



İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü



## COĞRAFYA DERGİSİ

Sayı 29, Sayfa 70-98, İstanbul, 2014

Basılı Nüsha ISSN No: 1302-7212

Elektronik Nüsha ISSN No: 1305-5173

# ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU

*A Research In The Field Of Energy Geography: Usage Of Solar Energy In The World  
And Turkey*

Yrd. Doç. Dr. Erol KAPLUHAN

Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü

[ekapluhan@hotmail.com](mailto:ekapluhan@hotmail.com)

Alındığı tarih: 21.05.2014 Kabul tarihi: 27.12.2014

### Özet

Ülkelerin ekonomik kalkınma endişeleri, artan nüfus ve ilerleyen teknolojik gelişmeler enerji tüketimini artırıcı unsurlardır. Klasik enerji kaynakları kısıtlı kaynaklardır ve fiyatlar her geçen gün artmaktadır. Bu durum dünya ülkelerini ekonomik, politik ve çevresel açıdan yakın zamanda etkileyecek duruma gelecektir. Bu bağlamda güneş enerjisi klasik enerji kaynaklarına karşı güçlü bir alternatiftir ve sözü geçen problemleri elimine etmek için büyük bir potansiyele sahiptir.

Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülke olup, enerji ihtiyacının yarısından fazlasını dışarıdan ithal etmekte ve buda ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca ülkenin sahip olduğu fosil kaynakları enerji ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmayıp, mevcut linyit kömürlerimizde hem düşük kalorili ve hem de kükürt ve kül içerisi yüksek değerdedir. Dolayısıyla Türkiye'nin geleceği için temiz, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önemlidir.

Bu çalışma yenilenebilir enerji çeşitleri arasında en ilgi çekenlerden bir tanesi olan güneş enerjisi, onu kullanarak elektrik enerjisi üreten fotovoltaik teknolojisi ile Türkiye ve Dünya'daki mevcut durum ve mevcut güneş pili uygulamaları hakkında genel bilgi vermeyi amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi, Güneş Pili, Fotovoltaik Teknoloji.

## Abstract

The energy consumption increases rapidly due to the growth on population, concerns of countries regarding economical advancements and unexpected improvements of the technology. The price of conventional energy reserves is rising day by day. Since the traditional energy resources are limited by nature, it is inevitable that all the countries in the world have been affected from this economically, politically and environmentally. The solar energy is a powerful alternative to the traditional energy resources and has a great potential to solve as well as eliminate above mentioned problems.

Turkey which is an importing country imports more half of energy need and this situation has negative impact on the country economy. So utilization from clean, domestic and renewable energy is commonly accepted as the key for future life for Turkey. Because of this and the fact that it has limited fossil fuel resources, a gradual shift from fossil fuels to renewable energy sources seems to be serious and the sole alternative for Turkey.

This study aims to give information about solar energy as one of the most attractive energy in other renewable energy sources, photovoltaic technology which enables electricity generation, an overview of this technology in Turkey and in the world and also exiting applications of solar cells.

**Keywords:** *Renewable energy, Solar Energy, Solar Cell, Photovoltaic Technology.*

## 1. GİRİŞ

Güneş yeryüzündeki canlı hayatının temel kaynağı olduğu gibi, bütün enerji türleri doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisine bağlı olarak meydana gelmiştir. Güneş enerjisi bilinen en eski birincil enerji kaynağı olduğu gibi temiz, yenilenebilir özellikte olup, dünyamızın her tarafında fazlasıyla bulunmaktadır (Akova, 2008: 33).

Günümüzde, küresel ısınma ve kirlilik, enerji elde etmek için fosil madde esaslı yakıtların ağırlıklı olarak kullanılmasının da etkisiyle, dünyadaki yaşamsal faaliyetleri tehdit edecek bir boyuta ulaşmıştır. Bu nedenle, bugün günlük hayatta ve sanayide kullanılması zorunlu elektrik enerjisinin, çevreye en az zarar verecek biçimde üretimi, iletimi ve tüketiminin gerçekleştirilmesi konusu çözülmesi gereken en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Fosil yakıt atıklarının neden olduğu çevre sorunları arasında ilk akla gelenleri küresel ısınma, asit yağmurları ve nükleer radyasyon gibi insan hayatını birinci derecede olumsuz etkileyen faktörlerdir (Akova, 2003: 49; Akova, 2008). Gerek fosil yakıt kaynaklarının yakın gelecekte ihtiyacı karşılamayacak kadar sınırlı oluşu, gerekse hava kirliliği ve asit yağmurları sonucu sera etkisi şeklinde ortaya çıkan çevresel sorunlar nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada giderek artan bir ilgi ile karşılanmakta ve enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynak olarak görülmektedir.

1973-1974 yılları arasında dünyada meydana gelen enerji krizinin ardından, dünyada güneş enerjisinin dolaylı veya direkt olarak kullanılması daha yaygın hale gelmiştir. Güneş enerjisi hâlihazırda dünyanın ihtiyacı olan enerji ihtiyacının onbeşbin katı olan potansiyeli ve çevreye dost olan bir enerji şekli ile alternatif enerji kaynakları arasında önemli bir kaynaktır.

Güneş enerjisi çevre açısından temiz bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olmaktadır. Yeryüzüne her sene düşen güneş ısınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin yaklaşık 160 katı kadardır. Ayrıca yeryüzünde fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazladır. Bu bakımdan güneş enerjisinin bulunması sorun değildir. Asıl sorun bunun insan faaliyetlerine uygun kullanılabilir bir enerji türüne dönüştürülebilmesindedir (Ültanır, 1996; Şen, 2002).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma çabası sürecinde güvenilirlik, süreklilik, çevreye zarar vermemesi ve yapılarının tek kaynağa bağımlı kalmasından kaçınılması genel olarak

benimsenen politikalar olmuştur. Güneş; rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve dalga gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın olan ve teknolojisi en hızlı gelişen enerji kaynağıdır.

Gücünü doğadan alan, temiz ve yenilenebilir nitelikteki alternatif enerji kaynakları, belli sınırlar içinde kendilerini yenileyebildiklerinden tükenmeleri mümkün değildir. Yaklaşık 4-5 milyar yıldan beri dünyamıza hayat veren güneş, aynı zamanda kökeni ne olursa olsun, yeryüzündeki bütün enerji kaynaklarının varlığının da sebebidir. Fosil yakıtlar dâhil olmak üzere, rüzgâr, deniz, med-cezir, dalga, akarsu ve biyogaz gibi tüm enerji kaynakları aslında güneş enerjisinin türevleridir (Akova, 2003: 57).

Bilinen enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş enerjisinin yaygın olması nedeniyle, yüksek derecelerde sıcaklık elde etmek için yoğunlaştırılması gerekmektedir. Güneş enerjisini mekanik ve elektrik enerjisine uygun bir verimlilik oranıyla çevirmek mümkündür. Ayrıca güneş enerjisi fotosentetik ve fotokimyasal tepkimeleri başlatmak için gereken özelliklere de sahiptir. Yarı iletkenlerde fotoelektrik ve termoelektrik etkileri kullanarak güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek imkân dâhilindedir (Akova, 2008: 33).

Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üreten sistemler üzerine yapılan çalışmalar diğerlerine göre kolay, uygulanabilir ve düşük maliyetli olması sebebiyle ticari ürüne dönüşmüş durumdadırlar. Buna paralel olarak güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi amacıyla kullanılan güneş pillerinin kullanımı önem kazanmıştır (Ralph & Linder, 1996).

Güneş enerjisi, kaynağını Güneş'teki füzyon olayından alan temiz bir enerjidir. Güneş kütlelerinin saniyede 5 milyon tonluk bir kısmı ısı ve ışığa dönüşmektedir. Bu enerjinin 1010 MW'lık kısmı dünyaya ışık olarak ulaşır. Bu çok yüksek bir değer olsa bile, güneş enerji teknolojileri yardımıyla bu ışının ancak bir kısmı enerjiye dönüştürülebilir (Akova, 2008: 33).

Kontrol kolaylığı ve yatırım maliyetinin düşüklüğü sebepleriyle önceleri güneş enerjisinden elektrik üretimi üzerine çalışmalar yapılmasına rağmen, üretilen enerji gün ışığının olmadığı zamanlarda ihtiyaca cevap veremediğinden, depolama ihtiyacının ekonomik olmayacak boyutlarda büyümesine yol açmakta ve şebekeden beslenemeyen alıcılar için sık sık çalışması gereken dizel jeneratör ihtiyacı doğmaktadır. Bağımsız çalışan sistemlerde hem dizel desteğini, hem de enerji depolama maliyetini azaltmak, şebekeyle paralel çalışabilen sistemlerde ise, enerji depolama maliyetini ve kullanıcının ödeyeceği fatura bedelini azaltmak amacıyla çalışmalar yoğunlaşmıştır (Chadivassiliadis v.d, 1986).

Güneş enerjisi bol, sürekli, yenilenebilir ve bedava bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır. Fosil yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) yayılımı (emisyonu) sonucunda, atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı, son yüzyıl içinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde, bu miktarın, bugüne oranla 1,4 kat daha artma olasılığı vardır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °C yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1 °C yükselmesi, dünya iklim kuşaklarında görünür değişimlere, 3 °C düzeyine varacak artışlar ise, kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir (Ültanır, 1996; Varınca & Varank, 2005). Bu nedenle güneş gibi doğal ve alternatif olabilecek kaynaklara öncelik verilmesi hayati önem taşımaktadır.

1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye ortalama güneşlenme süresinin günlük toplam 7,2 saat, ışınım şiddetinin günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin bölgelere göre dağılımı

yönünden, her türlü güneş enerjisi uygulamalarına müsait bir ülke sayılabilir. Topografyanın, yerleşim yerlerinin ve tarım vb. alanların dağılımı ve ulaşım gibi kısıtlayıcı faktörlerin, bu alanın ancak % 1'inin kullanılmasına imkân sağlayacağı kabul edildiğinde, Türkiye için, güneş enerjisi gerçek kullanma alanı yaklaşık 7,8 milyon m<sup>2</sup> olmaktadır (DEK-TMK, 209: 121-122).

Türkiye, güneş konusunda coğrafi konumu itibariyle elverişli bir potansiyele sahip ancak bu potansiyeli yeterli düzeyde kullanamamaktadır. Birincil enerji kaynaklarında dışa olan bağımlılık, çeşitlendirmenin sınırlı kalması, çevresel etkiler göz önüne alınarak oluşturulacak enerji portföyünde yerli kaynak kullanımının verimli bir şekilde artırılması gerekmektedir. Enerji çeşitliliği sağlayarak ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için alternatif enerji kaynakları son derece önem arz etmektedir.

## 2. GÜNEŞ ENERJİSİ VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Güneş enerjisinden alet kullanılan ilk uygulama, MÖ 215'te, Syracuse'yi kuşatan gemilere güneş ışınımını odaklayarak yakan Arşimet yapmıştır (Akova, 2003: 57; Altuntop & Erdemir, 2013: 70).

Eski çağlardan beri kullanılan güneş enerjisinin günümüzdeki anlamıyla ilk kullanımı 18. yüzyıla rastlamaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma konusunda çalışmalar 17.yy'da Galile'nin merceği bulmasıyla başlamıştır (Akova, 2008: 34). 1767 yılında ilk güneş kolektörü İsviçreli bilim adamı Horace de Saussure tarafından yapılmıştır. Bu kolektör daha sonra 1830'larda Sir John Herschel tarafından Güney Afrika seferinde yemek pişirmek amacıyla kullanılmıştır. Aynı dönemlerde, İskoç bilim adamı Robert Stirling 27 Eylül 1816'da icat ettiği bir makine için patent başvurusu yapmıştır. Bu makine sonraları Çanak/Stirling Sistemi adı verilen güneşin ısı enerjisini elektrik üretmek için yoğunlaştıran güneş ısı elektrik teknolojisinde kullanılmıştır. 1839 yılında Fransız fizikçi Alexandre-Edmund Becquerel iki metal plaka arasındaki elektrik akımı şiddetini gözleme yoluyla ışık şiddetini ölçebilen bir cihaz icat ederek fotovoltaiik etkiyi keşfetmiştir. Güneş ışığı cihaz tarafından soğurulduğunda, güneş enerjisi elektronları atomlardan koparıp malzeme içinde akmasına yol açar ve bu şekilde elektrik üretimi elde edilir. Işığın (fotonlar) elektrige (gerilim) dönüştüğü bu sürece fotovoltaiik (veya fotoelektrik) etki adı verilmektedir (DEK-TMK, 2009: 10).

