

Proje Enerji Genel Müdürü **Şenol Tunç:**

# Güneşe Akin Olacak !!



**- Güneş enerjisi teknolojisinde gelişmeler ne aşamada; şu ana kadar güneş enerjisi marjinal enerji kaynakları arasında gözükmüyor, bu eşik aşıldı veya aşılacak mı?**

Bu soruya, cevabın temelinden başlayarak bakalım.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimine yönelik teknolojiye yönelim, tüm dünyada birkaç faktörün etkisi ile son birkaç yılda başladı. Bu faktörlerin en önemlileri;

- Çevremizi biraz fazla kirlettiğimizi "hissetmemiz"

- Petrol fiyatlarındaki ani ve aşırı yükseliştir.

Çevremizi biraz fazla kirlettiğimiz anlaşıldığı özellikle iklim konforumuzun yavaş yavaş bozulması ile başladı. Örnekler vermek gerekirse yumuşak iklim yerini sert ve dengesiz iklim koşullarına devrediyor. Aşırı kurak veya aşırı sulak periyotlar, hızla artan

taşkın olayları, su baskınları, seller, atmosfer tabakasında ozon gazının azalması sonucu ozon gazının engellediği yüksek frekanslı güneş ışınlarının dünyaya ulaşması ve bu ışınların başta insan olmak üzere canlıların sağlığını tehdit etmesi gibi. Tabii tabiat dengesinde her bir değişim bir başka değişimi de tetikliyor. Dolayısıyla tabiatın bize sağladığı iklim konforu bozuldukça keyfimiz, sağlığımız, işlerimiz, gü-

venliğimiz birçok şeyimiz bozuluyor. Bunları tesis etmek için de daha çok enerji kullanmak ve de tabii üretmek zorundayız.

Örneğin aşırı kurak ve sıcak yaz dönemlerinde daha fazla serinlemek için klimalara yükleniyoruz. Klimalar da elektrik enerjisi ile çalışıyor. Yazın elektrik enerjisi tedarikinde hidroelektrik barajlar hem tedarik hem dengeleme açısından kritiktir. Su yoksa elektriği dengeleyemezsiniz, banyo da yapamazsınız. Susuzluk sağlık sorunlarını da getirir.

Bu etki-tepki zincirini daha çok uzatabiliriz. İşte aklımızın başımıza geldiği çevremizi kirlettiğimizi "hissettiğimiz" noktalardan birisi bu noktadır. Susuz dönemler, elektriksiz dönemler. Veya varsa da su, elektrik, artık gerçekten pahalı olmaya başlayacak. Bundan sonra bu kaynakları çok iyi yönetmemiz gerekecek.



