

Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Güneşten atmosfere gelen toplam ışınımın (radyasyonun) yoğunluğu metre kare başına 1360 W kadardır. Atmosferdeki gazlar, bulutlar, aerosollar, toz ve benzeri parçacıklar toplam ışınımı

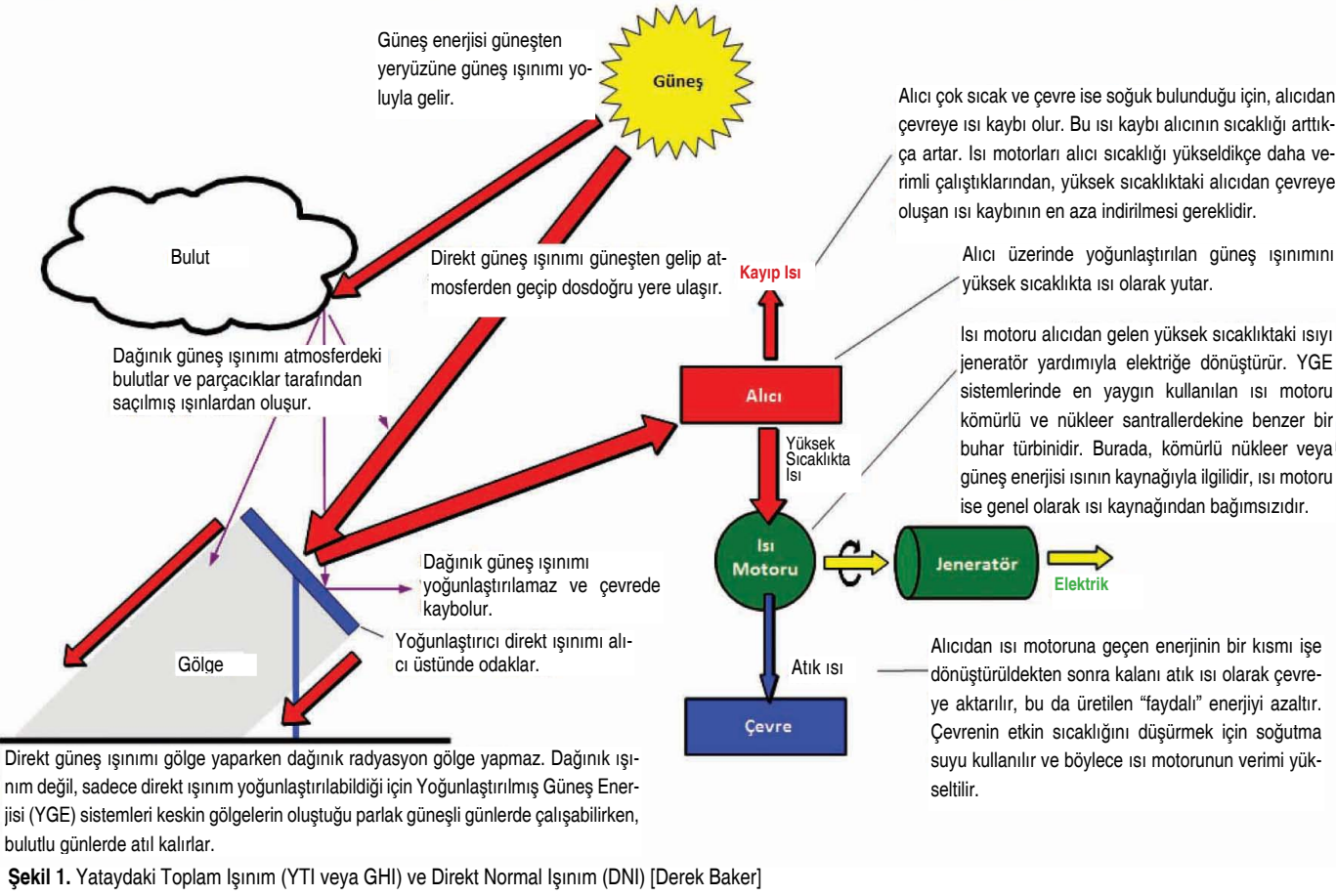
süzer veya dağıtırlar ve bunun en fazla 1000-1100 W/m² kadarı yere ulaşır. Yataydaki toplam ışınım (YTI veya GHI) direkt, dağınık ve yerden yansımış güneş ışınımının toplamıdır; fakat genel olarak yerden yansıyan ışınım direkt ve dağınık ışınım yanında ihmal edilebilir.