1873 yılında İngiliz bilim adamı Willoughby Smith selenyumun fotoiletken olduğunu keşfetmiştir. 1877 yılında yine İngiliz bilim adamları W.G. Adams ve R.E. Day katı selenyumdaki fotovoltaiik etkiyi gözlemleyerek bu konuda bir makale yayımlamışlardır. 1884 yılında Amerikalı kâşif Charles Fritts selenyumu çok ince bir altın tabakasıyla kaplayarak dünyanın ilk çalışan güneş pilini yapmıştır. Ancak güneş pilleri konusunda araştırmalar sürmüş ve 1888, 1894 ve 1897 yıllarında Amerikan Patent Dairesi'nden güneş pilleri için çeşitli patentler alınmıştır. Aynı yıllarda ısı güneş enerjisi konusundaki çalışmalar da devam etmekte idi. Aslen bir matematik öğretmeni olan Fransız bilim adamı Auguste Mouchout, 1860 yılında yaptığı bir aygıt ile suyu güneş enerjisi ile kaynatarak elde ettiği buharla küçük bir buhar türbinini çalıştırmayı başarmıştır. Bu, dünyanın güneş enerjisiyle çalışan bilinen ilk makinesidir. Mouchout 1861'de bu makinenin patentini aldıktan sonra çalışmalarını devam ettirmiş ve 1865 yılında önceki icadını geliştirip çanak şeklinde bir reflektör kullanarak bir buhar türbinini çalıştırmıştır (DEK-TMK, 2009: 10).

18. yüzyılda yoğunlaştırılan güneş ışınları kimyasal tepkimelerde ve güneş ocaklarında kullanılmış, 19. yüzyılda ise güneşle çalışan buhar makinesi ve baskı makinesi kullanılmış ve su dağıtma işleri güneş enerjisi kullanılarak sağlanmaya çalışılmıştır. Fransız mühendis Charles Tellier güneş üzerine yaptığı çalışmaları ile ilk yoğunlaştırmasız, yansıtmasız güneş makinesinin tasarımını gerçekleştirmiştir. Tellier'den sonra güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar Avrupa'dan Amerika'ya kaymıştır. Güneş enerjisinin ticari uygulamaları ilk olarak ABD'de başlamıştır. Boston'lu Aubrey Eneas güneş makinesi deneylerine 1892'de başlamış ve 1900 yılında dünyanın ilk güneş enerjisi şirketini (The Solar Motor Corporation) kurarak

çalışmalarını 1905'e kadar sürdürmüştür. Fotovoltaik güneş enerjisi konusundaki çalışmalar da aynı zaman diliminde devam etmiştir. Özellikle Albert Einstein'ın 1905 yılında yayımlanan ve kendisine 1921 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandıran Fotoelektrik Etki hakkındaki makalesi bu konudaki önemli kilometre taşlarından biridir. Fotovoltaik Güneş Enerjisi konusunda çalışmalar, deneyler ve patent alımları devam etmiş, 1946'da Russell Ohl'un çalışmasının ardından araştırmacılar Gerald Pearson, Calvin Fuller ve Daryl Chapin 1954'de ilk silikon güneş pilini yapmayı başarmışlardır. Bu ilk güneş pillerinin maliyetleri 286 USD/watt düzeyindeydi ve verimleri de % 4,5 – 6 civarına ulaşmıştı (DEK-TMK, 2009: 15).

1920 ve 1930'lu yıllarda düz levha kolektörler kullanan güneş enerjili ısıtma sistemleri ABD'de özellikle California ve Florida gibi güneşli eyaletlerde yaygınlaşmaya başlamıştır. 1914 yılından sonra güneş enerjisiyle ilgili çalışmalar elli yıllık bir duraklama yaşamıştır. Kömür ve petrol şirketleri çok geniş bir altyapı, dengeli ve kararlı pazarlar ve yüksek bir arz düzeyi sağlamada başarılı olmuşlardır.

1950'li yıllar Güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşmaya başladığı yıllar olarak dikkat çekmektedir. 1950 yılında Florida Miami'de 50.000, 1955 yılında Japonya'da 30.000 güneşli su ısıtıcısı kullanımı başlamıştır. Bu dönemde Fransa Pireneler'de kurulan 1 MW güçlü Mont-Louis Güneş fırını, gelişmiş ve örnek bir teknolojiyi göstermektedir. Ancak, kullanılan güneş enerji teknolojisi, ilk yatırım maliyetinin yüksekliği nedeniyle, ucuz petrol ve doğalgaz karşısında rekebet olanağı elde edememiştir (Akova, 2008: 35).

Ancak, 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi, petrol ambargosu ve nükleer kirlilik, temiz ve yenilenebilir enerjiyi yeniden gündeme taşımıştır. Küresel ısınma ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması konusunun gündeme gelmesini takiben temiz ve yenilenebilir enerjiye ilgi daha da artırmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda, ilk endüstriyel tip enerji üretimi 1984 yılında Los Angeles'ta Luz Corporation tarafından gerçekleştirilmiştir. Kurulan parabolik aynalı sistem ile 354 MW bir güç üretimi sağlanmıştır. 1990'lı yıllarda biri 10 MW'lık Kaliforniya'da, diğeri de 30 MW'lık Ürdün'de olmak üzere iki adet güneş kulesi sistemi kurulmuştur. Daha sonra, 2000'li yılların hemen başında güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ve yatırımlar artarak devam etmiştir. Özellikle fotovoltaik sanayi üretimi büyük bir gelişme göstermiştir (DEK-TMK, 2009: 16).

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

Güneş enerjisi, kaynağını güneşteki füzyon tepkimelerinden alan temiz bir enerji kaynağıdır. Füzyon tepkimesi; iki atom çekirdeğinin birleşerek daha ağır bir atom çekirdeği oluşturduğu tepkimedir (Karakoç v.d, 2012: 8).

Güneş enerjisi üç yolla kullanılmaktadır. Pasif Isı<sup>1</sup>, Güneş Termal (Güneş ısısının su ısıtmada kullanıldığı durumdur), Elektrik Üretimi (Fotovoltaik (PV) Piller ve Odaklanmış (Yoğunlaştırıcı) Güneş Enerjisi (CSP) Santralleri kullanarak mümkündür) (ETKB-YEGM, 2014a).

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey olarak farklılıklar göstermekte olup iki ana grup altında incelenebilir: Fotovoltaik Güneş Teknolojisi, Isıl Güneş Teknolojileri.

#### 3.1 Fotovoltaik (PV) Güneş Teknolojisi

Bu yöntemle enerji üretim güneş ışığının, piller vasıtasıyla depolanması ve gerektiğinde kullanılması esasına dayanır. Güneş pilleri yüzeylerine düşen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir (Akova, 2008: 59).

<sup>1</sup> **Pasif Isıtma Sistemi:** Güneş enerjisinin ısıtmada kullanılması amacıyla doğrudan binanın mimari tekniğine (binanın güneşe göre konumlandırılması, pencerelerin güneşe göre tasarlanması, Tromb duvarı uygulaması gibi) göre yapılan uygulamalardır.

Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları ise 0,2- 0,4 mm arasında olan güneş hücrelerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen ve daire şeklinde biçimlendirilir. Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Yüzeğe düşen güneş enerjisi sonucu hücre elektrik enerjisi üretir. Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmesi ile güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül elde edilir ve böylelikle güç çıkışı artırılır (ETKB-YEGM, 2014a).

Güneş pilleri ince film ve kristal silikon olmak üzere genel olarak 2 gruba ayrılabilir. Bu pillerin yapımında günümüzde en çok Kristal Silisyum, Galyum Arsenit (GaAs), Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellürid (CdTe), Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe<sub>2</sub>) kullanılmaktadır (ETKB-YEGM, 2014a).

### 3.2 Isıl Güneş Teknolojileri

Bu sistemlerde Güneş enerjisinden ısı elde edilmekte olup, ısı doğrudan ya da elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Kendi içinde düşük sıcaklık sistemleri (güneş kolektörleri) ve yoğunlaştırıcı sistemler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, vakum-tüp güneş kolektörleri, güneş havuzları, güneş bacaları, su arıtma sistemleri, güneş mimarisi, ürün kurutma sistemleri, sera sistemleri ve güneş ocakları düşük sıcaklık sistemlerindedir. Parabolik oluk kolektörler, parabolik çanak sistemler, merkez alıcı sistemler ise yoğunlaştırıcı sistemlerdendir (ETKB-YEGM, 2014a).

Güneş kolektörü, güneş ışınlarının absorpsiyonu yoluyla ısı enerjisiye dönüştürülerek bir akışkana transferi için tasarlanmış bir cihazdır. Kullanılan akışkan, konstrüksiyon ve yonteme bağlı olarak çeşitli tipleri bulunmaktadır. Güneş kolektörünün görevi, güneş ışınımını ikincil bir devreye faydalı ısı enerjisi olarak aktarmaktır. Kolektör içinde bu aktarımı gerçekleştiren bileşen absorberdir. Absorber; ışınım yoluyla alınan enerjinin absorbe edilmesini sağlayan sistem parçasıdır. Absorber yüzeyi, ışınımı absorbe etmesi ve mümkün olan en az ışınımı yansıtması için kaplanmıştır ve üretilen ısıyı borular vasıtasıyla ısı taşıyıcı akışkana aktarır. Hava taşıyıcı kolektörler, ısı taşıyıcı akışkan olarak havayı kullanan güneş kolektörleridir. Sıvı taşıyıcılı kolektörler, ısı taşıyıcı akışkan olarak bir sıvının kullanıldığı güneş kolektörleridir (Karakoç v.d, 2012: 8).

Yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri ise daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için kullanılmaktadır. Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alan "açıklık alanı", güneş enerjisinin yutulduğu ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzey ise "alıcı yüzey" olarak tanımlanmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşit iken, yoğunlaştırıcı kolektörlerde güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

### 3.3 Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi (Consantre Solar Power = CSP) Sektörü

Konsantre güneş enerjisi teknolojileri geniş bir alanda, Dish Stirling motoru, solar enerji kulesi, CLFR, solar baca gibi örneklerle hayat bulmuştur. Her bir odaklama yöntemi yüksek sıcaklıkların elde edilmesini ve buna paralel olarak yüksek termodinamik verimliliği sağlamaktadır. Ancak, bu yöntemlerin güneşi takip mekanizmaları ve güneş enerjisinden faydalanma biçimleri birbirinden farklıdır. Teknolojide yaşanan ilerlemeler sayesinde, bu Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi yöntemleri günden güne uygun maliyetli hale gelmektedir ([http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP\\_gun\\_enj\\_sant.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx)).

Yoğunlaştırılmış termal güneş enerjisi santralleri (CST) yenilenebilir ısı enerjisi ya da elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılırlar. CST sistemleri aynalar ve bu aynalara bağlı

güneşi izleme sistemleri vasıtasıyla geniş bir alana düşen güneş ışınlarını tek bir küçük alana odaklar. Yoğunlaştırılmış gün ışığı daha sonra klasik enerji santrallerine gereken ısıyı üretmekte kullanılmış olur. Bunun yanı sıra, üretilen ısı enerjisi başka amaçlar için de kullanılabilir ([http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP\\_gun\\_enj\\_sant.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx)).

Dünya CSP Kurulu gücü 430 MW olmakla birlikte planlama aşamasında olan 5500 MW kapasiteli 45 adet CSP projesi bulunmaktadır. Bu alanda dünyadaki lider ülkeler ABD ve İspanya'dır. Şekil 5'te 2000-2050 yılları arasında Dünya CSP Kurulu güç gelişimi görülmektedir. Buna göre 2005-2010 yılları arasında gelişimi hızlanan sektörün bundan sonra da benzer hızla artmaya devam ederek 2050 yılında 5000GW'a ulaşacağı ön görülmektedir (ETKB-YEGM, 2014b).