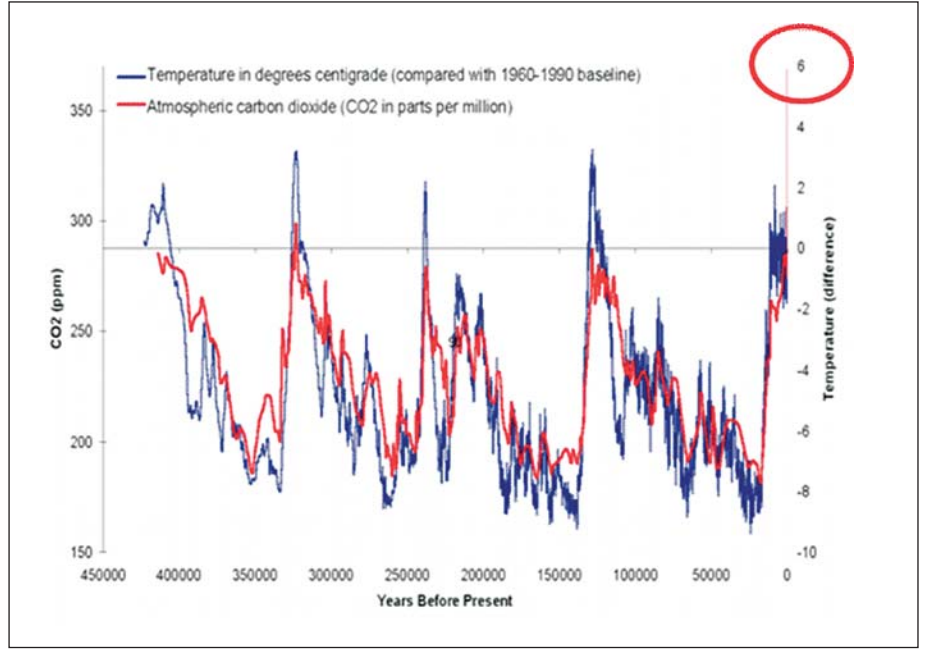
## Enerji Tüketimi Arttı

Bununla birlikte aşırı soğuk ve uzun dönemlerde iklim konforumuzu sağlamak için daha fazla enerji tüketiyoruz. Pekiyi bu enerji kışın hangi kaynaktan sağlanıyor. Cevap maalesef ülkemizde büyük ölçüde doğalgazdan. Doğalgaz nerden geliyor ? Büyük oranda Rusya'dan. Bu durum Avrupa için de geçerli. Rusya bu kaynağını iyi yönetiyor. "Pardon vana bozuldu" veya başka şekilde gaz kısıntısı bildirdiğinde biz dahil Avrupa'nın tüm ilgili bakanları aynen soluğu Rusya'da alıyor ve siyasi iktisadi her tür konu masaya yatırılıyor. Bu basit örnekten dahi anlaşılacak olan şudur, enerji artık ülkelerin ve coğrafi bölgelerin her bakımdan geleceğini belirleyecek bir araç olarak da karşımıza çıkıyor. Enerji kaynaklarının sahipliği ve kullanımı artık ekonomik ve siyasi çok boyutlu bir yapıya kavuşmuştur, ülkelerin kaderini belirleyebilecek duruma gelmiştir.

Sonuçta iklim değişiklikleri veya iklim dengesizlikleri diyelim, herkesin ekonomik / sosyal dengelerini de etkilemeye başladı. Mevsimsel iklim özellikleri değişmeye başladıkça bunun sebepleri de araştırılmaya başlandı. Bulunan veya tahmin edilen sebeplerin başında dünyamızın doğal iklim dengesinde dominant role sahip karbon maddesinin insan katkısı ile atmosfere çok fazla salındığının anlaşılması geliyor. Karbon salınımının iklim konforumuza etkisi nasıl oluyor basitçe ona bakalım.

## Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı artıyor

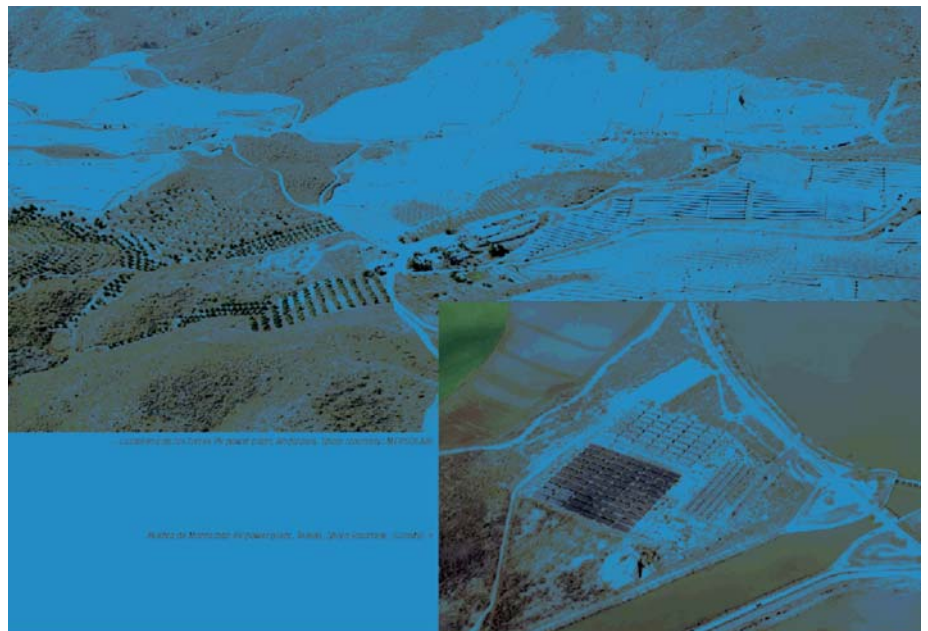
Atmosfere ulaşabilen güneş ışınlarının bir kısmı, atmosferdeki bazı (CO<sub>2</sub>, su buharı gibi) maddelerle karşılaştığında ki bu ışınlar enerji taşıyıcısıdır, atmosferde ısı enerjisine dönüşür. Böylece atmosfer sıcaklığı artar. Atmosfer sıcaklığı arttıkça yeryüzündeki sıcaklık da artar. Sıcaklık arttıkça ,daha fazla buzul erir, daha fazla su buharlaşır, daha fazla buharlaşma ise hem iklim dengelerini etkiler hem de atmosferdeki daha fazla su buharı daha fazla güneş enerjisinin ısıya dönüşmesine yol açar. Aynı şekilde taşıtların egzozlarından, fabrikalarımızın



Kaynak: <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>

bacalarından, fosil yakıtlarla elektrik enerjisi üreten tesislerimizden atmosfere daha fazla atık karbon verdikçe, dünya da daha fazla ısınmakta, bu değişiklik aşırı sıcak / soğuk dönemlere yol açmakta, biz de

iklim konforumuzu sağlamak için daha fazla enerji tüketmekteyiz. Daha fazla tüketim fosil enerji kaynaklarını daha fazla kullandığımızda daha fazla karbon salmak demektir. İşte bu noktada karbon salma-



dan nasıl enerji üretiriz sorusu gündeme gelmiştir. Çözüm fosil dediğimiz petrol ve türevlerini, doğalgaz gibi enerji kaynaklarını daha az kullanmaktan geçmektedir. Bunların yerine ne koyacağız? Güneş enerjisini, rüzgar enerjisini, suyun gücü ile çalışan hidroelektrik üretimini, jeotermal enerjiyi, v.s. İşte yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim böyle başlamıştır.