Haydar Livatyalı¹, Taner Yıldırım²

cek kadar azdır. Direkt normal ışınım (DNI) doğrudan güneşten gelip birim alana dik olarak düşen ışın demetlerinin toplamıdır. Tipik olarak bulutsuz berrak bir havada düz yüzeyin güneşe gölge oluşmayacak biçimde tam dik tutulmasıyla elde edilebilir. Bu değer

Bütün yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri, güneş enerjisinden elektrik üretmek için üç ana bileşene ihtiyaç duyarlar:

1) Yoğunlaştırıcı, 2) Alıcı ve 3) Isı motoru. Her bir bileşenin tasarımı modelden modele çok değişse de temel amaç ve işlev değişmez.

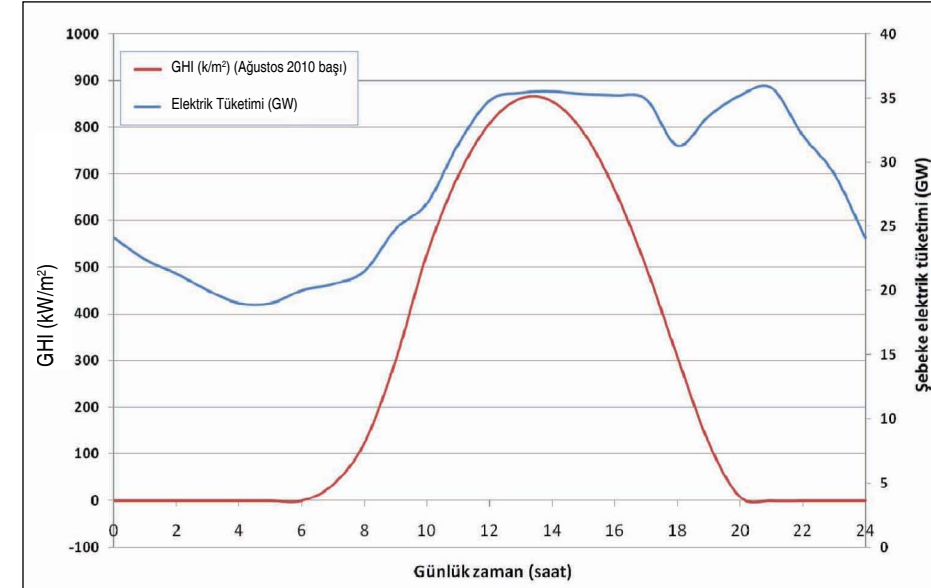


Şekil 1. Yataydaki Toplam Işınım (YTI veya GHI) ve Direkt Normal Işınım (DNI) [Derek Baker]

¹ TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü, Gebze/Kocaeli - haydar.livatyali@tubitak.gov.tr

² Fizik Yüksek Mühendisi - taner.yildirim@tubitak.gov.tr

* 7-8 Ekim 2011 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Mersin'de düzenlenen 5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu'nda sunulan bildiri, yazarlarınca güncellenerek ve genişletilerek bu yazı hazırlanmıştır.



Şekil 2. Güneşli Bir Yaz Günündeki Toplam Yataydaki Güneş Işınımı ile Şebeke Elektrik Tüketiminin Karşılaştırması

özellikle yoğunlaştırma esaslı sistemler için kritik öneme sahiptir. Sürekli açık hava ve bol DNI orta rakımlı yarı-kurak ve kurak platolarda rastlanacak bir durumdur. Genel olarak, açık berrak havada anlık YTI 1000-1100 W/m² iken, DNI 900-1000 W/m² (yaklaşık %5-10 aşağı) olarak gerçekleşmektedir.