CSP sektörü, yıllarca süren durgunluğun ardından, 2007-2010 yılları arasında eklenen 740 MW'lık kapasite artışı ile yeniden canlanmıştır. Söz konusu kapasite artışına yönelik kurulumların yarısından fazlası 2010 yılı içinde gerçekleştirilmiştir. Parabolik oluk kolektörler pazarda en yaygın olan CSP sistemi olmaya devam etmektedir. Güneş teknolojileri arasında bir karşılaştırma yapıldığında ise, PV maliyetlerindeki önemli düşüşler büyümekte olan CSP pazarını zora sokmaktadır. Bu durum, özellikle, önceden planlanmış birçok projenin santral tipi PV teknolojilerini kullanmak üzere yeniden kurgulandığı ABD gibi ülkelerde kendini göstermektedir. Diğer yandan, CSP projeleri başta Ortadoğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkeleri<sup>2</sup> olmak üzere, ABD'nin güneydoğusundan ve İspanya'dan diğer bölge ve ülkelere yönelmektedir (RGSR, 2013).

Günümüzde güneş enerjisi kullanımı tüm dünyada hızla artmaktadır, buna karşın güneş enerji pilleri ve sistemlerinin maliyeti de hızla düşerek yaygınlaşmaktadır. Günümüzde fotovoltaiik kurulu güç bakımından Dünyada lider ülke Almanya'dır (WEC, WER 2013: 19).

#### 4. DÜNYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI VE MEVCUT DURUM

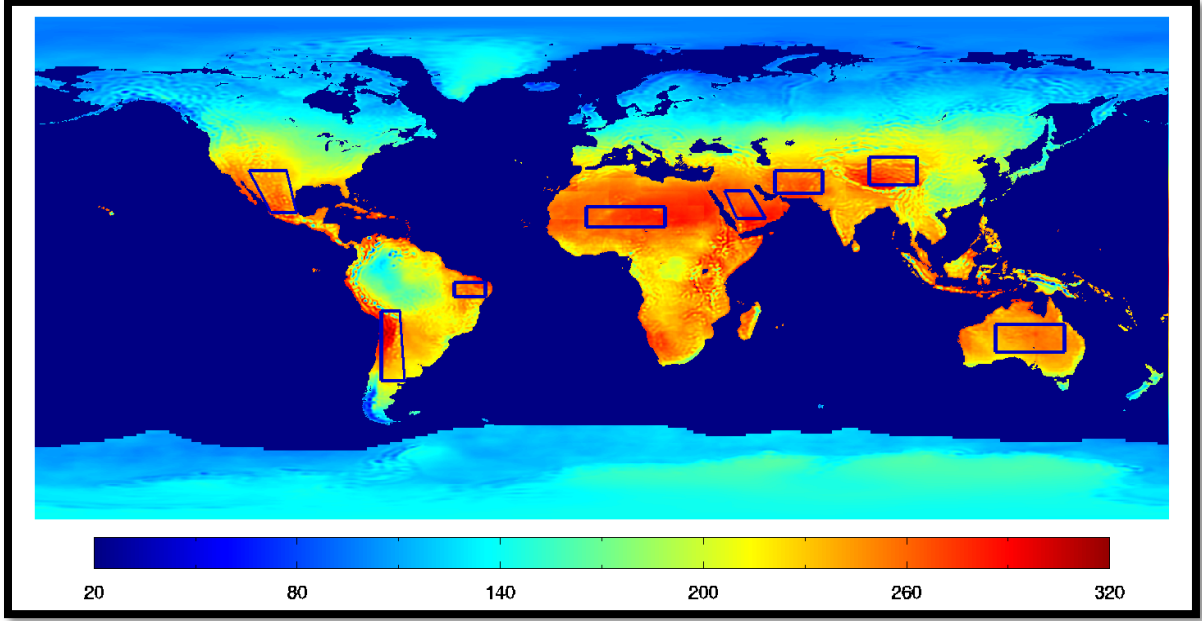
Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan güneş enerjisi, Güneş'in çekirdeğinde yer alan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon süreci ile açığa çıkan ışınım enerjisidir. Dünya'ya ulaşan Güneş enerjisinin küçük bir bölümü dahi dünya enerji tüketiminin çok üzerindedir. Güneş enerji sistemlerinin teknolojik olarak ilerlemesi ve maliyetlerinin düşmesi, temiz bir enerji kaynağı olan Güneş enerjisinin önemini daha da artırmaktadır (ETKB-YEGM, 2014a).

Yeryüzünün 45° kuzey ve 45° güney eylemleri arasında kalan sahalar güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanma olanağına sahiptir. Güneş enerjisinden yararlanmada karşılaşılan en sık uygulama şekli ise düzlemsel güneş kolektörleri vasıtasıyla elde edilen ısıyla çeşitli mekânların sıcak su ihtiyacının sağlanmasıdır. Bu yaygın kullanım şeklinin dışında güneş havuzları, güneş bacaları, güneş ocakları, güneş pilleri, parabolik oluk ve parabolik çanak sistemleri gibi birçok farklı yöntem kullanılarak güneş enerjisinin yoğunlaştırılıp, ihtiyaca uygun çeşitli sıcaklık derecelerine ulaşmak mümkündür. Kuşkusuz bu çabaların nihai amacı elektrik enerjisi elde etmektir ki, maliyeti fazla olmasına rağmen günümüzde ulaşılan teknoloji ile bunun gerçekleştirilmesi mümkündür (Akova, 2003: 59).

Dünya güneşlenme potansiyeli Şekil 1'de gösterilmiştir. En fazla güneş enerjisi tesisi yatırımları gelişmiş ülkeler olan Avrupa ve Amerika'da yoğunlaşmasına rağmen Afrika, Avustralya ve Güney Amerika'nın güneşlenme potansiyeli çok daha fazladır. Ülkemizin de özellikle güney kesimleri yüksek güneşlenme kapasitesine sahiptir.

<sup>2</sup> Cezayir, Bahreyn, Cibuti, Mısır, İran, Irak, İsrail, Ürdün, Kuveyt, Lübnan, Libya, Malta, Umman, Katar, Suudi Arabistan, Suriye, Tunus, Yemen, Birleşik Arap Emirlikleri, Filistin

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU



**Şekil 1:** Dünya Güneş Enerji Haritası (Watt/m<sup>2</sup>)

**Figure 1:** Map of the World Solar Power (Watts / m<sup>2</sup>)

**Kaynak:** <http://www.renewableenergyst.org/solar.htm>, 2014.

**Tablo 1:** Dünya'daki Güneş Enerji Potansiyeli En Yüksek Bölgeler

**Table 1:** The Highest Solar Energy Potential Area in the World

Bölge	Önerilen Alan (km <sup>2</sup> )	Yıllık Enerji (Joul)
Sahra	2.000.000	1.71x10 <sup>22</sup>
Arabistan Çölü	500.000	4.19x10 <sup>22</sup>
Qingai	1.400.000	1.17x10 <sup>22</sup>
Avustralya	2.400.000	1.87x10 <sup>22</sup>
Güney Amerika	1.800.000	1.40x10 <sup>22</sup>
Brezilya	600.000	4.77x10 <sup>21</sup>
USA ve Meksika	1.600.000	1.25x10 <sup>22</sup>
Güneybatı Asya	1.200.000	1.00x10 <sup>22</sup>

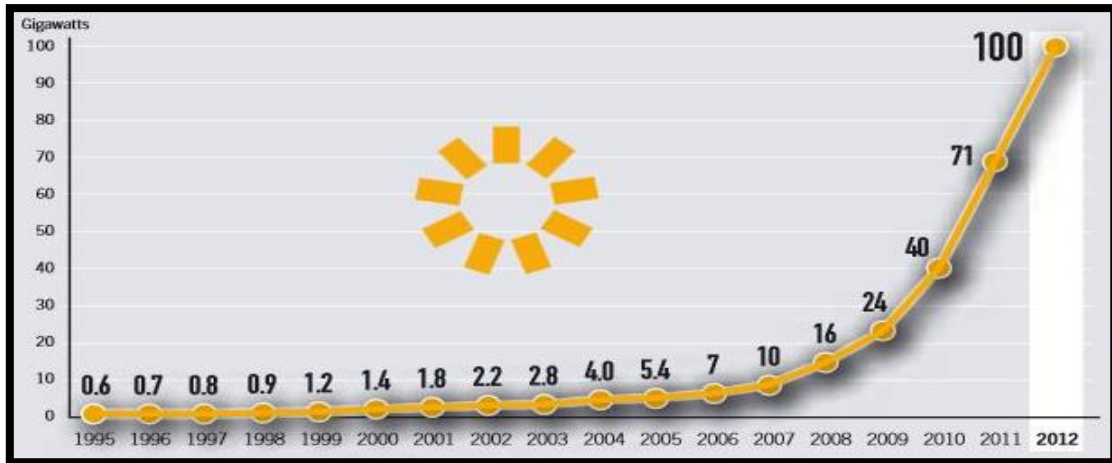
**Kaynak:** <http://www.renewableenergyst.org/solar.htm>, 2014.

Toplam yenilebilir enerji kapasitesi 2012 yılı sonu itibariyle dünyada 2011 yılına göre % 8,5 artarak 480 GW'a ulaşmıştır (RGSR 2013: 23). Hidrosantrallerin dâhil edilmediği bu



değerlendirmede en fazla yenilenebilir enerji 293 GW kapasiteli olan rüzgâr enerjisinden elde edilmektedir (RGSR 2013: 53). Rüzgâr enerjisini biokütle ve fotovoltaik paneller takip etmektedir. Güneş enerjisi toplam kapasitesi 2012 yılı sonu itibariyle 100 GW'a ulaşmıştır (RGSR 2013: 44).

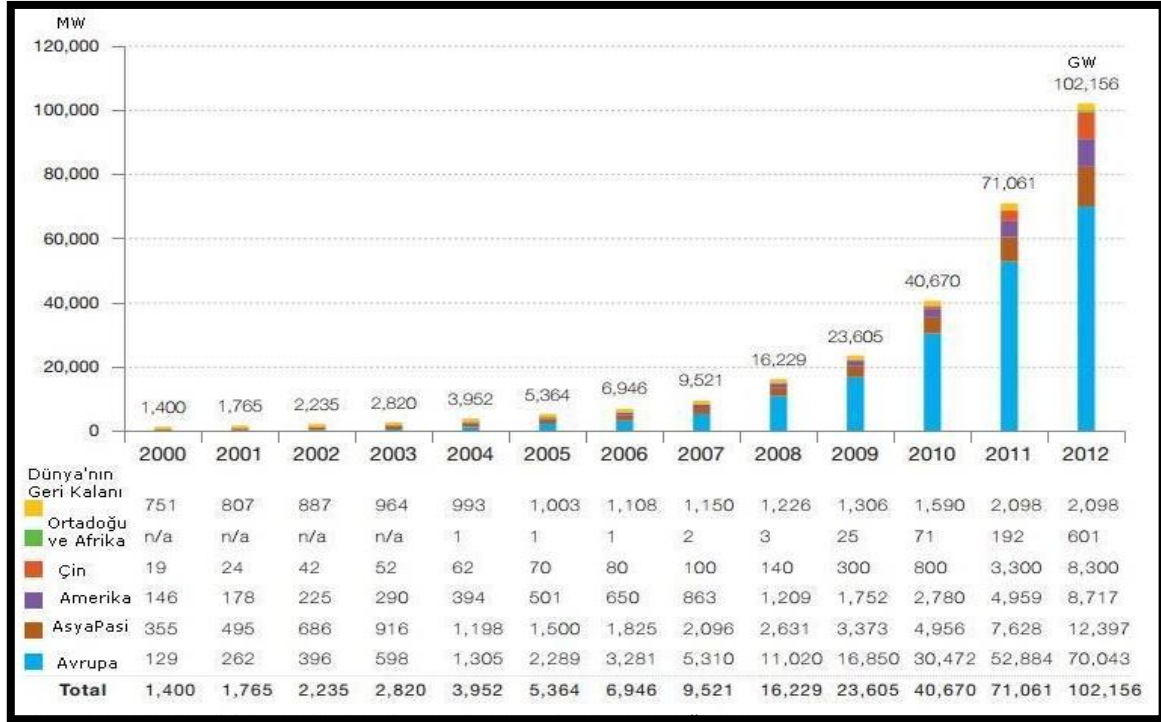
Yenilenebilir enerji kaynaklarının önem kazanması ve bu konuda yapılan araştırma çalışmalarının sonucu olarak son yıllarda fotovoltaik (PV) güç sistemlerinin kullanımında Dünyada büyük bir artış gözlenmektedir. Özellikle Almanya, İspanya ve Çin uzun yıllardır bu konuda öncü konumundayken İtalya, ABD ve Fransa gibi ülkeler de bu yarışa katılmışlardır. Fotovoltaik panellerden güneş enerjisi üretiminin yıllara göre değişimi oldukça dikkat çekicidir. Son iki yılda bu alanda yapılan yatırımlar katlanarak artmaktadır ve toplam kurulu kapasite 100 GW'a ulaşmıştır (Şekil 2). Almanya, toplam kurulu güç konusundaki liderliğini elinde tutarken 2011 yılı içerisinde en yüksek kurulumu İtalya'nın yaptığı görülmektedir. Bu iki ülkeyi takip eden ABD ve Fransa gibi ülkelerin dışında, oldukça az güneşlenme sürelerine sahip Kuzey Avrupa ülkelerindeki fotovoltaik yatırımları da ilgi çekmektedir. Önümüzdeki 5 yıllık sürece bakıldığında da bu büyümenin devam edeceği tahmin edilmektedir. Avrupa'da lisanlara ve başlatılan projelere bakıldığında 2016 yılı sonunda en kötü senaryoya göre 95 GW, en iyi senaryoya göre ise 155 GW mertebelerinde olması beklenmektedir. Artan kurulu güç sistemlerine bağlı olarak pazar payında beklenen büyümenin 2020 yılında 230 milyar Doları geçmesi beklenmektedir (DEK-TMK, 2012:144).