Peki atmosferi ne kadar bozmuşuz ona bakalım. Kuzey Kutbunda Vostok'ta yapılan 3.623 metrelik sondajdan elde edilen buz katmanlarının içerdiği hava ve karbon ölçümlerine göre atmosferdeki karbon ve atmosfer sıcaklığı belirlenmiştir. Buna göre dünyamız yaklaşık her 150.000 yılda bir buzul ve aşırı sıcak döngü geçiriyor. Halen bu döngünün üst kısımlarında (sıcağa yakın) bulunuyoruz. Mevcut karbondioksit miktarı ise son 450 bin yıllık döngü tavanının yaklaşık 2 katına çıkmış durumdadır. Ancak hala kesin olarak mevcut iklim değişikliklerinin ne kadarının insan katkısı ile oluştuğuna dair bir kesin yargıya varılmış değildir.

Bu arada şunu da belirteyim, küresel ısınma dediğimiz bu durum, atmosfere gelen güneş ışınlarının bir kısmı da aynı zamanda atmosferdeki partiküllerden (su buharı, CO<sub>2</sub>, metan gazı v.s.) uzaya geri yansır. Sonuçta yeryüzüne gelen radyasyon (günel ışınları) da azalmaktadır. Böylece Küresel kararma kavramı da ortaya çıkmıştır. (global dimming). Eriyen buzullar ve artan atmosfer sıcaklığı buharlaşmayı arttırmaktadır. Karbon molekülleri de aynı şekilde arttıkça yeryüzüne gelen güneş ışınları azalmaktadır. Yani tabii bir kez biraz da olsa bozduğunuzda birçok şey olmaktadır. Böylece hem küresel olarak ısınmaya hem de küresel olarak kararmaktayız.

### Bugüne kadar Aklımız Neredeydi !

Bugüne kadar insanların aklı neredeydi dersenez, bu iş sadece ekonomi ile alakalıdır. Eğer doğalgazı veya petrolü daha ucuza kullanıyorsam onu tercih ederim. Yok doğalgaz petrol artık bir tehdit olmuşsa o zaman

oturup güneş ışınlarından nasıl elektrik üretirim, rüzgardan nasıl elektrik üretirim ona çaba harcarsınız.

İşte petrol fiyatlarındaki artış, iklim konforumuzun bozulması, fosil yakıtların bulunduğu bölgelerdeki siyasi riskler ve istikrarsızlıklar hepimizi yenilenebilir denilen, yani enerji üretmek için kullandığımızda çevreyi kirletmediğini düşündüğümüz su, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Bunlar içinde bugüne kadar büyük ölçeklerde kullanımı için en az ürün geliştirilen kaynak ise güneş enerjisidir.

Şimdi sorumuza gelelim, güneş enerjisi marjinal enerji kaynakları arasında mıdır? Evet öyledir. Ancak bir enerji kaynağını kullanmanın veya sahip olmanın tek ölçütü yukarıda belirtildiği üzere üretim maliyeti olmaktan da çıkmıştır. Sayıları tamamen örnek olarak vermek gerekirse, 50 liraya başkasının kontrolündeki doğalgazla ısınmak / soğumak mı istersiniz yoksa 70 liraya henüz sahibi olmayan güneş enerjisi ile ısınmak / soğumak istersiniz? Veya bugün 40 TL olan petrolle elde edilecek enerjiyi yarın 140 liraya elde etmeyeceğinizin garantisi var mıdır?

### Güneş Enerjisi için AR-GE Yatırımları Artıyor

Son yıllarda devletler bu marjinalliği aşmak için güneş enerjisi teknolojilerine ürün araştırma ve geliştirme maliyetlerini gelirlerinden ciddi paylar ayırarak desteklemeye başlamıştır. Önümüzdeki 15-20 yıllık bir dönemde beklenti ve gi-

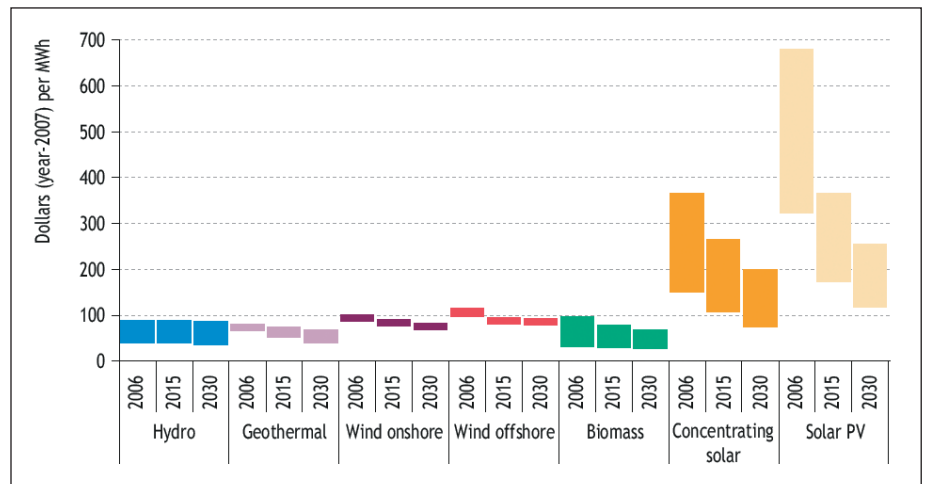
dişat ise, güneş enerjisi ile elektrik üretiminin bilinen tüm kaynaklara göre en ucuz üretim olabileceği yönündedir. Hangi enerji kaynağının ne zaman ve ne oranda kullanımının tercih edileceği, bu kaynakların fiyatlarını belirleyecektir. Bu fiyat aynı zamanda fosil yakıtların fiyatlarının nasıl seyredeceğine ve bu yakıtların ana kaynaklarının bulunduğu bölgelerde siyasi istikrarın, bu kaynaklarda söz sahibi ülkelerin fiyat politikalarının nasıl seyredeceğine de bağlıdır.