Yere düşen güneş radyasyonu, dünya üstünde bulunulan yere, mevsimlere ve gün içindeki saate göre değişkenlik gösterir. Uzun yaz günlerinde güneş yere göre daha dik iken, kısa kış günlerinde daha yatık konumdadır. Berrak gökyüzü altında yere çok şiddetli ışınım düşebilirken, yoğun bulutlu günlerde özellikle DNI sıfıra yakındır. Bu durumda güneş enerjisinden her zaman aynı miktarda elektrik elde etmek mümkün değildir. Işınımın en güçlü olduğu 11-15 saatleri arasında elektrik en çok üretilir. Işınımın en güçlü olduğu 11-15 saatleri arasında elektrik en çok üretilir. Işınımın en güçlü olduğu 11-15 saatleri arasında elektrik en çok üretilir.

Şöyle ki, ev ve iş yerlerindeki üretim tesis ve makinelerinin, klima cihazlarının, cihaz ve bilgisayarların, elektrığe

ihtiyaç duyduğu gündüz saatlerinde güneş enerjisi mevcuttur; ancak çalışanların evlerine dönüp ev klimalarını, diğer elektrikli aletleri ve aydınlatma armatürlerini kullandıkları ikindi ve akşam saatlerinde ise ya azdır veya hiç yoktur (Şekil 2).

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (YGE) güneşten yüksek hacimde ve günlük olarak en uzun süre elektrik üretmenin bugüne kadar bulunmuş tek yoludur [1,2]. Dünya ölçeğinde YGE santrallerinin toplam kapasitesi 2011'de ABD ve İspanya'da hizmete alınanlarla birlikte 2500 MW'ı geçmiştir. İspanya'da 2014 sonunda hâlen işletmedeki 39, inşaatı devam eden 13, plan-tasarım aşamasında sekiz santral ile toplam 2,5 GWe güçte 60 tesis olacaktır. Mevcut YGE santralleri 1.781 MWe kapasite ile şebekenin %4'ü seviyesini yakalamış olup, yılda 4.670 GW-saat elektrik üretmekte ve bu sayede atmosfere tahminen yılda 3 Milyon ton karbon salınımı önlenmektedir. Bu santrallerin yarısı ısı depolamalı olup elektrik üretimini güneş battıktan sonra ortalama sekiz saate kadar sürdürebilmektedirler. Dünya geneline bakıldığında,

İspanya'nın yanında ABD, Almanya, Avustralya, B. Arap Emirlikleri, Ceza-yir, Çin, Fas, Fransa, G. Afrika, Hindistan, İsrail, İtalya, Meksika, Mısır, Şili ve Tayland'da toplam 62 YGE santrali çalışır durumda hizmet vermekte iken 22 yeni santralin inşaatı, 16'sının proje çalışmalarını sürmektedir.

Gelişim hızı PV santrallerin son 10 yılda gösterdiği yayılma hızına kıyasla yavaş, ama 2007 sonrasında kurulan "yeni nesil" santrallerin hemen tamamı beklenenden çok daha başarılı olarak çalışmaktadır. Örneğin, Nisan 2011'de Sevilla-İspanya'da faaliyete geçen Torresol-Gemasolar Güneş kulesi santrali tuz banyosunda ısı depolama ile tarihi bir rekor kırarak Temmuz ayının son haftasında şebekeye 24 saat elektrik besleyebilmiştir. Yeni yatırımlar ABD'de İspanya'ya kıyasla daha yavaş ilerlemektedir, ancak planları ilan edilen tesisler tamamlandığında her biri 250'şer MW kapasiteli çok sayıda santral kurulmuş olacaktır. Her durumda, fotovoltaik güneş santralleri yanında sayı ve kapasiteye düşük oranda kalacak YGE teknolojisi "şebeke dostu" yapıları ile "vazgeçilemez" niteliktedir [3].

2. YGE TEKNOLOJİSİ

YGE teknolojisiyle, PV sistemlerde olduğu gibi küçük hacimde elektrik üretimi mümkün olsa da ekonomik anlamda avantajlı değil. Avrupa'da ekonomik büyüklük 50 MW olarak belirlenmiştir. YGE teknolojisinin fotovoltaik sistemlere kıyasla çok önemli iki avantajı var: Yakıtlı sistemlerle melezleme (hibridleme, kombine etme) ve ısı depolama. Hibridleme santralden elektrik üretimini 330 gün 24 saat mertebesine çıkararak sürekliliği sağlıyor. Isı depolamalı sistemler ise ergimiş tuz depolarında gündüz saklanan ısıyı besleyerek güneşli saatlerin bitiminden sonra 5-7 saat daha (Gemasolar santralinde ilave 15 saat, yaz aylarında günde ortalama 20 saat) elektrik üretiliyor ve akşam saatlerinin yükselen tüketimine de cevap verebiliyorlar.