**Şekil 2:** 1995-2012 Yılları Arası Dünya'da Fotovoltaik (PV) Kapasite Gelişimi  
**Figure 2:** Between the years 1995-2012 in the World Photovoltaic (PV) Capacity Development

**Kaynak:** Renewables Globas Status Report 2013: 45

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU



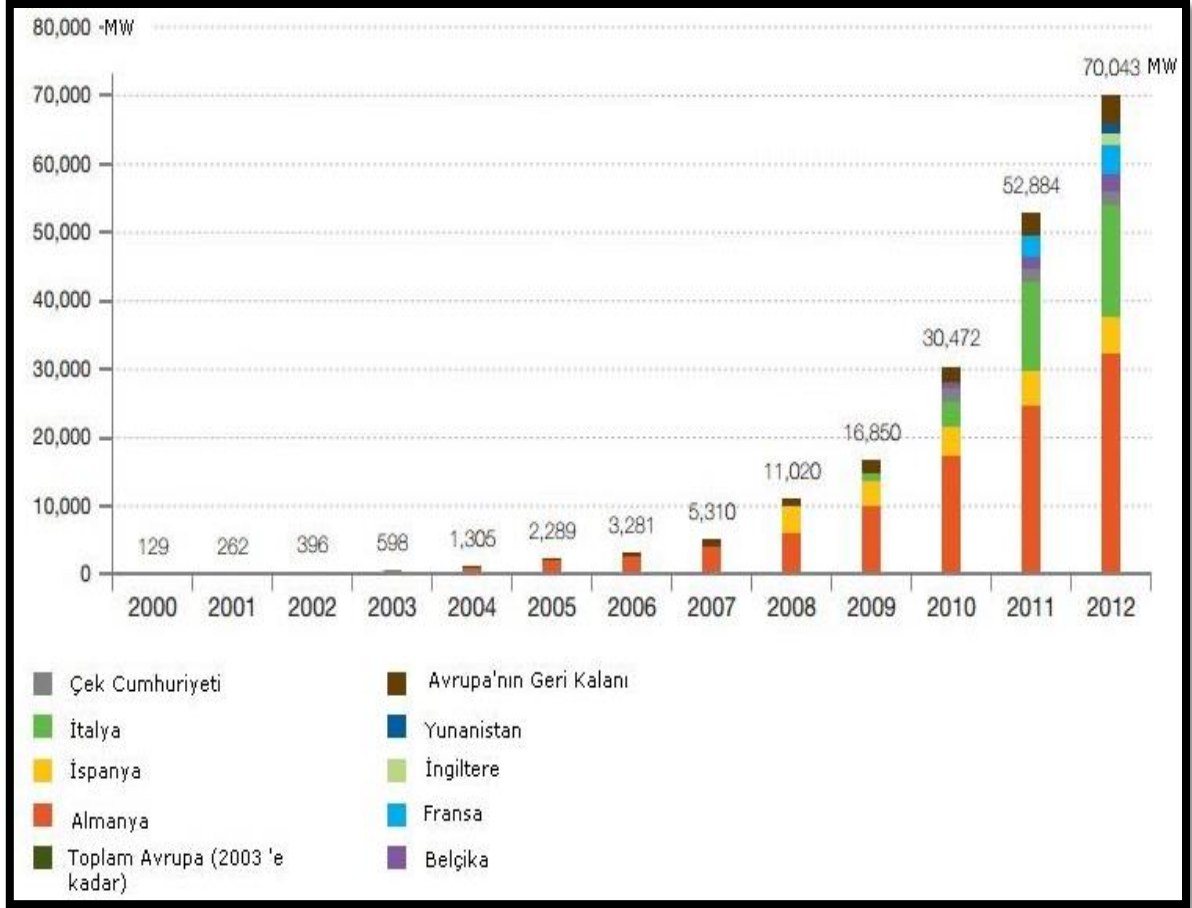
**Şekil 3:** 2000-2012 Yılları Arası Dünya'da Ülkeler ve Bölgelere Göre Fotovoltaik (PV) Kurulu Güç Kapasitesinin Değişimi.

**Figure 3:** Evolution of Global Photovoltaic (PV) Cumulative Installed Capacity 2000-2012

**Kaynak:** EPIA-GMOP 2013-2017, Sayfa13'deki şekil Türkçeye çevrilerek oluşturulmuştur.

Dünya'da 2012 yılsonu itibariyle fotovoltaik (PV) kurulu güç kapasitesi bakımından Avrupa ülkeleri 70.043 GW'la birinci sıradadır. Bunu 12.397 GW'la Asya Pasifik ülkeleri, 8.717 GW'la Amerika, 8.300 GW'la Çin takip etmektedir. Yüksek güneş enerji potansiyeline sahip olmalarına rağmen Ortadoğu ve Afrika ülkeleri 601 GW'lık fotovoltaik kurulu güç kapasitesiyle bu potansiyellerini iyi değerlendiremediği görülmektedir (Şekil 3).

Güneş enerjisi sistemleri üzerine yapılan araştırma geliştirme faaliyetleri ile teknolojik olarak büyük ilerleme kaydedilmekte ve güneş panellerinin ilk yatırım maliyeti de düşürülmeye çalışılmaktadır. Bununla birlikte Dünya'da fotovoltaik pil üreten ülkelerin başında son yıllarda büyük bir çıkış yapan Çin ön plana çıkmaktadır. Çin'i Tayvan, Almanya ve ABD takip etmektedir. Fotovoltaik pazarı büyümeye devam ederken, en büyük endüstriyel büyüme ince film güneş sistemleri sektöründe gerçekleşmektedir. 100'ü aşkın ülke güneş enerjisinden elektrik üretimi konusunda stratejik öneme sahip politikalar oluşturmuşlar, gereken önlem ve düzenlemeleri yapmışlardır. Bu politikalar yakın vade de 2020 yılını hedef almaktadır.



**Şekil 4:** Avrupa Ülkelerinin 2000-2012 yılları arasındaki Fotovoltaik (PV) Kurulu Güç Kapasite Değişimi

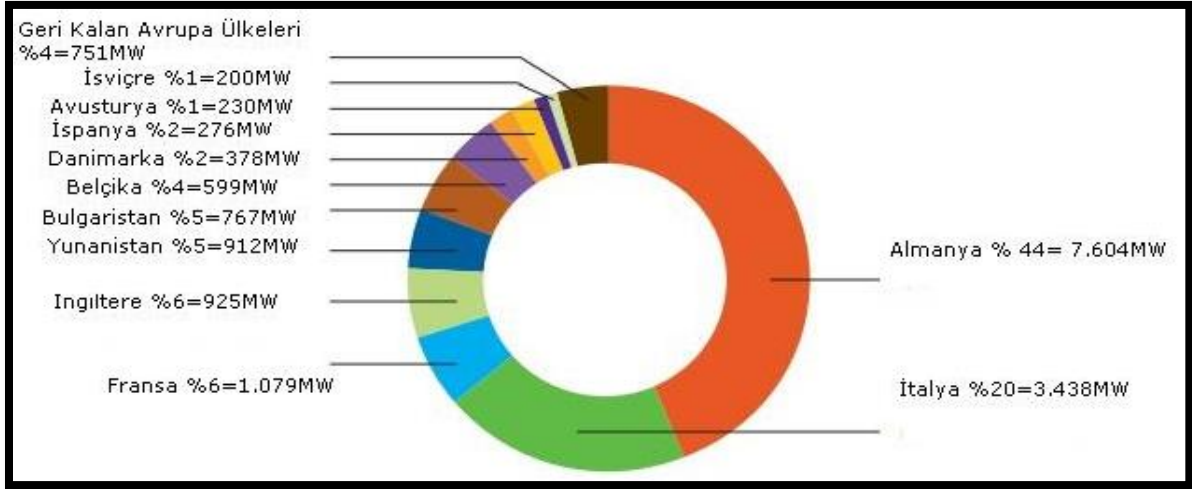
**Figure 4:** Evolution of European Photovoltaic (PV) Cumulative Installed Capacity 2000-2012

**Kaynak:** EPIA-GMOP 2013-2017, Sayfa17'deki veriler Türkçeye çevrilerek oluşturulmuştur.

Güneş enerjisi kurulu gücü bakımından en zengin 3 bölge sırasıyla Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika kıtasıdır. Güneş enerji sistemlerinden elektrik üretimi 100'ün üzerinde ülkede gelişen teknoloji ile hızlı büyüyen bir yapıya sahiptir. 2012 sonu itibariyle Dünya'da yenilebilir enerji kaynakları içinde en fazla yatırım güneş enerjisine yapılmıştır. Güneş enerjisi yatırımları 140,4 milyar dolar ile toplam yenilebilir enerji kaynakları arasındaki yatırım oranının % 57'sini oluşturmaktadır. Bu yatırımların % 87'si gelişmiş ülkeler tarafından yapılmıştır (RGSR 2013: 65)

2000'li yılların başında Avrupa ülkelerinin toplam fotovoltaik kurulu gücü 129 MW iken bu oran 2005'te 2.289 MW'a, 2010 yılında yaklaşık 15 kat artarak 30.372 MW'a, 2012 yılsonu itibariyle 70.043 MW'a ulaşmıştır (Şekil 4).

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU



**Şekil 5:** 2012 Yılı Avrupa Ülkeleri Fotovoltaik Pazar Oranları (% , MW)

**Figure 5:** European Photovoltaic (PV) Market Split in 2012 (MW; %)

**Kaynak:** EPIA-GMOP 2013-2017, Sayfa 20'deki veriler Türkçeye çevrilerek oluşturulmuştur.

2012 yılsonu verileri dikkate alındığında fotovoltaik kurulu güç kapasitesi olarak Avrupa'da toplam kurulu gücün % 44'ünü Almanya, % 20'sini İtalya, % 6'sını Fransa, % 6'sını İngiltere, % 5'ini Yunanistan, % 5'ini Bulgaristan, % 4'ünü Belçika, % 2'sini Danimarka, %2'ini İspanya, %1'ini Avusturya, %1'ini İsviçre, %4'ünü de diğer Avrupa ülkeleri oluşturmaktadır (Şekil 5).

Güneş hücresi üretimi yapan en büyük 15 firmanın 10 tanesinin Asya'da bulunması üretimin Asya'ya kaymış olduğunun göstergesidir. Sektör, düşen fiyatlar ve hızlı değişen pazar koşulları karşısında birleşmeler gerçekleştirmekte ve projeler geliştirmektedir. Dünyadaki en önemli fotovoltaik sistem üreticilerini ise Yingli Green Energy (Çin: % 6,7) Trina Solar (Çin: % 4,7), Suntech Power (Çin: % 4,7), JA Solar (Çin: % 2,8) Jinko Solar (Çin: % 2,6), Hareon Solar (Çin: % 2,5) Hanwha-SolarOne (Çin: % 2,5) ReneSola (Çin: % 2,1), Tianwei New Energy (Çin: % 2,0), First Solar (USA: % 5,3), SunPower (USA: % 2,6) Canadian Solar (Kanada: % 4,6) Sharp (Japonya: % 3,0) Kyocera (Japonya: % 2,1) REC (Norveç: % 2,0), Diğer ülke üreticileri % 50 oluşturmaktadır (RGSR 2013: 41).