Türkiye 2008 yılında toplam elektrik üretiminin %17 sini su kaynakları ile, %49 unu doğalgaz ile, %29 unu kömürle yapmıştır. Diğer diyebileceğimiz kalan %5 ise nafta, fuel oil, motorin, biogaz ve biyokütle, rüzgar ve jeotermal ile gerçekleştirilmiştir. Ancak rüzgar, jeotermal, biokütle gibi kaynakların toplam üretimdeki oranı yüzde birin altındadır. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi ise yoktur, yani sıfırdır.

İçinde bulunduğumuz aylarda Ülkemiz güneş enerjisi değerleri dikkate alınır, fotovoltaiik dediğimiz teknoloji ile elektrik üretim maliyetleri doğalgazla elektrik üretim maliyetlerinin yaklaşık 1,5 - 3 katı civarındadır. Güneş termik dediğimiz teknolojilerde ise güneş enerjisi ile elektrik üretim maliyetleri doğalgazla elektrik üretim maliyetlerinin yaklaşık 2 - 2,5 katıdır.

### Güneş Enerjisi Üretim Maliyetleri Düşecek !

Birçok kurum ve firmanın yapmakta olduğu projeksiyonlara göre



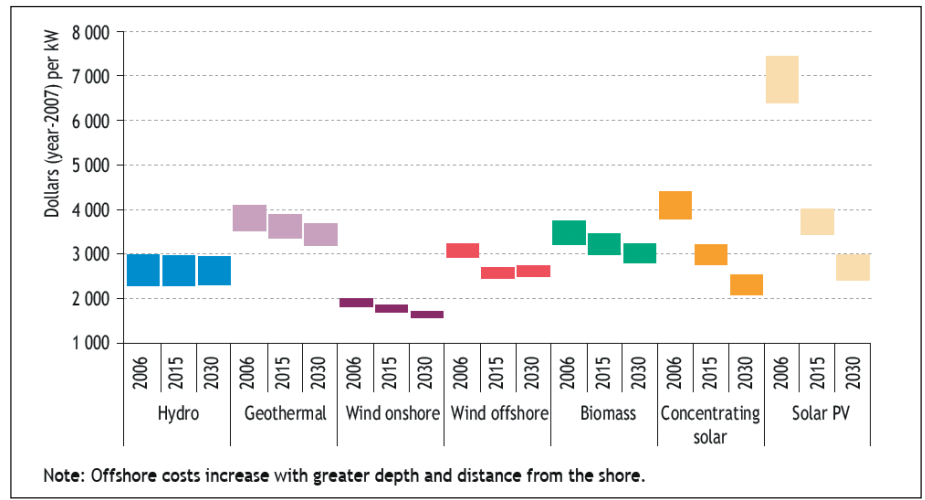
Şekil 1. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin üretim maliyeti projeksiyonu

güneş enerjisi ile elektrik üretim maliyetlerinin önümüzdeki yıllarda diğer enerji kaynakları ile rekabet edeceği düzeylere ineceği yönündedir. Bu kaynaklardan “International Energy Agency” kurumunun hazırladığı “World Energy Outlook 2008” raporunda belirtilen tahminler aşağıda Şekil 1.de gösterilmektedir. Buna göre özellikle güneş enerjisi yoğunlaştırıcı teknolojileri ile üretilen elektriğin önümüzdeki 5 yıl içinde diğer kaynaklarla yapılacak elektrik üretim maliyetlerini yakalayacağını tahmin edilmektedir. Bazı kaynaklar ise güneş enerjisinin 10-15 yıl içerisinde dünyada en ucuz enerji kaynağı olacağını iddia etmektedir. Maliyetler büyük ölçüde bu konuya yapılacak araştırma geliştirme çalışmalarına ayrılacak mali kaynakların zamanlamasına ve büyüklüğüne, bu çalışmaların ticari olarak ölçek ekonomisi açısından başarılarına bağlı olacağından bugünden kesin değerler vermek çok zordur. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi dünyada en çok verimliliğin geliştirilmesine açık konudur ve tüm dünyada teknoloji henüz çok yenidir. Türkiye de dolayısıyla güneş enerjisi ile elektrik üretimi konusunda treni kaçırmamış durumdadır. Hatta güneş enerjisi olarak en şanslı ülkeler arasında olduğumuzu dikkate alırsak, Türkiye’nin önümüzdeki 5-10 yıllık dönem sonunda hem kendi ihtiyaçlarını büyük ölçüde karşılayan, hem de dünyaya teknoloji ve ürün ihraç eder bir ülke olma şansı vardır.

Sonuçta bugün güneş enerjisi ile elektrik üretimi maliyetleri diğer alternatiflere göre aşağıdaki şekilde görüleceği üzere daha yüksektir. Ancak yazıda ifade etmeye çalıştığım gibi güneş enerjisi teknolojilerine sadece maliyet olarak bakmak doğru değildir, fosil enerji kaynaklarının iklim konforumuzun bozulması ile getirdiği çok sayıda dolaylı maliyetlerin ve enerji arzı güvenliğinin de dikkate alınması gerekmektedir.

#### **Bu soruya cevabım evet’tir.**

Yine International Energy Agency” kurumunun hazırladığı



Şekil 2. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin yatırım maliyeti projeksiyonu

“World Energy Outlook 2008” raporuna göre güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar’ı takiben en az maliyetli yatırım tercihi olacağı öngörülmüştür (Şekil.2).

İçinde bulunduğumuz aylarda fotovoltaik dediğimiz teknoloji ile elektrik üretim maliyetleri Avrupada 20-25 euro cent / kWh ABD’de 15-25 ABD cent / kWh bandındadır. Maliyetler panellerde kullanılan teknolojinin verimliliği ve maliyetlerine, bölgenin aldığı güneş enerjisi miktarı ve sunulan teknolojinin kurulum maliyetlerine, bölgesel satış hacmine ve devletin sağladığı kredi ve diğer teşviklere göre değişmektedir. Üretim maliyetlerinde güneş enerjisi girdisi maliyeti olmadığından, yegane faktör ilk yatırım maliyeti ve finansman maliyetidir. Dolayısıyla diğer ülkelerin üretim maliyetlerini 1-1 baz almak çok doğru olmayacaktır. Yine çok basit bir örnek vermek gerekirse, 1000 euro bedelle satın alacağınız paneller Almaya’da yılda 100 birim enerji üretiyorsa, aynı paneller Türkiye’de 200 birim enerji üretebilecektir. Her iki ülkede de aynı ürünle üretim maliyetiniz çok farklı olacaktır.

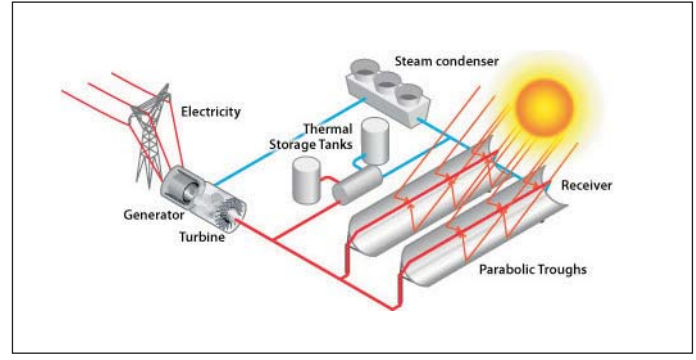
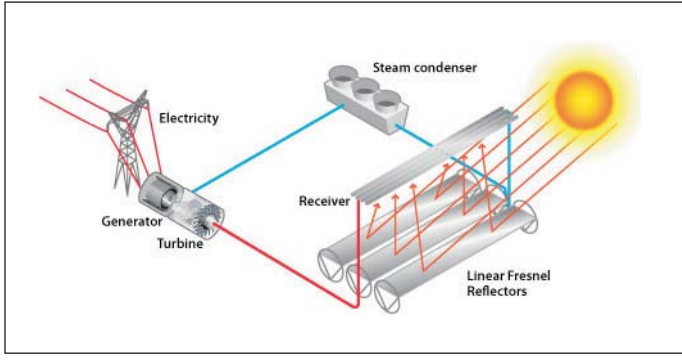
Bu soruya daha sağlıklı bir cevap vermek için “Maliyet”in ne olduğunu tanımlamak gerekir. Bugün sadece bir santralin yatırım ve işletme maliyetini dikkate aldığımızda, yatırım maliyetlerinin alternatif üretim teknolojilerine özellikle son 3 yılda yaşanan keskin maliyet düşüşleri ile hızla yaklaşmakta oldu-

ğunu görmekteyiz. Fosil yakıtların kullanımı ile iklim değişikliğinin getirdiği dolaylı maliyetler ve enerji risklerini katarsanız güneş bana göre bugün diğer tüm alternatiflere göre kesinlikle eşit değerde veya daha değerli bir kaynaktır. Güneş enerjisi en risksiz ve ücretsiz enerji kaynağıdır. Hepimiz biliyoruz ki güneş sabah doğacak akşam batacak ve bu sürekli olacak. Ancak hiçbirimiz akarsu kaynaklarının bulunabilirliğinin nasıl olacağına, rüzgarın ne zaman nasıl eseceğine, petrolün veya doğalgazın fiyatının nasıl belirleneceğine emin olamayız.