Parabolik oluk yoğunlaştırıcı sistemler, en yaygın kullanılan ve teknik olarak yeterliliği kanıtlanmış olanlardır (Şekil 3a). Bir parabolik oluk kolektör ışın demetlerini odak eksenine üstünde konumlandırılmış alıcı borusu üzerinde yoğunlaştıran doğrusal parabolik bir aynadan oluşur. Alıcı parabolik aynanın orta kısmının biraz üstüne yerleştirilmiş içinde çalışma sıvısı bulunan bir borudur. Genellikle kuzey-güney ekseninde yerleştirilmiş ayna; gündüz saatlerinde güneşi doğudan batıya doğru (tek eksende) izleyerek ışınımı, alıcı üstünde eksen boyunca odaklar ve boru içinden akmakta olan çalışma sıvısını (sentetik yağ veya ergimiş tuz) 150–370°C sıcaklığa ısıtır ve ısınmış çalışma sıvısı güç üretimdeki ısı kaynağı durumuna gelir.

Bir sonraki aşamada çalışma sıvısı üzerindeki ısı çevrim suyuna aktarılır ve elde edilen su buharı buhar türbinini döndürür. Parabolik oluk kolektörler güneş tarlası üzerinde paralel ve seri bağlı sıralar halinde yerleştirilir ve böylece geniş bir alan üzerine düşen güneş enerjisi, güç merkezinde toplanarak elektriğe dönüştürülür. ABD Kaliforniya'daki SEGS ve Nevada'daki Nevada Solar One santralleri yanında; İspanya'daki çok sayıda ticari santral bu teknolojiyle kurulmuşlardır [1,2]. Mevcut teknolojiler arasında en olgunu ve yılların işletme tecrübesiyle ticari olarak kredilendirilebilir (bankable) olanı parabolik oluk sistemidir.

Fresnel aynalı yoğunlaştırıcılar yan yana çok sayıda dar ve düz aynaların direkt ışınımı ayrı bantlar halinde orta

üst kısımdaki alıcı boru üstünde doğrudan odaklamasıyla çalışırlar (Şekil 3b). Parabolik oluk kolektörlere kıyasla daha ekonomik imal edilebilen bu sistemde güneş ışınımını daha geniş bir alandan toplamak ve çalışma sıvısı kullanmadan suyu doğrudan ısıtmak mümkündür; ancak toplam sistem verimi daha düşüktür ve ticari olarak parabolik oluk kolektörler kadar yaygınlaşmamıştır [2].

Parabolik çanak sistemde ise büyük konkav bir aynanın odağındaki alıcı üstünde toplanan ısı hemen arkasındaki Stirling (gaz) motoru tarafından mekanik enerjiye ve dolayısıyla elektriğe dönüştürülür (Şekil 3c). Güneşi iki eksende takip eden parabolik çanak sistemlerde odaklanma oranı yüksektir ve alıcı sıcaklığı 250–700°C mertebesine çıkar. Çevrim akışkanı olarak helyum

gibi hafif gazların tercih edildiği kompakt Stirling ısı motorları ile bu sistemlerin çalışma verimi YGE sistemleri arasında en yüksek konumdadır. Su gerektirmeyen bu sistemler tek tek veya çok sayıda bir arada kullanım kolaylığı sağlarlar, ancak kurulum maliyetleri yüksektir [2].