Pek çoğu Avrupa'da olmak üzere kurulu bulunan birçok santralde elektrik üretimi yapılmaktadır. Bu santrallerin 20 MW ve üzeri olarak sınıflandırılmaları yapılmış, dünya genelindeki büyük santraller olarak adlandırılmaktadır.

**Tablo 2:** Dünya'daki Güneş Enerji Santralleri (20 MW ve Üzeri)  
**Table 2:** Solar Power Plants in the World (20 MW and Over)

Santral İsmi	Ülke	Kapasite(MW)	Bitiş Tarihi
Gujarat Solar Park	Hindistan	600	2012
Agua Caliente	Amerika	250	2012
Charanka Solar Park	Çin	214	2012
Golmud Solar Park	Çin	200	2011
Meuro Solar Park	Almanya	166	2012
Mesquite Solar I	Amerika	150	2012
Neuhardenberg Airport Solar Park	Almanya	145	2013
Campo Verde Solar Project	Amerika	139	2012
Templin Solar Park	Almanya	128	2012
Centrale solaire de Toul-Rosières	Fransa	115	2012
California Valley Solar Ranch	Amerika	108	2012
Perovo Solar Park	Ukrayna	100	2011
Sarnia Photovoltaic Power Plant	Kanada	97	2010
Eberswalde/Finow / Schorfheide	Almanya	84.5	2012
Montalto di Castro Photovoltaic Power Station	İtalya	84.2	2010
Finsterwalde Solar Park in Germany	Almanya	80.7 MW	2010
Ohotnikovo Solar Park	Ukrayna	80	2011
Solarpark Senftenberg" in Germany	Almanya	78	2011
Lieberose Photovoltaic Park	Almanya	71.8	2009
Rovigo Photovoltaic Power Plant	İtalya	70	2010
Olmedilla Photovoltaic Park	İspanya	60	2008
Strasskirchen Solar Photovoltaic Park	Almanya	54	2009
Puertollano Photovoltaic Park	İspanya	50	2008
Copper Mountain Solar Facility	Amerika	48	2010
Parque Fotovoltaico Puertollano	İspanya	47.6	2008
Cellino San Marco PV power plant	İtalya	40	2007-2008
Gabardan PV power plant	Fransa	36.2	2010
Solarpark Reckahn I,II	Almanya	36	2010
FVE Veprek	Çek Cumhuriyeti	35	2010
Sant' Alberto PV power plant	İtalya	34.63	2010
Planta Solar La Magascona & La Magasquila	İspanya	34.5	2008
Solarpark Ernthof Ost, Ernthof West I-IV	Almanya	34.4	2010
Planta Solar Dulcinea	İspanya	31.8	2009
Cimarron Solar Facility	Amerika	30	2010
Parque Solar "SPEX" Merida/Don Alvaro	İspanya	30	2010
FVE Sevetin	Çek Cumhuriyeti	29.9	2010

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ  
KULLANIM DURUMU

Planta solar Fuente Álamo	İspanya	26	2008
Solarpark Helmeringen	Almanya	25.7	2008-2010
Solarpark Eiche	Almanya	25	2013
DeSoto Next Generation Solar Energy Center	Amerika	25	2009
Solarpark Finow	Almanya	24.5	2010
Rideau Lakes PV power plant	Kanada	24	2010
Parc Solaire Les Mees	Fransa	24	2010
Sinan power plant	Kore	24	2008
Arnprior PV power plant	Kanada	23.4	2009
Planta fotovoltaica de Lucainena de las Torres	İspanya	23.2	2008
Parque Solar Hoya de Los Vincentes, Jumilla	İspanya	23.1	2008
Huerta Solar Almaraz	Almanya	22.068	2008
Solarpark Köthen	Almanya	22	2010-2011
Solarpark Pocking I,II	Almanya	22	2006
Solarpark Mengkofen	Almanya	21.78	2009
Parque Solar Parque solar El Coronil I + II	İspanya	21.47	2008
Solarpark Calavéron	İspanya	21.2	2008
Solar electric power plant, Blythe	Amerika	21	2009
Solarpark Rothenburg	Almanya	20	2009
Geermu PV power plant	Çin	20	2010
Hongsibao PV power plant to be expanded to 50 MW	Çin	20	2010
Sheyang PV power plant	Çin	20	2010
Jiming Hill, Xuzhou City PV power plant	Çin	20	2010
Seoul power plant	Kore	20	2009

**Kaynak:** Tablo <http://www.sunenergysite.eu/en/top50pv.php>, sitesindeki verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur, 2014.

2012 yılında tamamlanan Gujarat Solar Park (Hindistan), Agua Caliente (Amerika), Charanka Solar Park (Çin) dünyadaki en büyük santraller arasında ilk üçte yer almaktadır (Tablo 2). Bu santrallerin birçoğu zirai yapıyla bütünleşmiş bir şekilde kurulmuşlardır. Ayrıca bazı santraller geleneksel yapının dışında daha verimli olabilmeleri için güneş takip sistemlerine sahiptir. Ayrıca bu santrallerin işletilmesi sırasında yakıt maliyetleri yoktur ve PV hücreler güneşten doğrudan gelen enerjiyle fosil yakıt kullanmadan elektrik üretmektedir (Capehart vd., 2008: 507).

#### 4.1 Desertec Projesi

Bilimsel alt yapısı DLR (Alman Havacılık ve Uzay Merkezi) tarafından hazırlanan Desertec, ilk olarak 2003 yılında ortaya çıktı ve 2009 yılında, aralarında Deutsche Bank, Siemens, ABB, RWE, München Re, MAN Solar Millennium, HSN Nordbank gibi finans devlerinin, enerji gruplarının ve mühendislik firmalarının yer aldığı, Avrupa ve Kuzey Afrika'dan 12 büyük şirket, 'EU-MENA Desertec Industry Initiative' adı altında bir girişim grubu oluşturdu (Topçu & Yünsel 2012: 31,32).

DESERTEC isimli bu girişim önümüzdeki 40 yıl boyunca yaklaşık 50 milyar dolar harcayarak Kuzey Afrika ve Orta Doğuda 100 GW enerji üretmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla kurulacak solar panel alanlarının Türkiye'den Suudi Arabistan ve Fas'ı da içine alan bir yay içerisinde yer alması planlanmaktadır. Projenin ilerlemesi için bu yatırımların ve tesislerin gerçekleştirilmesini sağlayacak teknik, ekonomik, sosyal ve politik etkenler değerlendirilme aşamasında bulunmaktadır. Sahra Çölü ve çevresindeki çöl alanlarından elektrik enerjisi üretme fikri yıllardır gündemde konuşulmaktadır (www.limitsiz enerji com, 2014).

Proje kapsamında uzun zamandır ABD ve İspanya'da başarılı bir şekilde uygulanan CPS teknolojileri uygulanacaktır. Böylelikle ileri teknoloji gerektiren PV teknolojisi ile güneş enerjisi üretme yönteminden kaçınılmış olacak; elektrik enerjisi, dev aynalarla ısıtılan sudan sağlanacak buhar ile çalıştırılacak dev türbinlerden sağlanacaktır. Güneş enerjisinden üretilecek olan bu enerji, Dünya nüfusunun önemli bir kısmının yaşadığı Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Avrupa ülkelerine Yüksek Gerilimli Doğru Akım (HVDC) iletim tekniği ile taşınacaktır. DLR tarafından yapılan araştırmalara ve geliştirilen metotlara göre, bu yolla EU-MENA (Avrupa, Ortadoğu, Kuzey Afrika) bölgesinin elektrik ihtiyacının % 50'si karşılanabilecektir (www.limitsiz enerji com, 2014).

Dünyanın bugün kullandığı 18000 TWh/yıl elektrik gücünü karşılayabilmek için dünyadaki çöllerin (90000 km<sup>2</sup>) üç binde birinin bu amaçla kullanılması yeterli olacak. HVDC iletim hatları ile nakledilecek elektrik gücü, her 1000 kilometrede % 3 kayba uğramakta olup, dünyadaki insanların % 90'ının çöllerden en fazla 3000 km. uzaklıkta yaşadığı düşünüldüğünde, kullanılacak iletim teknolojisi ile güç naklinde büyük kayıplar yaşanmayacağı hesaplanmaktadır. Özetle, enerjinin yoğun kullanılacağı Avrupa ülkeleri esas alındığında, toplam uzaklık yaklaşık 3000 km. olacak ve bu mesafeye toplam %9 kayıpla enerji taşınabilecektir. Yatırım planlaması, 2012 yılında Fas'ta 160 MW kapasiteli, 2014 yılında ise Tunus'ta 2 GW kapasiteli santrallerin kurulması ve 2016 yılına kadar İtalya'ya ihracatın başlaması şeklindedir.

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU



**Şekil 6:** DESERTEC Projesi

**Figure 6:** The DESERTEC project

**Kaynak:** [http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/media/pictures/DESERTEC\\_EU-MENA\\_map.jpg](http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/media/pictures/DESERTEC_EU-MENA_map.jpg), 2014.

Şekil 6'da yer alan DESERTEC haritası yatırım öngörülerini göstermektedir. Haritada Türkiye için rüzgâr, hidro, biokütle ve jeotermalin yanı sıra CSP ve PV santralleri ön görülmektedir.

**Tablo 3:** Çeşitli Senaryolara göre Dünya Fotovoltaik Kurulu gücünün Gelecek Kapasite Tahminleri

**Table 3:** The Future of the World Photovoltaic Installed Power According to Various Scenarios Capacity Forecasts

YILLAR	2012 [GW]	2015 [GW]	2020 [GW]	2030 [GW]	2035 [GW]
MEVCUT KURULU GÜÇ	100				
GRENPEACE Referans Senaryo		88	124	234	290
GRENPEACE Evrim Senaryosu		234	674	1.764	2.420
IEA Fotovoltaik Teknoloji Yol Haritası		76	210	872	1.330
IEA Yeni Politikalar Senaryosu 2011		112	184	385	499
IEA Yeni Politikalar Senaryosu 2012		153	266	491	602

**Kaynak:** EC-PVSR 2013, sayfa 48'deki tablo Türkçeye çevrilerek oluşturulmuştur.



Günümüz teknolojik imkânları doğrultusunda kurulan ve gelişimi süreklilik arz eden güneş enerjisi sistemleri, hem mevcut kapasiteleri hem de altyapıları itibariyle ülkeler için önemli bir gelişmişlik göstergesidir. Güneş enerjisi, ısıtmada, soğutmada ve değişik teknolojilerle elektrik enerjisi üretiminde kullanılmakta olup, çeşitli kurumlar tarafından yapılan projeksiyonlarda 2035 yılına kadar dünya fotovoltaik kurulu gücün en düşük 290 GW en yüksek de 1.330 GW' a ulaşacağı tahmin edilmektedir (Tablo 3).

## 5. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

Türkiye'de enerji talebindeki artışı bugüne kadar isabetli olarak öngörülemediği ve üretim planlaması yapılamamıştır. Enerji yatırımlarında yaşanan istikrarsızlık nedeniyle bazı dönemlerde aşırı atıl kapasite bazı dönemlerde ise ciddi enerji açıkları ile karşı karşıya kalınmaktadır. Üretimin talebi karşılamadığı enerji türleri ithalat yoluyla sağlanmaktadır. Dışarıdan ithal edilen kaynaklar içinde en büyük payı petrol ve doğal gaz almaktadır. Türkiye'nin enerji üretiminde dış kaynaklara bağımlılığı, özellikle yüksek fiyatlı doğal gaz alım anlaşmaları ile artmıştır. Sonuç olarak Türkiye, diğer gelişmiş ülkelerden çok daha yüksek fiyatlarda enerji tüketmektedir (Maç, 2006: 4).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yayınlanan Mavi Kitap 2013 Raporu'na göre; ülkemizin taşkömürü rezervi 1.319,4 milyon ton, linyit rezervi 11.752,2 milyon ton, petrol rezervi 44,1 milyon ton, doğal gaz rezervi 6,2 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. 2012 yılı itibarıyla Türkiye'deki elektrik santrallerinin toplam kapasitesi 239.496,8 milyon kWh'dir. Bu kurulu gücünün % 73,0'ını (174.871,7 milyon kWh) termik santraller, % 24,2'sini (174.871,7 milyon kWh) hidroelektrik, % 0,4'ünü (899,3 milyon kWh) jeotermal ve % 2,4'ünü (5.860,8 milyon kWh) rüzgâr enerji santralleri oluşturmuştur. Toplam üretilen enerjinin % 27'si (65.345,9 milyon kWh) yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir (Mavi Kitap 2013: 19).