#### **- Güneş enerjisinin dünyadaki ve ülkemizdeki durumunu kısaca karşılaştırabilir misiniz?**

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça şanslıdır. Ülkemizde fotovoltaik sistemlerle veya yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ile şebekeye elektrik üretebilen elektrik üretim tesisi bulunmamaktadır. Kırsal veya kentsel alanlarda ise müstakil birkaç uygulamanın haricinde uygulama yoktur. Kısaca ülkemizde güneş enerjisi ile elektrik üretimi sıfırdır.

Bununla birlikte özellikle önümüzdeki haftalarda çıkması beklenen yeni yenilenebilir enerji kanunu ile çok cazip alım garantili teşvik mekanizmaları getirilecek olup, şebeke bağlantı sorunlarının aşılması durumunda Türkiye güneş enerjisinden elektrik üretiminde ABD ve Avrupa ile yarışır bir noktaya gelmesi mümkündür.



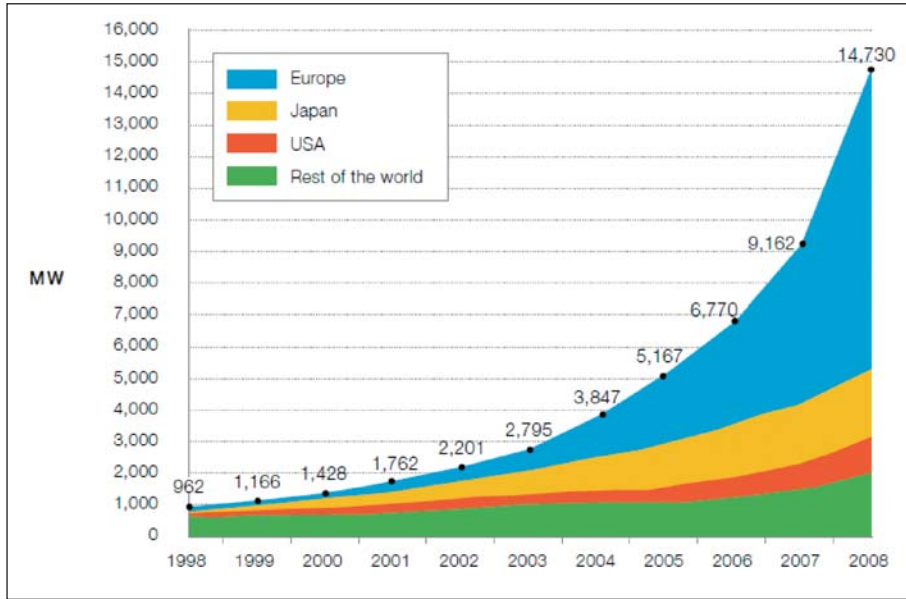
## FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

2008 başına kadar dünyada kurulu fotovoltaik panellerin gücünün yarısının kurulu olduğu Almanya 2008'de bu konudaki liderliğini İspanya'ya kaptırmış olsa da, bugün

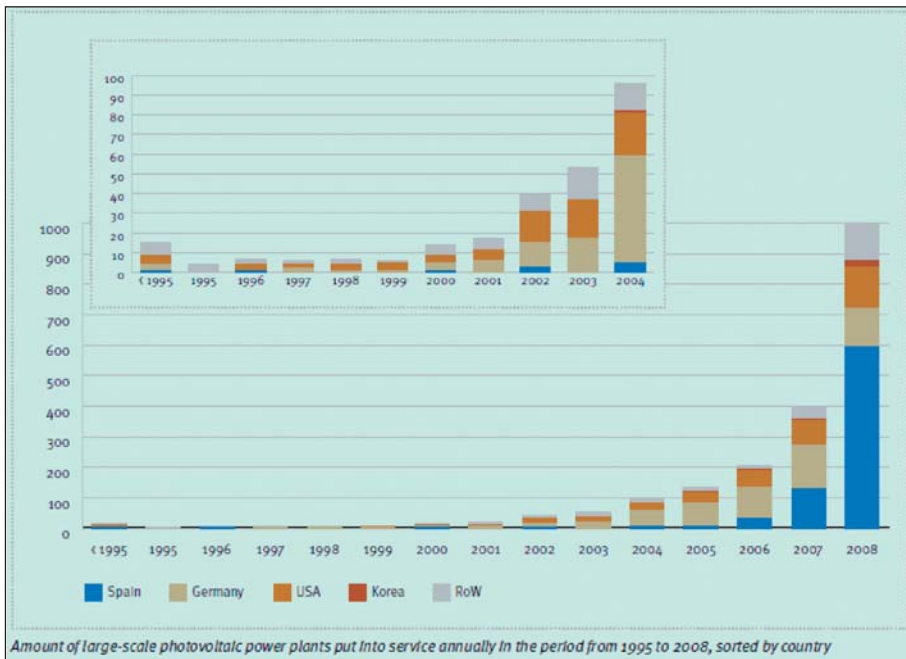
Almanya kurulu fotovoltaik paneller dünyadaki toplam panellerin kurulu gücünün yaklaşık 3,5 da biridir. Almanya'nın en yüksek güneş enerjisi alan güney kesimindeki bölgeleri ise bizim en az güneş enerjisi

alan Karadeniz kıyılarımızdan daha azdır. Güney bölgelerimizin güneş enerjisi değerleri ise Almanya'nın en iyi bölgelerinden 1,5 – 2 kat daha fazladır.

İspanya özellikle 2008 yılında yapılan çok sayıda kurulumla Almanya'dan liderliği almıştır. Dünyada kurulu panellerin yaklaşık 3'te birine sahip olan İspanya'nın güneş enerjisi potansiyeli Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ile birim alan bazında yaklaşık olarak aynıdır. Dünyadaki PV piyasasının gelişimi aşağıda Şekil 3. olarak sunulmaktadır (Ref: Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013", EPIA.). Şekilden görüleceği üzere satış hacimleri çok hızlı artmaktadır ve önümüzdeki birkaç yıl bu hızla artmaya devam etmesi beklenmektedir. Dünyada elektrik üretimi amacıyla kurulan PV tesislerinin gücü ve sayısı da hızla artmaktadır. Şekil 4'te ülkelerde kurulu olan büyük ölçekli PV elektrik üretim tesislerinin yıllar bazında kurulan gücü gösterilmektedir. Şekil 5'te ise yıllar itibarıyla dünyada kurulan yıllık ve kümülatif büyük ölçekli PV elektrik üretim tesisi kapasitesi gösterilmektedir.



Şekil 3. PV piyasasının dünyadaki gelişimi



Şekil 4. Ülkeler bazında büyük ölçekli PV elektrik üretim tesislerinin kurulu güç dağılımı (PV Resources, Annual Review 2008)

## ISITMA SOĞUTMA AMAÇLI SİSTEMLER

Güneş termik sistemler fotovoltaik uygulamalara göre elektrik üretiminde olduğundan daha fazla ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Kullanım alanının çok yaygın olması sebebiyle bu konudaki istatistikler birkaç sene geriden gelmekle beraber, güneş enerjisinin bu amaçla kullanımının hızla artmakta olduğu ülkemizde de olduğu gibi tüm dünyada da hızla artmaktadır. 2005 sonu itibarıyla Dünyada ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan kol-

lektör sistemlerinin güç dağılımı Şekil 6.da sunulmaktadır.

Isıtma ve soğutma amaçlı güneş enerjisi sistemlerinin diğer alternatif enerji kaynaklarına göre yatırım maliyetleri ve önümüzdeki yıllarda beklenen maliyetleri Şekil 7. olarak sunulmaktadır. Şekilden de anlaşıl-

acağı üzere ilerleyen yıllarda güneş enerjisine dayalı ısıtma soğutma sistemlerinin bu alanda en ucuz teknoloji olması beklenmektedir.

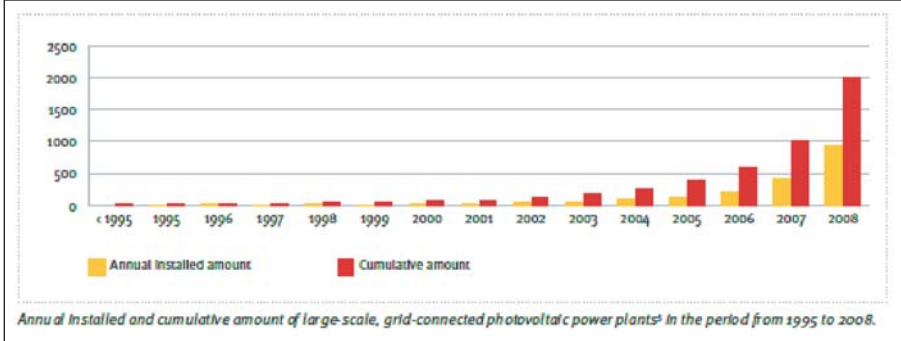
### YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM TESİSLERİ

(Cocentrating solar power – csp)

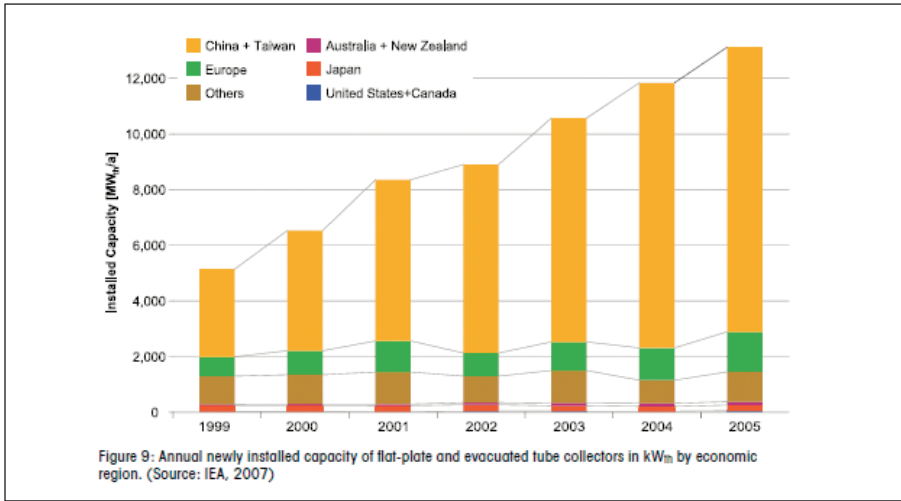
Parabolik oluklu kollektör (Parabolic trough), kulede odaklama (power tower) ve frensel lens gibi güneş enerjisinden elektrik üretimi amacıyla geliştirilen ve kurulan sistemler genel olarak güneş termik veya yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri olarak bilinmektedir. Halen dünyada çalışmakta olan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ile elektrik üretim tesisleri 1000 MW'a yakın olup, toplam kurulu gücün yarısından fazlası ABD'de bulunmaktadır. Bu teknolojiler yüksek güneş enerjisi ışınları ile verimli çalışmakta olduğundan Avrupa'da yaygınlaşmaları beklenmemektedir. 2008 yılından itibaren sadece ABD'de binlerce MW lık CSP tesisi kurulumu başlamıştır. Önümüzdeki yıllarda en büyük maliyet düşüşlerinin beklendiği bu teknolojilerde Türkiye uygun güneş enerjisinde kuşağında olup, CSP yatırımları için de son derece avantajlıdır.

CSP teknolojilerde halen yatırım maliyetleri kurulu güç (kW) başına yaklaşık 2.500 – 3.500 ABD doları civarındadır. ABD de elektrik üretim maliyetleri ise 12-16 cent / Kwh civarındadır. Parabolik oluklu kollektörlerle güneş enerjisinden elektrik üretimi temel yapısı aşağıda gösterilmektedir. Konkav yansıtıcılar güneş enerjisini yansıtıcıların önünden geçen akışkan sıvı veya su içeren ısı toplama ünitelerine yoğunlaştırmaktadır. Bu hatlarda ısınan sıvı veya su ile buhar elde edilmekte ve buhar gücü ile buhar türbininden elektrik enerjisi elde edilmektedir.

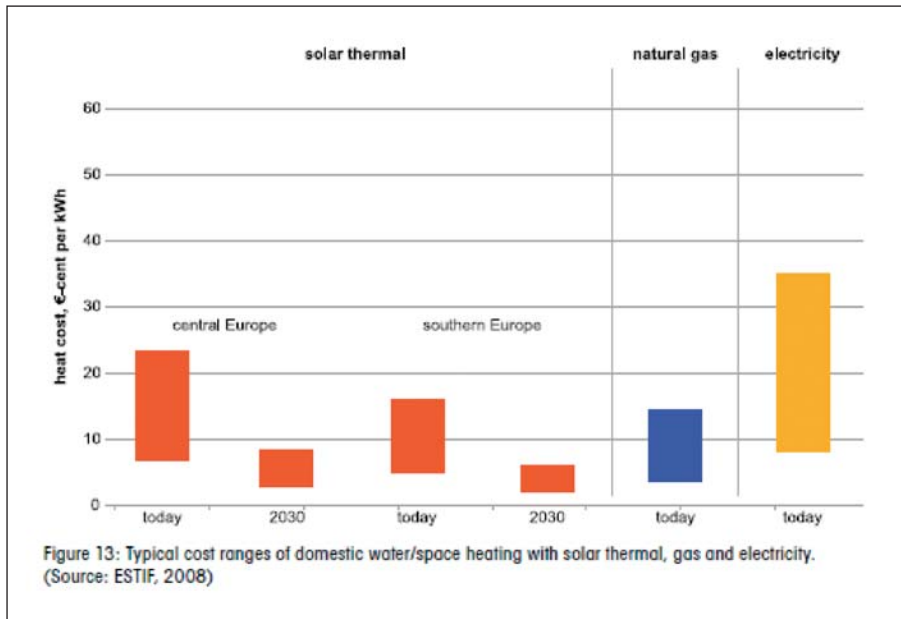
Fresnel yansıtıcıları parabolik oluk sistemlerle aynı prensipte çalışmakta olup, konkav kollektörler yerine panjur sistemine benzer bir şekilde düz yüzeyler kullanılarak güneş enerjisi ısı toplama ünitelerine yoğunlaştırılarak buhar elde edilmekte ve buhar gücü ile türbininden elektrik enerjisi üretilmektedir. Kule türü sistemlerde ise çok sayıda yansıtıcı kollektör güneş enerjisini bir kulenin üzerinde bulunan ısı toplama birimine yoğunlaştırmakta, bu ısı ile yine buhar elde edilerek buhar gücü ile elektrik türbininden elektrik enerjisi üretilmektedir. ■



Şekil 5. Dünyada kurulan büyük ölçekli PV elektrik üretim tesislerinin yıllık ve kümülatif kurulu güç dağılımı (PV Resources, Annual Review 2008)



Şekil 6. Isıtma ve soğutma amaçlı kullanılan kollektör sistemlerinin güç dağılımı



Şekil 7 Isıtma ve soğutma amaçlı güneş enerjisi sistemlerinin diğer alternatif enerji kaynaklarına göre yatırım maliyetleri