Güneş kulesi denilen bu sistemler, güneşi iki eksende izleyen ve ışınımı yüksek bir kule üzerine yerleştirilmiş alıcı üzerine yansıtan çok sayıda aynadan (heliostat) oluşurlar (Şekil 3d). Alıcı içinden geçen ergimiş tuz, sıcak gaz veya su gibi bir çalışma sıvısı alıcı içinde 500–1000°C sıcaklığa ulaşır ve ısıyı kulenin hemen dibindeki güç merkezine taşır ve enerji dönüşümü buhar veya gaz türbini tarafından sağlanır. Yüksek maliyet nedeniyle ticari uygulama olarak parabolik oluk sistemlere kıyasla henüz yaygınlık kazanamamış bu sistemlerde, hem verim daha yüksektir hem de güneşin zayıfladığı veya olmadığı saatlerde elektrik üretimini sağlamak üzere enerji (ısı) depolama daha kolaydır. ABD ve İspanya'da şebeke ölçeğinde pilot tesislerde uzun ömürlü alıcı ve düşük maliyetli ayna geliştirme çalışmaları sürmektedir [2].

3. TÜRKİYE'DEKİ ARAŞTIRMALAR

Türkiye'nin güneş potansiyeli Enerji Bakanlığına bağlı Elektrik İşleri Etüt İdaresinin 2007 yılında yaptırdığı GEPA başlıklı haritalarda ortaya konuldu [4]. Bu haritalar, iller bazında yıllık güneşlenme dağılımı ve süreleri konusunda fikir vermekle beraber çözünürlük yönünden yeterli değiller. Bundan dolayı belirli bir konumda güneş santrali yatırımı yapmak isteyenlerin, bir süre yerinde ölçüm yaptırması ve yerin güneş potansiyelini net olarak tespit etmesi gerekiyor.

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi araştırmalarında lider ülkeler arasında Almanya, İspanya, ABD, İtalya, Fransa, İsviçre, İsrail ve Avustralya vardır. Bu ülkelerde üniversite ve araştırma ens-

titüleri yanında sektörde faaliyet gösteren çok sayıda firma da mevcuttur. Meksika, Hindistan, Tayland, Güney Afrika, Y. Zelanda vb. diğer pek çok ülkede de irili ufaklı araştırma grupları deneysel tesislerde çalışıyorlar. Bu alanda yolun başında sayılabilecek Türkiye'de iki araştırma projesi dikkati çekmektedir:

Orta Doğu Teknik Üniversitesi araştırmacıları Türk-Alman ortaklığı Solitem Firmasıyla ortaklaşa ODTÜ Kıbrıs yerleşkesi içine 120 kWt gücünde bir pilot elektrik, ısıtma ve soğutma tesisi 2010 yılında kurdular. Parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı bu sistem, 216 m² gibi göreceli olarak küçük bir alanda güneş ışınımını toplayıp 12 kW elektrik üretecek biçimde tasarlandı. Küçük boyutları sayesinde ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyaçlarının bir arada bulunduğu bina çatılarında kurulumu çok elverişlidir.

Hitit Solar Firması doğrudan buhar üretimi esaslı parabolik oluk bir sistem geliştirdi ve Zorlu Enerji Firması için 500 kWt gücünde buhar üreten bir pilot tesisi 2009 yazında Denizli Kızıldağ'da kurdu. Sabit alıcı içinde doğrudan buhar üretimi yapılan bu sistemin yoğunlaştırıcı aynalardan, vakum tüplü alıcılara kadar tamamı özgün tasarım unsurları taşıyor. 6'şar metre açıklıklı 48'er metrelik seri bağlı dört kolektörden oluşan pilot tesis istendiğinde jeotermal tesisiyle kombine edilecek biçimde tasarlandı. Bu sistemin daha gelişmiş 1.000 kWt versiyonu ise gösterim amacıyla ABD Colorado'daki SolarTAC daimi sergi sahasında kurulmuş ve testleri sürmektedir.

Greenway Solar Firması ise güneş kulesi sistemi tasarımına yönelmiş ve Mersin Toroslar beldesinde kurduğu ilk pilot tesiste geliştirdiği heliostat sistemiyle geçici bir alıcı yüzey üstünde yoğunlaştırmayı başarmıştır. Yerli imkânlarla geliştirilen heliostat aynalar, iki eksende elektrik tahrikli olup kablo-suz ağı sistemi aracılığıyla otomatik