Ülkemizdeki petrol durumu incelendiğinde; 2012 yılı ham petrol üretiminin 2.3 milyon ton olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık aynı yıl ithal edilen ham petrolün 19.4 milyon ve ithal edilen petrole ödenen tutarın 15.9 milyar doları aştığı görülmektedir. Kaynak ülke olarak bakıldığında İran, Rusya, Suudi Arabistan, Kazakistan ve Irak'ın toplam ithalat içindeki payı % 97'den fazladır (Mavi Kitap, 2013: 60). Bu oranın azaltılması ve farklı kaynaklardan petrol ithalatının yapılması enerji politikalarımız açısından son derece önem arz etmektedir.

Türkiye'de doğal gaz tüketimi 1987 yılından bu yana sürekli artan bir eğilim içindedir. 1987 yılında 500.000 bin m<sup>3</sup> olan doğal gaz tüketimi 2012 yılı sonunda, 87.75 kat artarak 37.411.118 bin m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır. Ülkemizin 2012 yılı doğal gaz üretimi ise 664.353.885 m<sup>3</sup> tür. Aynı yıl içerisinde ithal edilen doğal gaza ödenen toplam tutar 16 milyar doları bulmaktadır. İthal edilen doğal gaz büyük oranda; Rusya (% 57,9), İran (% 18,7), Cezayir (% 9,5) ve Azerbaycan'dan (% 8,7) temin edilmektedir (Mavi Kitap, 2013: 60).

Ülkemizdeki linyitin ve taşkömürünün durumu incelendiğinde; 1974-2012 yılları arasındaki 38 yıllık süreçte linyit üretiminin yıllık 8,4 milyon tondan 72.55 milyon tona çıkarak 8,7 kat arttığı tespit edilmiştir. Türkiye'de 1974 yılında yıllık yaklaşık 5 milyon ton olan taşkömürü üretimi 2012 yılına kadar olan süreçte yaklaşık % 48 oranında düşerek 2,528 milyon ton düzeyine inmiştir (Mavi Kitap, 2013: 10). Ülkemiz taşkömürü açısından yeterli kaynağa sahip olmadığından dışa bağımlı konumdadır ve bu nedenle son yıllarda ülkemizin kömür ithalatı hızla artış göstermiştir. Bu durumu kömürün konut ve sanayi de kullanımının artmasına ve yeni devreye giren ithal kömürlü termik santrallere bağlayabiliriz. Türkiye'de 2010 yılında 173 bin ton kok ve 2,75 milyon ton petrokok ithal edilmiştir. Kömür ithalatının faturası 2010'da 3.225 milyar dolar, 2011'de 4,1 milyar dolar düzeyinde seyretmiş olup, 2012 yılı içinde ise 5 milyar dolara ulaşmıştır (MMO, 2012; Mavi Kitap, 2013).

Nükleer enerji üretiminde kullanılan çekirdek kaynaklar; uranyum ve toryumdur. Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir uranyum rezervi 53.272.000 tondur. Rezerv açısından en zengin ülkeler; Avustralya (1.661.000 ton), Kazakistan (629.000 ton), Rusya (4.872.000 ton) ve Kanada (4.687.000 ton) olup Türkiye'nin uranyum rezervi bu ülkelere kıyasla çok

## ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU

daha düşük seviyededir (9.129 tondur). Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir toryum rezervi 5.385.000 tondur. Toryum rezervi açısından önde gelen ülkeler; Hindistan (846.000 ton), Türkiye (744.000 ton), Brezilya (606.000 ton), Avustralya (521.000 ton) ve ABD (434.000 ton) şeklinde sıralanmaktadır (WNA, 2012).

2013 Kasım ayı verilerine göre ülkemizin elektrik enerjisi üretiminin kaynak türlerine göre dağılımı aşağıda verilmektedir. Genel olarak kaynak türlerindeki değişim benzerlik göstermektedir. Kasım ayı sonu itibariyle elektrik enerjisi üretiminde kaynakların payına bakıldığında doğal gazın % 51 ile en çok paya sahip olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla % 15 ile hidroelektrik (barajlı), % 13 ile ithal kömür takip etmektedir. Ekim ayında % 17'lik paya sahip olan hidroelektrik (barajlı) ve % 4'lük paya sahip olan hidroelektrik (akarsu) oranı Kasım ayında sırasıyla % 2 ve % 1 oranlarında azalmıştır (ETKB 2013: 4).

2020 yılında birincil enerji arzındaki en büyük paya (% 29,8) sahip olacağı hesaplanan petrolün, 2030 ve 2035 yıllarında ilk sıradaki yerini kömüre (sırasıyla % 29,1 ve % 29,3) bırakacağı düşünülmektedir. Doğal gazın ise elektrik üretimindeki payını koruması (yaklaşık % 21,4) beklenmektedir. 2008-2035 döneminde elektrik üretiminde ise kömür ve doğal gazın en önemli kaynaklar olmaya devam edeceği, kömürün payının % 41'den % 42,8'e, doğalgazın payının % 21,3'ten % 21,7'ye yükseleceği; petrolün payının ise % 5,5'den % 1,6'ya, hidroliğin payının % 15,9'dan % 13,3'e, nükleer enerji payının da % 13,5'den % 10,8'e düşeceği öngörülmektedir (AKA-GES: 6).

Türkiye 36° ve 42° kuzey enlemi ve 26° ve 45° doğu boylamları arasındaki güneş bandında yer almaktadır. Yıllık ortalama güneş ısınımı 1303 kWh/m<sup>2</sup> yıl ve toplam yıllık güneşlenme süresi 2623 saat olup, güneş enerjisi ısıtma uygulamaları için gerekli enerjiyi sağlamaya yeterlidir. 9.8 milyon ton eşdeğer petrol (mtep) ısıtma uygulamalara olmak üzere yıllık 36,2 mtep enerji potansiyeli mevcuttur (EÜAŞ-EÜSR, 2011: 12). Yılın on ayı boyunca teknik olarak ve ekonomik olarak toplam ülke yüzölçümünün % 63'ünde ve tüm yıl boyunca da % 17'sinde yararlanılabilir. Bu önemli potansiyele ve uygun şartlara rağmen, toplam enerji üretimi içinde güneş enerjisinin yeri çok düşük seviyededir.

Türkiye, coğrafi konumu ile yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olup, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saate (günlük toplam 7,2 saat); ortalama toplam ışınım şiddeti ise 1.311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>)'a ulaşmaktadır. Türkiye'nin Güneş Enerjisi potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmaktadır (Topçu & Yünsel 2012: 32).

Güneş pillerinin silisyum kristali ve ince film teknolojisiyle üretilmesi ve bunun beraberinde getirdiği yüksek maliyetler, Türkiye'de güneş pili üretimi artışını bu maliyetlerin düşmesine ve verimliliğin artmasına bağlı kılmaktadır. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası ve CSP teknolojisi ile 380 milyar kWh/yıl enerji üretilbileceği hesaplanmaktadır (Topçu & Yünsel 2012: 32).

Aşağıdaki haritada ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli gösterilmektedir. Türkiye'nin en çok ve en az güneşlenme süreleri sırası ile Temmuz ve Aralık aylarıdır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi gelmektedir. Bu bölgeleri İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri takip etmektedir.



**Şekil 7:** Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli

**Map 7:** Solar Energy Potential in Turkey

**Kaynak:** <http://www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=191>, 2014.

Ülkemizde 1960'ların başlarında güneş enerjisi ilk defa alternatif enerji kaynağı olarak anlaşılmış ve bazı yatırımcılar ve üniversitelerde verilen tezler ile bu konuda çalışmalar başlamıştır (Bilgen, 1966). 1970'lerin ortalarında, dünyadaki güneş enerjisi teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, ülkemizde de bilhassa güneş enerjisinin ısı uygulamaları konusu üniversiteler, devlet ve endüstri açısından önem kazanmış ve güneş enerjisi çalışmaları bu tarihten itibaren artan bir hızla gelişmiştir (Selçuk, 1975).

Güneş enerjisi konusundaki ilk ulusal kongre 1975 yılında İzmir'de gerçekleştirilmiştir (Selçuk & Tran, 1976). Yine ilk pasif güneş enerjisi uygulaması Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde 1975 yılında tesis edilmiştir (Eryıldız & Demirbilek, 2000).

Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ağırlıklı olarak ODTU, İTÜ, Yıldız ve Ege Üniversiteleri tarafından yaygın olarak yürütülmekle beraber, Türkiye'deki tek Güneş Enerjisi Enstitüsü Ege Üniversitesi bünyesinde 1978 yılında kurulmuş ve o günden itibaren faaliyet göstermektedir.

1980'lerin sonunda bu konudaki çalışmaları devlet destekli TÜBİTAK bünyesindeki Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (MBEAE) yürütmektedir. MBEAE güneş enerjisi düşük sıcaklık uygulamaları ve Türk endüstrisinin ısı enerji ihtiyacının modellenmesi konusundaki projeleri 1977-1985 yılları arasında ağırlıklı olarak desteklemiştir. Yine TÜBİTAK bünyesinde 1986 yılında kurulan Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü güneş pillerinin tasarımı ve üretimi konusundaki çalışmaları desteklemektedir.

Uluslararası Güneş Enerjisi Derneği Türkiye Şubesi (International Solar Energy Society Turkey Branch UGET-TB) 1992 yılından itibaren Türk devletinin izniyle aktif olarak çalışmalarını sürdürmektedir (Hepbaşlı, 2004). Devlet Meteoroloji Enstitüsü (DME) geçen yüzyılın basından itibaren gittikçe artan sayıdaki istasyonlarda iklimsel verilerin kayıt edilmesi, değerlendirilmesi ve bilginin dağıtılması konusunda aktif olarak çalışmaktadır. Diğer taraftan Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) de güneş enerjisi ile su ısıtma, aktif ve pasif mahal ısıtması, yoğunlaştırıcı toplayıcılar ve güneş pilleri konusundaki çalışmalara imkân sağlamaktadır. Bu kuruluş 1982 yılından itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarının ve özellikle güneş ve rüzgâr enerjisinin geliştirilmesinden sorumludur. Bu kuruluşun geçmişte bu konudaki çalışmaları daha ziyade araştırma ve geliştirme ve projelerin tanıtılması konusunda olmakla beraber son yıllarda kaynakların tespiti ve potansiyel tayini ağırlık kazanmıştır. Makine Kimya Enstitüsü (MKE) kurumu ise düzlemsel ve silindirik parabolik

## ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU

toplayıcıların üretimi, testleri ve pazarlanmasına yönelik çalışmaları kısa sürelerle gerçekleştirmiştir.

Güneş enerjisinden yararlanma olanakları arasında yer alan ve sıcak su elde edilen güneş kolektörleri üretiminde Türkiye, dünya çapında önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Çin ve Almanya'dan sonra 3. sırada yer alan Türkiye'de yıllık güneş kolektörü üretimi 14.519,361m<sup>2</sup>'dir. Bu miktarın önemli bir kısmı yurtdışına ihraç edilmektedir (Mauthner & Weiss 2013: 27).

Güneş enerjili su ısıtıcıları -bazı kaynaklarda evsel güneş enerjili sıcak su sistemleri olarak da geçmektedir. İlk defa 1975 yılında İzmir'de imalatına başlanmıştır ve Türk halkı tarafından da bu teknoloji kabul görmüştür. Bu tarihten itibaren çeşitli şirketler tarafından üretime başlanarak piyasaya verilmiştir. Türkiye'de üretilen güneş enerjili sıcak su ısıtıcılarının çoğu termosifon tip ısıtıcılardır. Bu sistem bir toplayıcı, depolama tankı ve bağlantı elemanlarından meydana gelmektedir. Kullanılan toplayıcılar ise düz toplayıcı, yoğunlaştıran toplayıcı veya vakumlu toplayıcı olabilmektedir. Ancak ülkemizde bu sistemlerde en yaygın kullanılan toplayıcılar genellikle düz toplayıcılardır (Eskin, 2006: 77).

