum | 43,2 | 52,9 |
| Çok kristalli silisyum | 37,8 | 33,2 |
| İnce film silisyum (amorf, mikro kristal ve mikromorf) | 9 | 5,3 |
| Kadmiyum tellür ince film | 6,1 | 5 |
| CIGS, CIS ince film | 1,7 | 1,6 |
| Ribon silisyum | 1,4 | 1,2 |
| Diğer teknolojiler | 0,9 | 0,8 |

Photon International

Tablo 1: Fotovoltaik göze üretiminin sektördeki payları, 2009 ve 2010

Güneş enerjisinin daha fazla yaygınlaşmasının önündeki en önemli engel hâlâ biraz yüksek olan fiyattır. Ancak üretim hacmindeki büyüme, Ar-Ge çalışmalarını sonucu artan verim ve düşen üretim maliyetleri, fotovoltaik sistemlerin fiyatında düzenli bir düşüşe neden oluyor. 2015 modül fiyatlarının 2010 fiyatlarından % 37 ila % 50 daha ucuz olması öngörülmüyor. 2010 fotovoltaik modül fiyatlarında Ocak-Şubat 2011 bir aylık ve Şubat 2010-Şubat 2011 bir yıllık değişimler aşağıdaki tabloda özetleniyor. Bu tablodan da anlaşılacağı gibi, güneş enerjisi fiyatları düşüyor ve kısa bir zaman içinde diğer enerji türlerinin fiyatını yakalayacak. Modül fiyatlarındaki bu düşüş fotovoltaik güç sistem fiyatlarına ve üretilen enerji fiyatlarına da yansıyor.



Thinkstock

| Modül Tipi ve Üretildiği Ülke | €/Wp | Ocak-Şubat 2011 Değişim (%) | Şubat 2010-Şubat 2011 Değişim (%) |
|-------------------------------|------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Kristalli silisyum Almanya | 1,67 | -2,3 | -15,7 |
| Kristalli silisyum Çin | 1,41 | -4,1 | -7,2 |
| Kristalli silisyum Japonya | 1,61 | -1,2 | -11,5 |
| İnce film Cds/CdTe ABD | 1,22 | -2,4 | -21,3 |
| İnce film a-Si | 1,08 | 0,0 | -14,3 |
| İnce film a-Si/μ-Si | 1,23 | -2,4 | -14,6 |

Tablo 2: Fotovoltaik modüllerin fiyatları ve fiyat değişimleri

Şekil 4'de 2010 verileri ile fotovoltaik güç sistemlerinin maliyetlerine bağlı olarak üretilecek elektrik enerjisi maliyetleri güneş radyasyonuna göre hesaplanıyor. Aynı şekil üzerinde farklı eyaletlerdeki elektrik satış fiyatlarına bağlı olarak uygulanabilir alanlar işaretlenmiştir. Bu şekilde gösterilen değerler umut verici. Güç sistemlerinin kurulum maliyetinin 2\$/W'ın altına düşmesi halinde diğer teknolojilerle teşvik gerekmeden rekabet edebilir hale gelecek.



Şekil 4: Fotovoltaik güç sistemlerinin kurulum maliyetlerine göre, üretilecek elektrik enerjisi maliyetlerinin güneş radyasyonuna göre değişimi

Bugün gelişmiş otuz yedi ve gelişmekte olan yirmi üç ülke yenilenebilir enerjiler için teşvik veriyor. Üretilen enerji sisteme beslendiğinde yüksek birim fiyattan belirli süre satın alma garantisi biçimindeki teşviklerin çoğu kısaca “şebeke besleme tarifesini” olarak özetlenebilir.

Maliyetlerin büyük ölçüde düşmesi birçok ülkede fotovoltaik sektöründeki teşvikleri çok cazip hale getirdi. Bu nedenle Almanya ve İspanya başta olmak üzere Avrupa ülkelerinin bazılarında kurulumlar sürdürülemez bir hız kazandı. Son yıllarda teşviklerin yeniden gözden geçirilip teşvik oranları önemli ölçüde azaltılmış olmasına rağmen, 2009’la karşılaştırıldığında 2010 yılı kurulum artışı % 139 olarak gerçekleşti. 2010 yılında 18 GWp’nin üstünde kurulum gerçekleşirken dünyadaki toplam fotovoltaik güç 40 GWp değerine yaklaştı.

Türkiye’de Fotovoltaik Güç Sektörünün Potansiyeli

Sürdürülebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretiminde bütün dünya 2020 yılı için hedefler koymuştur. Türkiye için 2010 yılı değerlendirilmesi yapılırsa, ülkemizin toplam enerji talebinin 110 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtep) aştığı tahmin edilirken, toplam talebin 2010 yılında 126 Mtep, 2020 yılında ise 222 Mtep olacağı öngörülmüyor. Elektrik enerjisine olan talep son yıllarda önemli ölçüde arttı. 2007 yılında 192 milyar kW’s olan elektrik enerjisi üretimi 2010 yılında 210 milyar kW’ya ulaşmıştır. Dünyada elektrik enerjisine olan talep artışının en yüksek olduğu ülkeler arasında yer alan Türkiye’de ekonomik kriz sonrası talep artışı yavaşlamış gibi görünse de 2020 yılına kadar bugünkü elektrik enerjisi üretim kapasitemiz olan yaklaşık 46.000 MW’lık gücümüzü ikiye katlamamız gerekiyor.



Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretme potansiyeli, 2010 yılı sonu itibarı ile kurulu güç ve 2023 hedefleri, Tablo 4'de özetleniyor. Fotovoltaik üretimde potansiyelin büyüklüğüne karşın kurulumlar ve geleceğe yönelik projeksiyonlar oldukça belirsiz görünüyor.

| Sürdürülebilir (Yenilenebilir) Enerji Kaynakları | Gerçekleştirilebilir Potansiyel | Kurulu Güç 2010 | Kurulum Projeksiyonu 2023 |
|--|---------------------------------|-----------------|--|
| Hidroelektrik | 37GW + 5GW Küçük Hidro | 15 245 MW | Gerçekleştirilebilir potansiyelin tamamı |
| Rüzgâr | 87 GW | ~1200MW | 20GW |
| Jeotermal | 2G MW | 100 MW | 600MW |
| Fotovoltaik (~1500kWh/ KWp) | 450-500 GW | ~5-8 MW | 7-10 GW (Resmi bir hedef koyulmamış) |
| Yoğunlaştırılmış güneş | | | 1GW |
| Biyokütle | | 81MW | |

Tablo 4: Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli, 2010 itibarı ile kurulu güç ve 2023 hedefi

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (www.eie.gov.tr) ve rilerine göre ülkemizde yıllık ortalama güneş enerjisi radyasyonu 1527kWh/m² ve yıllık ortalama gü-

neşlenme süresi 2738 saattir (günlük ortalama 7,5 saat). Bu günkü teknolojilerle ulaşılan noktada "konvansiyonel" yolla üretilen elektrik enerjisi maliyetlerine yakın maliyetlerle fotovoltaik elektrik enerjisi üretilebilecek bölgeler (metrekareye düşen güneş enerjisi radyasyonu >1650kWs) arasında fotovoltaik güç sistemlerinin kurulumuna uygun alanlar, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılan bir ön çalışmada 4600 km² civarında olarak belirlenmiştir. Bu bölgelerde bugünkü teknolojilerle kurulacak fotovoltaik güç 450-500GWp ve üretilebilecek elektrik enerjisi ~650-700 milyar kW's olarak hesaplanmaktadır (<http://www.uftp.org.tr>). Türkiye'nin 2010 yılı toplam tüketimi 210 Milyar kW's olarak gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi resmi veriler, güneş enerjisi potansiyelimizin ihtiyacımız olan enerjiden çok daha fazlasını güneşten sağlayabileceğimizi gösteriyor. Uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan değerlendirmelerde Türkiye fotovoltaik güç santral yatırımları açısından cazip bir ülke olarak öne çıkıyor.

Yapılan hesaplamalar, ülkemizdeki elektrik enerjisi tüketici fiyatları bandı göz önüne alındığında, anahtar teslimi kurulum maliyetlerinin 2€/

Wp düzeyine inmesi ile Türkiye'nin bir çok bölgesinde ve kurulum maliyetlerinin 1,5€/Wp düşürülmesi ile de ülkemizin tamamında Güneş'ten doğrudan elektrik elde etmek için yapılacak yatırımların "reel olarak" cazip hale geleceğini gösteriyor.

Fotovoltaik güç santrallerinin kurulum maliyetleri farklı çalışma grupları tarafından farklı değerlendiriliyor. Ancak ortaya çıkan birim maliyetler birbirine oldukça yakın, örneğin Rock Mountain Institute tarafından Eylül 2010'da yapılan değerlendirmede büyük ölçekli arazi kurulumları için 1 Megawatt başına 3,5 milyon \$ (2,5milyon €) tahmin edilirken, EPIA (European Photovoltaic Industries Association) tarafından yapılan bir değerlendirme 1 Megawatt başına 2,5-3,0 milyon € bandında. Her iki çalışmanın öngörülere göre sistem kurulum maliyetlerinin yakın gelecekte 2 milyon € /Megawatt düzeyinin altına ineceği yönünde. Bu öngörülerin ışığında fotovoltaik güç santrallerinin, bugünkü teşviklerin sınırlı olmasına karşın, yakın gelecekte Türkiye'nin enerji yatırımlarında cazip bir seçenek olarak yer alması kaçınılmaz.



Ne Yapılmalı ?

Fotovoltaik güç dönüşümünün kalbi olan güneş gözelerinin ana malzemesinden başlayarak anahar teslim fotovoltaik güç sistemine kadar fotovoltaik sektörün değer zincirinde yer alan paydaşları şöyle sıralayabiliriz: Enerji üretiminde, dağıtımında ve tüketiminde yer alan kamu ve özel sektör kuruluşları, güneş üretimi ile ilgili tüm endüstriler, modül üretiminde kullanılan bütün bileşenlerin üreticileri ve tedarikçileri, modül üreticileri, bu alanların yan sanayi tedarikçileri, fotovoltaik güç sistemleri kurulum sektörü (planlama ve uygulama) ve bunlara ürün sağlayan tüm yan sanayiler, sistem izleme sektörü, lojistik servis sağlayıcılar, enerji depolama sektörü, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sektörü, inşaat sektörleri, mimarlık ve mühendislik sektörü, ulaşım sektörü, medya

ve bu alanlarda araştırma ve geliştirme kuruluşları. Bu liste daha da uzatılabilir. Listedeki bütün paydaşlar arasında, değişik düzeylerde kurulacak doğru ilişkiler ile fotovoltaik sektörünün gelişmesi ve güçlenmesi sonucu ile fotovoltaik enerji ülkemizin enerji alternatifleri arasında yerini alabilir.

Fotovoltaik teknolojinin ülkemizde gelişmesi, güneş enerjisinin yaygınlaşması açısından çok önemlidir. Ülkemiz sanayisinin olgunluk kazandığı çok sayıda alanda, güneş enerjisini de kullanan alt sektörlerle transfer edilebilecek birikim var. Güneş enerjisi alt sektörlerinde ülkemizde henüz endüstriyel örnekler olmadığı için, girişimcilerin tedirgin yaklaşımları uluslararası ortaklıklar ve güçlü devlet teşviki ile aşılabılır. Bu alanlara yatırım planlarına başlanmalı ve yakın gelecekte "pilot uygulamalar" araştırma kuruluşları ile işbirliği içinde başlatılmalıdır. Değer zincirinin, modül üretimi ve bu üretimle ilgili güneş dışında bütün bileşenler, güç elektroniği, güç santrallerinin planlanması, kurulumu, işletilmesi, bakımı, geri dönüşüm sektörü ve bunların finansmanı gibi halkalarında Türkiye endüstriyel ölçekte olgunluğa sahip. Bu alt sektörlerde faaliyet gösteren yüzü aşkın firma ulusal olduğu kadar uluslararası faaliyetler de yapıyor. Fotovoltaik sektöründe işbirliği hedefi ile TÜBİTAK destekli kurulan Ulusal Fotovoltaik Teknoloji Platformu, UFTP (<http://www.uftp.org.tr>) ve platformdan doğan Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrileri Derneği, GENSED (<http://www.gensed.org/>) başta olmak üzere birçok sivil inisiyatif bu alanda örgütlenme çabasında.

Ülkemizin büyük bir bölümünde, özellikle güney ve güney doğu bölgelerinde, fotovoltaik yolla üretilen elektrik enerjisi "serbest piyasa" elektrik fiyatları ile rekabet edecek düzeye çok yakın. Fotovoltaik güç sistemlerindeki maliyetlerin hızla düşme eğilimi, var olan teşviklerle "fotovoltaik güç santrali kurmayı" yakın gelecekte ticari anlamda çekici hale getirecek. Türkiye'nin enerji talebindeki büyüme ve bu alanda yapılan yatırımlar göz önüne alındığında, enerji karışımında fotovoltaik gücün yer alması kaçınılmaz. Dünya genelinde büyüme hızı bütün sektörlerin önünde olan fotovoltaik güç sektöründe, ülkemiz sanayisinin hem yurtiçi hem de uluslararası pazarda yer alma ve büyük aktör olma potansiyeli var. Sanayimizin birikimlerini bu alana transfer edebilmesi başlangıçta önemli bir devlet desteğine, bir can suyuna, ilgili prosedürlerin kolaylaştırılmasına ve doğru adımları doğru zamanda atabilmek için sağlıklı bir yol haritasına ihtiyacı var.



Prof. Dr. Şener Oktik, İngiltere'deki Durham Üniversitesi'nden Uygulamalı Fizik ve Elektronik alanında Doktor ve 1986 yılında Katihal Fiziki Anabilim Dalında Doçent unvanını aldı. Prof. OKTİK, İngiltere'de iki büyük firmanın Araştırma Laboratuvarları'nda ve Durham Üniversitesi (İngiltere), Lecce Üniversitesi (İtalya), Stuttgart Üniversitesi'nde (Almanya) öğretim üyesi olarak görev yaptı. Muğla Üniversitesi'nde 1998-2002 yılları arasında Rektör Yardımcılığı ve 2002-2010 yılları arasında Üçüncü ve Dördüncü Dönem Rektörlük görevlerini yürüttü. Ocak 2011 den bu yana bir firmanın enerji ve Ar-Ge alanlarından sorumlu Genel Koordinatör yardımcılığı görevlerini yürütüyor.