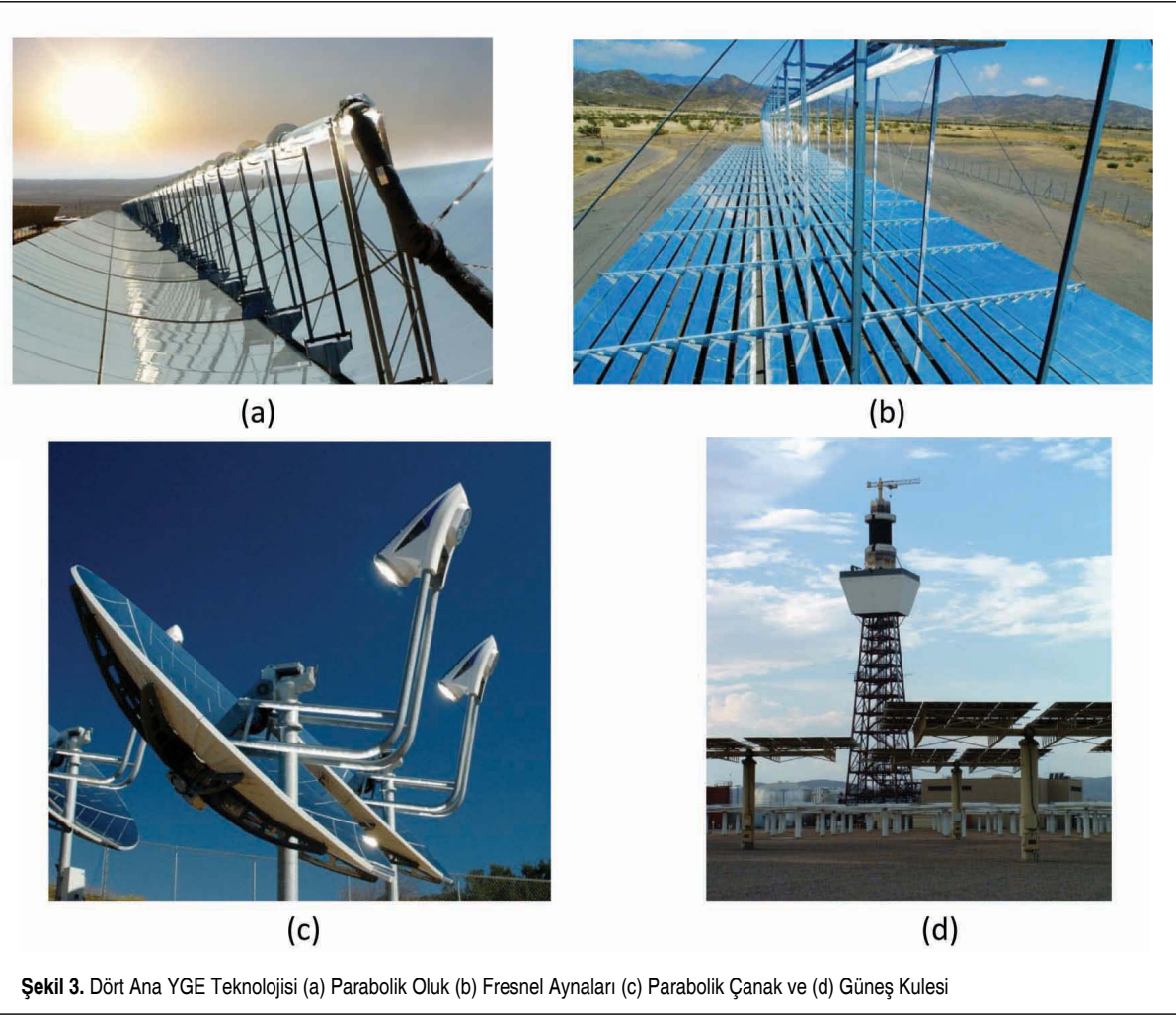
kontrol edilmektedir. Firmanın hedefi kule entegrasyonu tamamlanmış 5 MW gücündeki ilk demo tesisi aynı yerde devreye almaktır.

2010 sonunda 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun güneş enerjisini de kapsayacak biçimde güncellenmesi ve izleyen aylarda gerekli yönetmeliklerin ve genelgelerin yayınlanması üzerine yatırımcıların da ilgisi belirginleşmeye başladı. İlan edilen ilk heyecan verici proje MetCap Enerji Yatırım, General Electric ve E-Solar firmalarının Karaman'da kurmayı tasarladıkları toplam 530 MW gücündeki güneş, rüzgâr ve doğalgaz kombine santraldir [5]. 2015'te hizmete alınması planlanan bu tesisin kapasitesinin 50 MW'lık bölümünün güneş kulesi sisteminden oluşacağı belirtilmiştir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden ısı, buhar veya soğuk elde etmek amacıyla AR-GE çalışmaları yürüten diğer yerli firmalar arasında Solitem, INOSOL-İş Enerji ve Ata Solar da anılabilir.

4. ÖZET VE SONUÇLAR

Mevcut YGE sistemlerinin yaygınlaşmasında en büyük engel sistem maliyetinin yüksekliği. Çalışma sıvısı olarak en yaygın tercih edilen sentetik ısıtıcı yağlar, 390 °C üstünde sıcaklıkta süratle bozunduğu için kullanılmıyor.

YGE'nin kalbi durumundaki ısı motoru ise çalışma sıcaklığı yükseldikçe daha verimli oluyor. Gerek sistemi basitleştirmek ve ucuzlatmak, gerekse çalışma sıcaklığını yükseltmek verimi arttırmak için önerilen çözümlerden biri, alıcı borular içinde doğrudan buhar üretimidir. Bu durumda çalışma sıvısı ile su arasında ısı geçişini sağlayan bir kazana gerek kalmıyor, çevrim suyu alıcı boruları içinde istenen sıcaklık ve basınca çıkarılmak durumundadır. Sentetik yağların çalışma sıcaklık ve basıncı 350 °C ve 30 bar iken, doğrudan buhar üretimi ile 550 °C ve 110 bar değerlerine çıkı-



Şekil 3. Dört Ana YGE Teknolojisi (a) Parabolik Oluk (b) Fresnel Aynaları (c) Parabolik Çanak ve (d) Güneş Kulesi

lacaktır. Bunu sağlamak için sistemin tümü yanında kolektör, alıcı ve kontrol sistemi gibi bileşenlerin de tasarımı değişmektedir.

2010 sonu itibarıyla YGE santral kurulum maliyeti 2,50-4,00 €/W iken, sistemin yakıtı olan güneş bedavadır. Kömürlü ve nükleer santrallere kıyasla çok düşük işletme gideriyle çalışan santrallerin elektrik üretim maliyeti ise 0,15-0,23 €/kW-saat aralığındadır. Bu şartlarda kömür, doğal gaz ve nükleer gibi geleneksel ve hidrolik, rüzgâr, jeotermal ve hatta fotovoltaik güneş gibi

yenilenebilir enerji türlerinden daha pahalıdır. Sürmekte olan araştırmalar sonucunda 2015-2020 döneminde birim maliyetlerin mevcut düzeyin yarısına inebileceği düşünülmektedir. Böylece yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri yurdumuzun güneşli günleri bol orta ve güney bölgelerinde çok cazip bir seçenek olacaktır.

KAYNAKÇA

1. **Fernandez Garcia, A., Zarza, E., Valenzuela, L., Perez, M.** 2010. Parabolic-Trough Solar Collector-

sandtheir Applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 1695–1721

2. **Zarza, E.** 2010. The Technologies for Concentrating Solar Radiation: Current State-of-the-Art and Potential for Improvement, June, TUBITAK MAM Energy Inst. Gebze Kocaeli Turkey.
3. <http://www.protermosolar.com>
4. GEPA, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, <http://www.eie.gov.tr/>
5. http://www.esolar.com/news/press/2011_06_07

ISI YALITIMI ZİRVESİNE KATILDIK

Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER) tarafından düzenlenen ve Makina Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanı Ali Ekber Çakar'ın konuşmacı olarak katıldığı "Isı Yalıtımı Zirvesi" 27 Eylül 2012 tarihinde Cevahir Kongre Merkezi'nde gerçekleştirildi.



Makina Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanı Ali Ekber Çakar, etkinlik kapsamında gerçekleştirilen "Enerji Verimliliği için Isı Yalıtım ve Enerji Kimlik Belgesinin Yaygınlaştırılması" paneline konuşmacı olarak katıldı.

Oda Yönetim Kurulu Başkanı Ali Ekber Çakarın yaptığı sunuma www.mmo.org.tr adresinde bulunan ilgili haberdan erişilebilir.