Türkiye'de güneş enerjisi uygulamaları açısından Türk Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilmiş iki standart bulunmaktadır: Güneş Enerjisi Düz Toplayıcıları ve Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri Tesis ve İşletmesi (Eskin, 2006: 78).

Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretilmesi için ileri teknoloji olmaması ve yüksek maliyet nedeniyle bu konuda istenilen düzeyde yatırımlar yapılamamıştır. Büyük üretim kapasitelerinin olduğu Avrupa Birliği'nden yansıyan teknolojik gelişmişlik ve oluşan talebi karşılama amaçlı olarak bazı firmalar, araştırma kuruluşları ve üniversiteler yeni yatırım ve araştırmalar yapmaktadır.

PV sistemlerinin yerli üreten kuruluşlar, laminasyon olarak adlandırılan, güneş pilinin pil (göze) kısmını hazır alarak, alt plaka, cam, çerçeve, yapıştırıcı vs. kısımlarını ve montaj işlemlerini yerli olarak yapmaktadırlar. Türkiye'de, İstanbul, İzmir ve Gaziantep'de, toplam 60 MW civarında üretim kapasitesine sahip üç tesis çalışır durumdadır. Bu tesislerin sayısı yakın bir gelecekte 12-13'e çıkacaktır. Bu tesislerin ürettiği güneş pilleri silikon ve ince film şeklindedir (Altuntop & Erdemir, 2013: 75) .

2005 yılında çıkarılan 5346 Sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" bu noktada yenilenebilir enerji sektörü için önemli bir adım olmuştur. 6094 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapan Kanun 29 Aralık 2010'da kabul edilmiş; Resmi Gazete'nin 8 Ocak 2011 sayısında yayımlanarak, yürürlüğe girmiştir. Bu kanunda geçen düzenlemelerle yenilenebilir enerji kapsamında desteklenecek tutarlar belirlenmiştir. Bu kanuna ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyatlar 31 Aralık 2015'ten önce devreye girmiş olan tesisler için on yıl süre ile uygulanır. Bu tarihten sonra devreye alınacak tesisler için destekleme tutarları 1 Sayılı cetvelde belirlenen tutarları geçmeyecek şekilde Bakanlar Kurulu'nca belirlenecektir. Yine aynı kanunla yapılan yeni düzenlemelerle lisans sahibi tüzel kişilerin bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31.12.2015 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için, I sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle; bu kanuna ekli fiyatlar ilave edilir.

Güneş enerji potansiyeli yüksek olan ülkemizde, 1970'li yılları takiben hem sektörde hem de üniversitelerde araştırma konusu yapılan Güneş Enerji Santrallerinin kurulabilmesi için adımlar atılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki, mevzuatını çağdaş seviyelere uygun hale getiren ve sistemli bir yenilenebilir enerji kaynakları politikası uygulayan ülkeler bu sektörün öncüsü olmuşlardır. İleriki yıllarda ülke gelişmesi ve sanayileşmesine paralel olarak artacak olan talebin güvenilir olarak karşılanması

çerçevesinde, gerek birincil, gerekse ikincil enerji kaynakları üretim ve arzlarında, önemli artışların olması beklenmektedir (Atılğan, 2000: 46).

Bu noktada mevcut mevzuata madde ilaveleri yerine temel bir kaynak olan ve kanuni düzenlemeleri, teşvikleri ve izlenecek yolları gösteren bir yasaya ihtiyaç bulunmaktadır. Bu noktada üniversiteler, piyasa paydaşları, kamu kurumları ve sektörel sivil toplum kuruluşlarının katılımlarıyla yeni bir kanun çıkarılmalıdır.

Yaşanan ekonomik kriz ve bu krizin dünya genelindeki sektörlere olumsuz etkisi olmuştur. Enerji sektörü de bu krizden kısmen de olsa etkilenmiştir. Sektör firmalarının destekleriyle yapılacak yeni kanun, sektörde Türkiye'nin mevcut potansiyelini artırıcı olacak, Türkiye'nin enerjide dış bağımlılığını tamamen olmasa da şimdiki seviyelerden daha aza indirebilecektir. Ayrıca yapılan projeksiyonlardaki tahminler 2040 yılına gelindiğinde toplam enerjinin % 26'sının güneşten sağlanacağı ve sektörün 2 milyon kişiye istihdam sağlayacağı öngörülmektedir.

Türkiye'de 14.519,361 m<sup>2</sup>'lik güneş kolektörü kurulu olup, bu kolektörlerin % 88'i ev tipi %11'i ise sanayi tipi ve turizm amaçlı işletmelerde kullanılan kolektörler oluşturmaktadır. % 1'ini ise diğer güneş enerji sistemleri oluşturmaktadır. Bu kolektörlerin % 98 i Antalya ve civarında yer almaktadır (Mauthner & Weiss 2013: 40,48). Kişi başına 0,15 m<sup>2</sup> güneş kolektörü kullanıldığını ifade eden bu değerler ile Güneş enerjisinden yıllık 420.000 TEP ısı enerjisi üretilmektedir. Büyük bir kısmı kamu kuruluşlarında olmak üzere, araştırma ve küçük güçlerin karşılanması amaçlı kullanılan güneş pili kurulu gücü 1 MW' a ulaşmıştır. Tüm bu değerler Türkiye'nin dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumunda olduğuna işaret etmektedir (ETKB-YEGM, 2014a).

Türkiye'nin Güneş enerjisi ile ilgili hedefi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Belgesi'nde, "Hedef güneş enerjisinin elektrik üretimi için de kullanılması uygulamasının yaygınlaştırmak, ülke potansiyelinin azami ölçüde değerlendirilmesini sağlamaktır. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanılması konusunda teknolojik gelişmeler yakından takip edilecek ve uygulanacaktır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini özendirerek üzere 5346 sayılı Kanunda gerekli değişiklikler yapılacaktır" şeklinde ifade edilmektedir (Topçu & Yünsel 2012: 32).

Şubat 2013'te, Bakanlar Kurulu tarafından TBMM'e sevk edilen ve ilgili komisyondan geçen yeni kanun tasarısıyla lisanssız elektrik enerjisi üretim kapasitesi 0,5 MW'dan 1 MW'a (Bakanlar Kurulu kararıyla 2,5 MW) yükseltilecektir. Yeni kanunun çıkmasıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda, çok büyük artış olması beklenmektedir (Altıntop & Erdemir, 2013: 75).

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi (MAM), İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İnosol Enerji işbirliği ile İkitelli'de kurulan güneş enerjisi santrali, Türkiye'nin ilk güneş enerjisi santrali olup yerli ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşi ekonomiye kazandırması anlamında büyük öneme sahiptir. Tamamı yerli üretimle Türk mühendisler tarafından tasarlanan proje ile Türkiye güneş enerji üreten ülkeler arasında yerini almaktadır. Söz konusu santralin kapasitesi 500 KW/h olmakla birlikte, proje kapsamında 2 MW'lık yeni bir santral kurulması ve projenin havaalanları, büyük alışveriş merkezleri gibi yoğun elektrik tüketimi olan mekânlarda yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Tasarımı 6.830 saatlik mühendislik çalışmasının ürünü olan projenin yaklaşık maliyeti 4 milyon TL'dir. Proje kapsamında, güneş enerjisi, elektrik üretiminin yanı sıra ısıtma-soğutma ve su damıtma amacı ile de kullanılabilir. Proje kapsamında üretilen paneller Türkiye genelinde ihalesi ilan edilen, 600MW'lık güneş enerjisi yatırımına yönelik yaklaşık 2 milyar €'luk yatırım hedeflemesi anlamında önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Yenilenebilir Enerji Kanunu kapsamında güneş enerjisi ile üretilen elektrige KW başına verilen teşvikin 13,3 ABD dolar cent; yerli ekipman kapsamında bu teknolojinin kullanılacağı yatırım için alım garantisinin 18,5 ABD dolar cent olarak belirlenmiş olması yatırımların önünü açmaktadır (Topçu & Yünsel 2012: 32).

İkitelli Santrali, bu büyüklükte bir santralin yerli kaynaklarla yapılabileceğini göstermesi bakımından önemli bir adım olarak görülmektedir. Bunun dışında kurulan grid-connected (şebeke bağlantılı) fotovoltaik sistemler şu şekildedir.

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU

1. İstanbul'da Özyeğin Üniversitesinde Mühendislik Fakülte Binası çatısına kurulan 13kW'lık grid-connetted fotovoltaik sistem.
2. Ankara'daki Halk Enerji Ltd. tarafından kurulan 420 kW'lık grid connctted fotovoltaik sistem.
3. Konya'daki IBC Solar Ltd. tarafından kurulan 200 kW'lık grid-connetted fotovoltaik sistem.
4. Muğla'daki Anel Enerji Ltd. tarafından kurulan 105 kW'lık grid-connetted fotovoltaik sistem
5. Bursa'da Gehrlicher Merk Solar Ltd. tarafından kurulan 96 kW'lık grid-connetted fotovoltaik sistem.
6. Eskişehir'de Halk Enerji Ltd. tarafından kurulan 95 kW'lık grid-connetted fotovoltaik sistem.



**Şekil 8:** İstanbul'da Özyeğin Üniversitesinde Mühendislik Fakülte Binası çatısına kurulan 13 kW'lık grid-connetted fotovoltaik sistem.

**Figure 8:** 13 kW Photovoltaic System Installed grid-connetted Özyeğin University Faculty of Engineering Building Roof in Istanbul

**Kaynak:** IEA – PVPS Annual Report 2012: 92



**Şekil 9:** Ankara'daki Halk Enerji Ltd. tarafından kurulan 420 kW'lık grid conncted fotovoltaik sistem.

**Figure 9:** 420 kW The Grid Connected Photovoltaic System Installed by Public Energy Ltd. in Ankara

**Kaynak:** IEA – PVPS Annual Report 2012: 92.



**Şekil 10:** Konya'daki IBC Solar Ltd. tarafından kurulan 200 kW'lık grig-conncted fotovoltaik sistem.

**Figure 10:** 200 kW grig-conncted.photovoltaic system installed by IBC Solar Ltd. in Konya

**Kaynak:** IEA – PVPS Annual Report 2012: 93.

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU



**Şekil 11:** Muğla'daki Anel Enerji Ltd. tarafından kurulan 105 kW'lık grid-connected fotovoltaik sistem.

**Figure 11:** the 105 kW Grid-Connected Photovoltaic Systems installed by Anel in Muğla Energy Ltd.

**Kaynak:** IEA – PVPS Annual Report 2012: 93.



**Şekil 12:** Bursa'da Gehrlicher Merk Solar Ltd. tarafından kurulan 96 kW'lık grid-connected fotovoltaik sistem.

**Figure 12:** 96 kW grid-connected photovoltaic systems installed by the Gehrlicher Merk Solar Ltd. in Bursa

**Kaynak:** IEA – PVPS Annual Report 2012: 94.





**Şekil 13:** Eskişehir’de Halk Enerji Ltd. tarafından kurulan 95 kW’lık grid-connetted fotovoltaik sistem.

**Figure 13:** 95 kW Grid-Conncted Photovoltaic System Installed by the Public Energy Ltd. in Eskişehir

**Kaynak:** IEA – PVPS Annual Report 2012: 94.

## SONUÇ

Türkiye’nin enerji kaynakları ile artan nüfus ve gelişen sanayinin enerji gereksinimi karşılanamamaktadır. Bu nedenle enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi de göz önüne alınarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı özendirilmeli, özel sektör bu alanda teşvik edilmelidir.

Fosil yakıtlara dayanan enerji üretimi, çevre kirlenmesi, sera etkisi, doğal bitki örtüsü ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile gelecek vaat etmeyen bir yöntemdir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak çevre-dostu olan yenilenebilir enerji kaynak kullanımı, gelecekte düşük maliyetli ve yaygın kullanım bulabilecektir. Özellikle, güneş ve rüzgâr enerjisinin, yerel ve küçük ölçeklerde, şehir ve kırsalda kolay kullanım sağlaması itibarı ile hem yüksek hacimli enerji üretimine hem de bireysel enerji üretimine imkân sağlaması beklenmektedir.

Ülkemiz her ne kadar petrol ve doğalgaz gibi geleneksel enerji kaynakları bakımından zayıf kalsa da yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça şanslı bir coğrafyada yer almaktadır. Nispeten yer altı ve yer üstü kaynaklarımızın kısıtlılığı ve ülkemizin yağış rejimindeki düzensizlikler su kaynaklarımızın elektrik üretiminde çok dikkatli bir şekilde kullanılmasını gerekli kılsa da özellikle güneş ve rüzgâr enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üretimini tüm yurt çapında gerçekleştirmek mümkün olabilecektir. Öte yandan diğer dünya ülkelerine bağımlılıktan kurtulmak ve arz güvenliği sağlamak için elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynakları zenginleştirmekte gerekir.

## ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından iyi durumda olmasına rağmen ne yazık ki bu potansiyeli yeterince etkin ve yaygın kullanamamaktadır. Bunun sebebi olarak kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve şimdiye kadar devletin bu konuda bir teşvik uygulamamış olması gösterilebilir. Ayrıca Devletçe, sadece güneş pillerinin değil diğer güneş enerjisinden faydalanma yöntemlerinin de tanıtılması, teşvik edilmesi ve gerekli kanuni düzenlemelerin yapılması gereklidir.

Türkiye'de güneş enerjisinin kullanımı (sıcak su elde edilmesi dışında) genelde bilinmemekte, tanıtımı yapılmamakta ve devletçe teşvik edilmemektedir. Dolayısıyla, bu konuda hizmet verecek mühendislik, müşavirlik ve mütahitlik firmaları ve ilgili sanayi gelişmemektedir. İlk yatırım giderleri yüksek olan, ancak yakıt masraflarının olmaması nedeniyle işletme masrafları bulunmayan çevre ile uyumlu, güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli uzun vadeli

Alternatif enerji kaynakları, enerji talebindeki hızlı artışın karşılanmasında etkin olarak kullanılmalı ve bu alandaki araştırmalara destek verilmelidir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili teknik ve malzeme eksikliğini gidermeye yönelik olarak, yani yurt dışına bağımlılığı azaltmak için üniversite ve şirket bazında Ar-Ge çalışmaları hızlandırılmalıdır. Bu tip çalışmalarda bulunan kurumlara daha fazla destek sağlanmalıdır.

Enerji üretim yöntemleri kullanılırken çevreyi ve iklimi korumaya özen gösterilmelidir. Unutulmamalıdır ki bu tür yeni enerji kaynakları kullanırken esas amaç doğayı korumak, insanoğlunun yaşadığı ortamı daha iyi bir hale getirmektir.

Türkiye'de, kullanılan güneş kolektörlerinin sayısı 2000 yılındaki ekonomik krizden dolayı, yakıt fiyatlarının artışıyla artan satışlar, döviz ve yakıt fiyatlarının düşmesiyle azalmıştır. 2004 yılından sonra azalan satışlar, 2010 ve 2011 yıllarında tekrar artmaya başlamıştır. Türkiye'de, 2005 yılından itibaren çok kullanılan vakum tüplü güneş enerjisi sistemleri, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında kullanımı hızla yükselmiştir. İlk yıllarda uzak doğudan ithal edilen bu sistemler, Türkiye'de de üretilmektedir.

Ülkemizin sahip olduğu güneş enerji potansiyeli değerlendirerek, bu yönde sarf edilecek bütün çabaların ülke çıkarları için çok değerli katkılar sunacağı göz ardı edilmemelidir. Kendi ulusal kaynaklarını teknolojik olarak daha fazla kullanabilen ülkelerin gelecekte daha etkin konumlarda olacakları bir gerçektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle güneş enerjisinden faydalanma konusu, bu etkin konuma gelmek için gereken parametrelerin başında gelmektedir.

Ülkemizde güneş enerjisi kullanımında kaynak anlamında bir sorun olmamakla beraber elektrik üretiminde uygulanacak yöntem açısından bazı bölgesel farklılıklar bulunmaktadır. Fotovoltaik sistemler ile bulutlu veya açık her türlü hava şartlarında elektrik üretilebilirken, yoğunlaştırıcı sistemlerde (termik ve mekanik dönüşüm) direk ısınım, yani açık hava, gerekli olmaktadır. Bu nedenle, termik ve mekanik dönüşümlü üreteçler için Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin tercih edilmesi gerekirken, fotovoltaik üreteçler için Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki tüm bölgeler uygun olmaktadır.

Şubat 2013'te, Bakanlar Kurulu tarafından TBMM'e sevk edilen ve ilgili komisyondan geçen yeni kanun tasarısıyla lisanssız elektrik enerjisi üretim kapasitesi 0,5 MW'dan 1 MW'a (Bakanlar Kurulu kararıyla 2,5 MW) yükseltilecektir. Yeni kanunun çıkmasıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda, çok büyük artış olması beklenmektedir. Türkiye'nin enerji sektöründe adından söz ettirebilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması için; Yenilenebilir enerjinin AB'de olduğu gibi yaygın bir şekilde kullanımının hedeflenmesi gerekmektedir. Bunu temin için elektrik kuruluşları tarafından üretilen Yeşil Enerji'ye kullanım zorunluluğu getirilmeli ve teşvik edilmelidir. Güneş pili kullanımının yaygınlaşması için yapılacak çalışmalar desteklenmelidir.

**KAYNAKÇA**

AHİLER KALKINMA AJANSI (AKA), “Güneş Enerji Sektörü (GES)”, [http://www.ahika.org.tr/upload/pdf/ihale\\_ilanlari/ihracatrapor/gunes\\_enerji\\_rapor.pdf](http://www.ahika.org.tr/upload/pdf/ihale_ilanlari/ihracatrapor/gunes_enerji_rapor.pdf), (E.T: 16.01.2014).

AKOVA, İ. (2003), “Dünya Enerji Sorunu ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı”, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, Sayı:11, Sayfa: 47-73, İstanbul.

AKOVA, İ. (2008), Yenilenebilir Enerji Kaynakları, (1. Basım), Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Altuntop, N. & Erdemir, D. (2013), “Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler,” Mühendis ve Makine, Cilt 54, Sayı: 639, Sayfa: 69-77.

Atılgan, İbrahim (2000), “Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:15, No:1, Sayfa: 31-47, Ankara.

Bilgen, E. (1966). Güneş Işınlardan Enerji Elde Edilmesi ile bu Enerjinin Soğutmada Kullanılması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Capehart B. & Wayne C. T. & William J. K. (2008), Guide To Energy Management, Sixth Edition, England.

CHADJIVASSILIADIS, J. & HECKENBERG, G. & KLEINKAUF, W. & RAPTIS, F. (1986), “Power Management for the Compound Operation of Diesel Generator Sets with Wind Energy and Photovoltaic Plants”, European Wind Energy Conference (EWEC), 7-9 October 1986.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ (WORLD ENERGY COUNCIL TURKISH NATIONAL COMMITTEE) (DEK-TMK), (Haziran 2009), Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi, Yayın No: 0011/2009, EKC Form Ofset, Ankara.

ELEKTRİK ÜRETİM ANONİM ŞİRKETİ (EÜAŞ), Elektrik Üretim Sektör Raporu (EÜSR) 2011, [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Sektor\\_Raporu\\_EUAS\\_2011.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2011.pdf), (E.T: 20.01.2014).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB),Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), (2014a). [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx), (E.T: 25.01.2014).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB),Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü(YEGM), (2014b). [http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP\\_gun\\_enj\\_sant.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx), (E.T: 25.01.2014).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Mavi Kitap 2013, Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, Ankara. [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Mavi\\_Kitap\\_2013.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Mavi_Kitap_2013.pdf) , (E.T: 02.03.2014).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), (2013), Türkiye Kasım Ayı Enerji İstatistikleri-11, Enerji İstatistikleri Daire Başkanlığı. Ankara. [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Enerji\\_Istatistik\\_Raporu\\_Aylik/2013\\_11\\_Enerji\\_Istatistikleri\\_Raporu.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Enerji_Istatistik_Raporu_Aylik/2013_11_Enerji_Istatistikleri_Raporu.pdf) , (E.T: 19.12.2013).

Eryıldız, D. E. & Demirbilek, F. N. (2000), Anatolia Solar Architecture, Proceedings of the Third National Clean Energy Symposium, 15-17 Kasım 2000, pp: 245-254, İstanbul.

ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ  
KULLANIM DURUMU

ESKİN, N. (2006), "Türkiye'de Güneş Enerjisi Araştırma ve Geliştirme", TMMOB makine Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı:91, Sayfa: 74-82, İstanbul.

EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA), GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAIC (GMOP) 2013-2017, [http://www.epia.org/fileadmin/user\\_upload/Publications/GMO\\_2013\\_-\\_Final\\_PDF.pdf](http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/GMO_2013_-_Final_PDF.pdf) ,(E.T: 29.01.2014).

EUROPEAN COMMISSION JRC SCIENTIFIC AND POLICY REPORT, PHOTOVOLTAIC STATUS REPORT (EC-PVSR) 2013, [http://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/sites/remea/files/pv\\_status\\_report\\_2013.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/sites/remea/files/pv_status_report_2013.pdf) ,(E.T: 29.01.2014).

Hepbaşlı, A. (2004), "Oil Shale as an Alternative Energy Source in Turkey", Energy Sources 26, pp: 107-118.

KARAKOÇ, H. & KARAKOÇ, N. & ERBAY, B. & ARAS, H. (2012), Enerji Analizi, Baskı: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri, 1. Basım, Eskişehir.

MAÇ, N. (2006), Türkiye'de Enerji Sektörü, Konya Ticaret Odası Etüt-Araştırma Servisi Araştırma Raporu, Sayı: 42/39, Konya.

Makina Mühendisleri Odası (MMO), (2012), Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No: MMO/588, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara.

MAUTHNER, F. & WEISS, W. (2013), Solar Heat Worldwide (Markets and Contribution to the Energy Supply 2011), International Energy Agency Solar Heating & Cooling Programme, 2013 Edition, AEE – Institute for Sustainable Technologies.

International Energy Agency (IEA), PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME, Annual Report 2012, [http://www.iea-pvps.org/index.php?id=1&eID=dam\\_frontend\\_push&docID=1535](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=1&eID=dam_frontend_push&docID=1535), (E.T:28.01.2014) .

Ralph, E. L. & Linder, E.B. (1996), "Advanced Solar Panel Designs", Photovoltaic Specialist Conference 1996, Conference Record of the Twenty Fifth IEEE, 13-17 May 1996, pp: 297-300.

RENEWABLE ENERGY Policy Network For The 21st. Century (REN21), (2013), Renewables 2013 Global Status Report (RGSR), Paris, France. <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx> ,(E.T. 17.12.2013).

Selçuk, M.K. (1975), "Solar Stills For Agricultural Purposes", Solar Energy, V: 17,2, pp.103-109.

Selçuk, M. K. & Tran, V.V.(1976), "Overview Of Solar Still Greenhouse Performance And Optimal Design Studies", Giessereitechnik, V: 2, pp: 349-373.

Şen, Z. (Ekim 1996), Türkiye' de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, İlim ve Sanat, No:42, s.32.

TOPÇU, C. & YÜNSEL, D. T. (2012), Çukurova Kalkınma Ajansı, Yenilenebilir Enerji Araştırma Raporu, <http://www.cka.org.tr/dosyalar/enerji.pdf> , (E.T: 23.01.2014).

Ültanır, M.Ö.(Mart 1996), "21. Yüzyılın Eşiğinde Güneş Enerjisi", Bilim ve Teknik, Sayı: 340, Sayfa: 50-55.

Varınca, K. B. & Varank, G.(2005), “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 24–25 Haziran 2005, İçel.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION (WNA), (2012). “World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements,” <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>, (E.T: 19.12.2013).

WORLD ENERGY COUNCIL WORLD ENERGY RESOURCES (WEC, WER) (2013): 2013Survey Summary,

[http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/WEC\\_Resources\\_summary.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/WEC_Resources_summary.pdf) , (E.T: 20.01.2014).

<http://www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=191>, 2014. (E.T: 07.01.2014)

[http://www.limitsiz\\_enerji\\_com](http://www.limitsiz_enerji_com), (E.T: 16.01.2014)

<http://www.renewableenergyst.org/solar.htm>, (E.T: 18.01.2014).

[http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/media/pictures/DESERTEC\\_EU-MENA\\_map.jpg](http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/media/pictures/DESERTEC_EU-MENA_map.jpg), (E.T:20. 01. 2014)

<http://www.sunenergysite.eu/en/top50pv.php>, (E.T: 29. 01. 2014)

[http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP\\_gun\\_enj\\_sant.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx)