



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ

TÜBA-GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ RAPORU

Ankara - 2018

Editör: Prof. Dr. İbrahim DİNÇER



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ

TÜBA-GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ RAPORU

TÜBA-ENERJİ ÇALIŞMA GRUBU

Prof. Dr. İbrahim DİNÇER (Yürütücü)

Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA

Prof. Dr. Erol ARCAKLIOĞLU

Prof. Dr. Yıldız BAYAZITOĞLU

Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI

Prof. Dr. Sadık KAKAÇ

Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ

Prof. Dr. Adnan MİDİLLİ

Prof. Dr. Ali SARI

Prof. Dr. Niyazi Serdar SARIÇİFTÇİ

Prof. Dr. Bahri ŞAHİN

Prof. Dr. Raşit TURAN

Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No: 26
ISBN: 978-9944-252-90-4

Editör: Prof. Dr. İbrahim DİNÇER

Baskı: Ses Reklam Matbaacılık, ANKARA
Şubat 2018, 3000 Adet

İÇİNDEKİLER

SUNUŞ · Prof. Dr. Ahmet Cevat ACAR / <i>TÜBA Başkanı</i>	4
ÖNSÖZ · Prof. Dr. İbrahim DİNÇER / <i>TÜBA-Enerji Çalışma Grubu Yürütücüsü</i>	5
TEŞEKKÜR	7
ÖZET	13
1. GİRİŞ	15
2. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	16
3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	17
4. TÜRKİYE’NİN 2023 YILI YENİLENEBİLİR ENERJİ HEDEFLERİ	19
5. GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIM EĞİLİMLERİ	20
6. DÜNYA’DA ve TÜRKİYE’DE FOTOVOLTAİK SEKTÖRÜNÜN DURUMU ve EĞİLİMLER	22
7. MİLGES PROJESİ ve SONUÇLARI	30
8. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİSİ ÇALIŞTAYI ve PANELİ	31
9. SONUÇLAR	36
10. KAYNAKLAR	38
11. ÇALIŞTAY ve PANEL PROGRAMI	39



Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA); önemli, öncelikli ve güncel konulara dair bilim temelli incelemeler ve danışmanlık yapma görevi ve toplumda bilimsel yaklaşım ve düşüncenin yayılmasını sağlamak amacı çerçevesinde; bilimsel toplantılar, kongre, sempozyum, konferans ve çalıştaylar ile yayınlar gerçekleştirmektedir.

Ülkemizde petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanılabilir rezervlerinin yetersiz olması, çevresel ve sosyal kısıtlar nedeniyle, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Bu kaynaklardan biri de güneş enerjisidir. Fosil yakıt kaynaklarından ziyade, güneş enerjisi ülkemizin her noktasında kolayca bulunabilen, işletme maliyeti olmayan ve karbondioksit emisyonu en az olan sürdürülebilir kaynaklardan biridir. Günümüzde güneş enerjisi, ülkemizde, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrik üretimi gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu kaynak, yenilenebilir enerji kaynakları arasında oldukça önemli bir yere sahip olup elektrik üretimindeki payı gün geçtikçe artmakta ve bu alanda yapılan çalışmalar da giderek önem kazanmaktadır. Bu sebeple, kısa, orta ve uzun vadeli sürdürülebilir güneş enerjisi stratejileri ve politikalarının geliştirilmesi

ve uygulamaya konulması, Türkiye'miz için de önemli bir gündem maddesidir.

Enerji konularında faaliyetler göstermek üzere kurulan TÜBA Enerji Çalışma Grubu tarafından kamu, üniversite ve sanayi kesiminden paydaşların katılımıyla 7 Temmuz 2017 tarihinde Ankara'da ODTÜ'de "TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştayı ve Paneli" düzenlenmiş ve etkinlikte ele alınan konuları içeren bu rapor hazırlanmıştır.

Çalıştay ve panelin gerçekleştirilmesi ile Raporun hazırlanması ve yayımında emeği geçen Enerji Çalışma Grubu Yürütücüsü Prof. Dr. İbrahim Dinçer ve çalışma grubu üyelerine, raporun hazırlanmasına katkı sunan bilim insanlarımıza, çalıştay ve panele ev sahipliği yapan ODTÜ'ne, Akademi üyelerimize, ilgili kurum, kuruluş yönetici ve uzmanlarına, katılımcılara ve emeği geçen tüm paydaşlarımıza teşekkürlerimi, en iyi dileklerimi ve saygılarımı sunuyorum, raporun ilgili karar alıcı ve uygulayıcılar için yararlı olmasını diliyorum.

Prof. Dr. Ahmet Cevat Acar
TÜBA Başkanı



Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) bünyesinde oluşturulan “Enerji Çalışma Grubu” tarafından düzenlenen, çeşitli kamu kurum ve kuruluşları, sanayi ve sivil toplum örgütlerinden 212 kişinin katıldığı “TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Çalıştay Paneli”, 7 Temmuz 2017 tarihinde, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Kültür ve Kongre Merkezi’nde gerçekleştirilmiştir. Açılış konuşmaları bölümünde, TÜBA Başkanı Prof. Dr. Ahmet Cevat Acar, TÜBA-Enerji Çalışma Grubu Yürütücüsü Prof. Dr. İbrahim Dinçer ve ODTÜ Rektör Yard. Prof. Dr. Mehmet T. Zeyrek önemli mesajlar vermişlerdir. TÜBA’nın bilim temelli “rehberlik” ve “danışmanlık” görevi kapsamında gerçekleştirilen etkinliğin amacı; güneş enerjisi teknolojileri konusunda paydaşları bir araya getirerek bilgi paylaşım platformu oluşturmak, öncelikli teknolojilerin, yeniliklerin, kaynakların, mevzuatın sorunlarını ve problemlerini tartışmak, güneş enerjisine ilişkin durum tespiti yapmak, öneri ve çözümleri ortaya koymaktır.

Etkinlik kapsamında, iki oturum ve iki panel yapılmıştır. Oturumlarda, 9 konuşmacı ve panellerde ise, 10 panelist görüş ve önerilerini dile getirmişlerdir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Eski Bakanı Dr. Hilmi Güler’in “Türkiye’nin Enerji Politikaları” konusunda bilgi ve

birikimlerini paylaştığı birinci oturumda, ülkemizde güneş enerjisi konusunda yapılan çalışmalar, yatırımlar, Ar-Ge perspektifleriyle ülkemizde fotovoltaik (FV) sanayisinin gelişimi ve sorunları ele alınmıştır. İkinci oturum ise, FV projeleri ve kritik teknolojiler üzerine olmuştur. Panellerde ise sırasıyla, “Güneş Enerjisi, Türkiye’nin Politikaları ve Stratejisi” (Ek’te bazı panelistlerin raporladıkları görüşler sunulmuştur.) ve “Çatı Uygulamaları, Mevzuat ve Teknik Zorluklar” çeşitli yönleriyle tartışılmıştır. Etkinlik sonunda, ODTÜ-Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (GÜNAM) tarafından kurulan yeni FV Ar-Ge tesislerine teknik bir gezi de düzenlenmiştir.

Bu rapor, Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) bünyesinde oluşturulan “Enerji Çalışma Grubu” tarafından düzenlenen “TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Çalıştay Paneli”nde sunulan bildiriler esas olmak üzere, güncel literatürden taranan bilimsel çalışmaların derlenmesiyle hazırlanmıştır.

Etkinlik Komitesi Adına
Prof. Dr. İbrahim DİNÇER
 TÜBA-Enerji Çalışma Grubu Yürütücüsü

Raporun hazırlanmasında katkısı bulunan aşağıda isimleri yazılı olan devlet ve vakıf üniversitelerinden bilim insanları ile bakanlıklardan, çeşitli sanayi şirketlerinden ve sivil toplum derneklerinden yöneticiler ile konunun uzmanlarına Türkiye Bilimler Akademisi olarak teşekkür ederiz.

Hakan ERKAN
GENSED Genel Sekreteri

Evren EVCİT
Zorlu Solar Direktörü

Dr. Hilmi GÜLER
Enerji ve Tabii Kaynaklar Eski Bakanı

Dr. Daniel JW JOENG
Hanwha Q-Cell R&D Department

Kutay KALELİ
GÜNDER Başkanı

Ceyhun KARASAYAR
Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu Uzman Yardımcısı

Abdullah NADAR
TÜBİTAK-MAM

Sabahattin ÖZ
Yenilenebilir Enerji Genel Müdür Yardımcısı

Mehmet İzzet ÖZAYDIN
Plurawatt Genel Müdürü

Osman ÖZBERK
Solarturk Yönetim Kurulu Başkanı

Ümit Nuri ŞEN
Başarı Enerji Genel Müdürü

Nazım YAVUZ
GÜNDER Başkan Yardımcısı

Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA
Harran Üniversitesi









ÖZET

Artan nüfus, teknolojik gelişmeler ve beraberinde gelen yükselen yaşam standartları enerji ihtiyacında artışa neden olmuştur. Fosil yakıtların çevresel etkileri ve sürdürülebilir olmaması göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu sebeple, elektrik üretiminde yer alan politik, ekonomik ve çevresel problemlerle baş etmek için, yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesine olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Tüm bu nedenlerden ötürü, Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) bünyesinde oluşturulan “Enerji Çalışma Grubu” tarafından güneş enerjisi teknolojileri başlığı altında; kamu ve özel sektör ile üniversite temsilcilerinden oluşan geniş kapsamlı bir çalıştay ve panel düzenlenmiştir. Sunulan bildiriler temel alınarak, güncel literatürden alanında öncü bilimsel çalışmaların da derlenmesiyle bu rapor hazırlanmıştır.

Raporun ilk bölümünde güneş enerjisi sistemleri özet bir biçimde anlatılmış ve sınıflandırılması bu sistemlerin kullandıkları teknolojiler baz alınarak sunulmuştur. Sonrasında ise güneş enerjisi potansiyeli haritası üzerinden Türkiye'nin bölgelere göre potansiyeli incelenmiş ve 2023 yılına yönelik yenilenebilir enerji hedefleri listelenmiştir. Ülkemizde bu hedefler ışığında 2023 yılı sonuna kadar 5000 MW'lık bir kurulu güç kapasitesi amaçlanmaktadır. Rapor'da ayrı-

ca güneş enerjisinin kullanım eğilimleri irdelenmiş, ısıtma, soğutma ve kurutma gibi geleneksel güneş enerjisi kullanım yöntemleri dışında hidrojen üretimi, amonyak üretimi, sentetik yakıt üretimi (metanol, etanol, vs.) ve temiz su üretimi (desalinasyon) gibi alternatif metodlar da irdelenmiştir. Ayrıca, Türkiye ve Dünya'da fotovoltaiik (FV) sektörünün durumu ve eğilimler karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Rapor, bugüne kadar Türkiye'nin yaptığı en büyük güneş enerjisi projelerinden biri olan ve 2015 yılında başlatılan; aralarında 10 MW kapasiteli bir güneş enerji santrali kurulumu, en az %18 verime sahip FV güneş hücresi ve %97 verimli 1 MW güneş evirici tasarımı gibi önemli hedefleri olan Milli Güneş Enerji Santrali Geliştirme (MİLGES) projesi ile ilgili bilgileri de içermektedir.

Raporun son bölümünde ise Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Çalıştay Panelinde alınan kararlar ve ortaya atılan fikirler incelenmiştir. Güneş enerjisi lisanslama, üretim, dağıtım, teknik ve yasal düzenlemeler; güneş enerjisinden üretilen elektriğin satın alınması/ücretlendirilme mekanizması, güneş enerjisine yapılan yatırımlar ve teşvikler; güneş enerjisi üzerine yapılan araştırma, inovasyon ve teknoloji geliştirme çalışmaları konularında politikalar ve stratejiler hakkında görüş ve öneriler sunulmuştur.

15

Enerji teknolojileri birbiriyle etkileşim içindedir ve bu yüzden birlikte gelişip yayılmalıdır. Ekonomik, güvenli ve sürdürülebilir enerji sistemleriyle, daha fazla çeşitli enerji kaynakları ön plana çıkacak olup, dağıtılmış üretime daha fazla bağlı olunacaktır. Bundan dolayı, sistemsel bir bakış açısından bu enerji sistemlerinin daha iyi entegre edilip yönetilmesi gerekecektir. Böylelikle, verimlilik artabilecek ve sistem giderleri düşürülebilecektir. Bu da, daha geniş yelpazede teknolojileri ve yakıtları gerekli kılacaktır. Bu bakımdan, başarı; salt tekil teknolojilere değil, aynı zamanda toplam enerji sistemi fonksiyonlarının nasıl olduğuna bağlı olacaktır [1]. Bu çerçevede, enerji konuları 21. yüzyıl boyunca dünyanın konumunda etkin bir şekilde yerini almaya devam edecektir.

Bu rapor, “TÜBA Enerji Çalışma Grubu” tarafından düzenlenen “Güneş Enerjisi Teknolojisi ve Atölye Paneli” nde sunulan bildirimlere dayanarak, güncel literatürden araştırılan bilimsel çalışmaları derlemek suretiyle hazırlanmıştır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

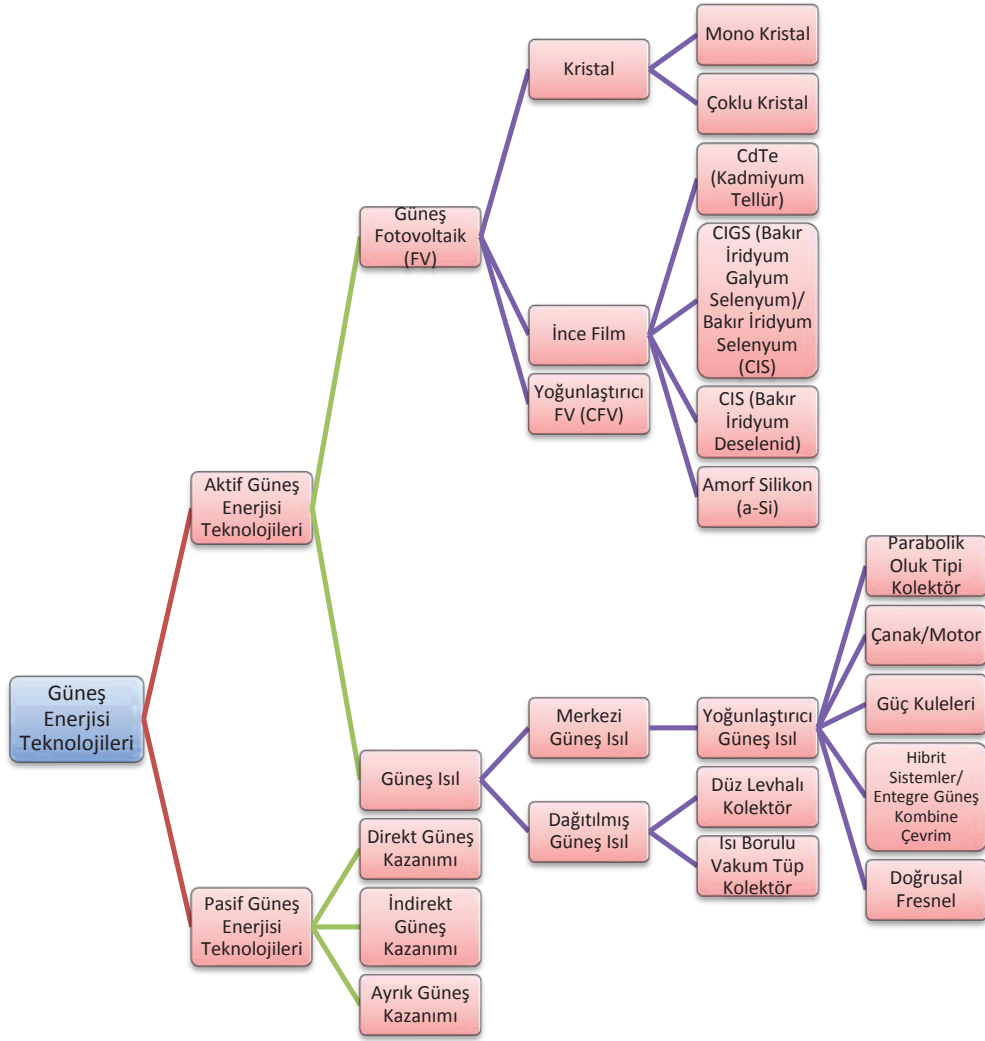
Güneşin enerji potansiyeliyle hiçbir enerji kaynağının kıyaslanamayacağı iyi bilinmektedir. Güneş enerjisi teorik olarak yeterince bol olup, sadece sürdürülebilir değil, aynı zamanda yenilenebilirdir. Bu çerçevede, güneş enerjisi teknolojilerini sınıflandırmadan önce, bazı faydalarını aşağıda belirtmekte yarar vardır:

- Güneş gücüyle (imalat, montaj, işletme ve bakım dâhil) iltisat sera gazı emisyonları minimum düzeydedir. Kömür, doğal gaz ve güneşten üretilen kWh başına CO₂ emisyonlarının aralığı sırasıyla, 0,64-1,63, 0,27-0,91 ve 0,03-0,09 kg (18:9.5:1 emisyon oranında)’dır.
- Güneş enerjisi kirlenici olmayan, güvenilir ve temiz enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarından farklı olarak, kullanımıyla zararlı gazlar ve partiküller oluşmaz.
- Esas itibarıyla mekanize edilmiş ve yatırım bakımından yoğun olan fosil yakıtlı teknolojilere kıyasla, güneş enerjisi teknolojileri daha fazla işçilik-yoğun olarak görülür. Bu görüşün olumlu yönü, güneş enerji teknolojileri iş fırsatlarını geliştiriyor olmasıdır.
- Güneş enerjisi teknolojilerinin verimi son yıllarda önemli ölçüde artmıştır ve üretim maliyetleri de sürekli olarak düşme eğiliminde olup gelecekte de düşmeye devam edeceği beklenmektedir.

Farklı güneş enerjisi teknolojileri vardır. Bunların her biri oldukça değişik kavramlara ve bilime dayalı olup, her birinin kendine özgü yararları vardır. Değişik teknolojiler arasındaki analiz ve kıyaslamalar, belirli bir dizi koşul altında en verimli ve yararlı teknolojiyi seçmemizde bize yardımcı olacaktır [2]. Bu bağlamda, güneş enerjisi teknolojileri değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Şekil 2’de gösterildiği gibi, güneş enerjisi teknolojileri; esas itibarıyla, aktif ve pasif teknolojileri olarak iki ana gruba ayrılabilir.

Aktif güneş enerjisi sistemiyle, güneş ışınının toplanıp, ısı ve elektrik gücüne dönüştürülmesi için, mekanik ve elektrik ekipmanının kullanılması amaçlanır. Bunun yanı sıra, pasif teknoloji, ısı veya ışık enerjisinin herhangi diğer şekle dönüşmeden güneş enerjisinin toplanmasını kapsar. Evlerimizin özellikle kış mevsiminde ısıtılması için ısı şeklinde güneş enerjisinin toplanması, depolanması ve dağıtımı pasif solar teknolojinin bir şeklini gösterir. Aktif güneş enerji teknolojileri; güneş fotovoltaik (FV) ve güneş ısı olmak üzere, iki kısma ayrılır. Solar FV, değişik amaçlar için kullanılabilir. Bu uygulamalara örnekler olarak, su pompaları, soğutma sistemleri, ısıtma sistemleri, baz istasyonları, trafik tabelaları, aydınlatma sistemleri, ulaşım ve haberleşme sistemleri, su arıtma sistemleri, sinyalizasyon sistemleri, batarya doluluk istasyonları vs. verilebilir. Güneş ısı sistemleri ise, ısıtma, soğutma, kurutma, pişirme, temiz su elde etme amaçları için evsel ve/veya ticari olarak kullanılabilir. Güneş ısı modülleri, bir enerji taşıyıcısının ısıtılmasıyla, güneş ışınımını ısı enerjisiye dönüştürür. Bu teknoloji fosil yakıtların yerine kullanıldığı için, önemli ölçüde CO₂ emisyonların azaltılmasına imkan sağlar [3]. Bununla birlikte, endüstriyel ölçekte, bu tür ısıtma ihtiyaçlarını karşılamak için, yoğunlaştırıcı güneş ısı teknolojileri kullanılırken, elektrik üretmek için de yoğunlaştırıcı güneş güç teknolojilerinden yararlanılır.

Tablo 1’de, soğuk iklim koşulları altında evsel kullanımda güneş ısı ve FV panel teknolojilerin kıyaslanması verilmiştir. Bu kıyaslama sonunda ortaya çıkan durum şunu göstermektedir ki güneş enerjili sistemler gerek ısı gerek FV panelli olmak üzere hem kısa süreli hem uzun süreli kullanım imkânları bulmaktadır; hatta bunun çeşitliliğini birbiri ile entegre yaparak veya diğer sistemlerle entegre yaparak örneğin absorpsiyonlu soğutma sistemi ile soğutma ihtiyaçlarını da giderebilmektedir. Hatta elektriğin depolanması yerine hidrojen üretilip depolama seçeneği araştırılıp çalışılmakta ve pek çok firmada aktif olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2: Güneş enerjisi teknolojilerinin sınıflandırılması ([2]'den uyarlanmıştır).

Tablo 1: Soğuk iklim koşulları altında evsel kullanımda güneş ısı ve FV panel teknolojilerin kıyaslanması

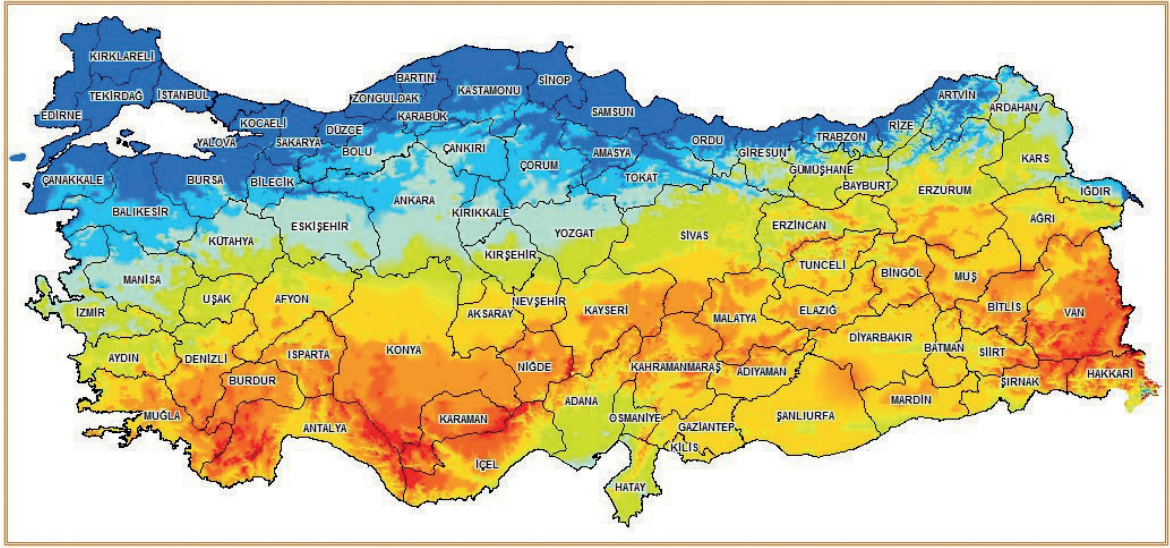
İşlemler	Güneş ısı	FV paneller
Güneş enerjisine dönüştürme verimi	Çok yüksek	Ortalama
Kullanım durumu	Sınırlı (ısı amaçlı)	Çeşitli (elektrik amaçlı)
Günlük ihtiyaçları karşılaması	Yüksek	Yeterli
Yıllık ihtiyaçları karşılaması	Yeterli	Yeterli
Depolama imkânı	Yüksek kapasitelerde mümkün fakat gerek hacime gerekse zaman bağlı sınırlamalar mevcut	Küçük ölçekte (kapasitelerde) mümkün

Kaynak: [4]

3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş enerjisi potansiyeli açısından çoğu ülkeye göre avantajlıdır. Ölçülen güneşlenme süresi ve ışınlam şiddeti verilerinden yararlanarak Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

tarafından yapılan çalışmalara dayanarak Şekil 3’teki Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli haritası ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 3: Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası ([5]'nden uyarlanmıştır).

Tablo 2'de Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı görülmektedir. En yüksek enerji potansiyelini Güney Doğu Anadolu gösterirken en düşük potansiyeli Karadeniz göstermektedir. Ancak buna rağmen Karadeniz'de görülen değerler Almanya'nın en yüksek potansiyele sahip olan noktalarından daha yüksektir.

Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir.

Tablo 2: Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (h/yıl)
G. Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: [5]

Tablo 3: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (h/ay)
	(kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308 kal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 h/gün

Kaynak: [5]

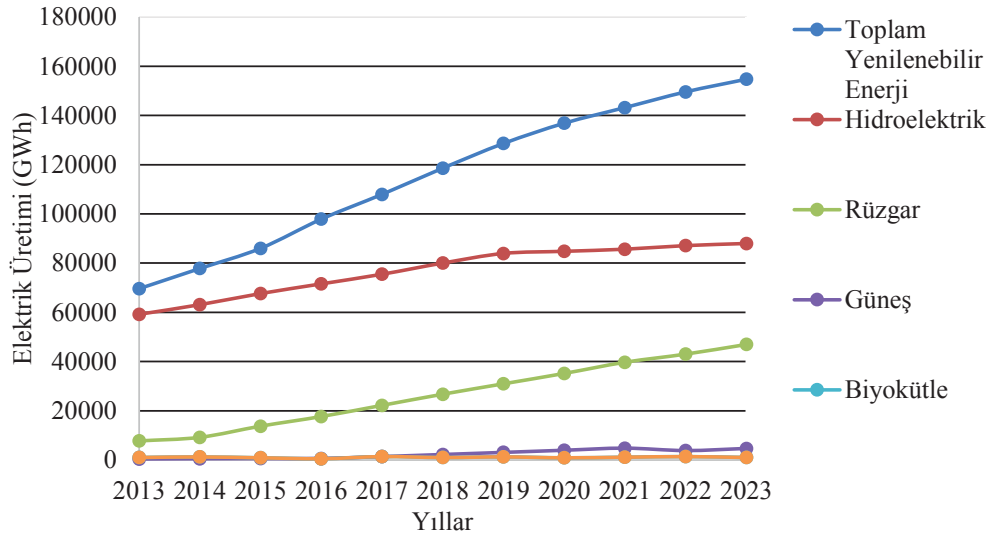
4. TÜRKİYE’NİN 2023 YILI YENİLENEBİLİR ENERJİ HEDEFLERİ

Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin yüksekliğinden hareketle, Ülkemizin 2023 yılı enerji vizyonunun ana amacı; 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını en az %30’a yükseltmektir. Tablo 4’te, 2013 (veri), 2017 (mevcut durum) ve 2023 (tahmin) yılları arasında, Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için kurulu

elektrik güç ve elektrik üretim değerleri verilirken, Şekil 4’te 2013-2023 yılları arasındaki tahmini elektrik üretim değerleri değişimi gösterilmiştir. Güneş enerjisi için, 2023 yılı sonuna kadar yaklaşık 5 000 MW’lık bir kurulu güç kapasitesi hedeflenmektedir. FV teknolojisindeki gelişmeler sonucunda son yıllarda yatırım maliyetleri düşmüştür.

Tablo 4: 2013, 2017 ve 2023 yıllarında, Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminde kurulu güç (MW) ve üretim değerleri (GWh)

Yıllar	Kurulu güç/ Elektrik üretimi	Hidroelektrik	Rüzgâr	Jeotermal	Güneş	Biyokütle	Kaynak
2013	MW	22289	2759	310	0	224	[5, 6]
	GWh	59420	7558	1364	0	1171	[5]
2017	MW	27000	6300	1000	1500	500	[7]
	GWh	35000	20000	800	4000	1500	[5,6, 7]
2023	MW	91800	50000	5100	8000	4533	[5]
	GWh	35000	20000	800	4000	1500	[5,6, 7]



Şekil 4. 2013 ve 2023 yılları arasında Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi tahmini değerleri ([6]’dan uyarlanmıştır).

5. GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIM EĞİLİMLERİ

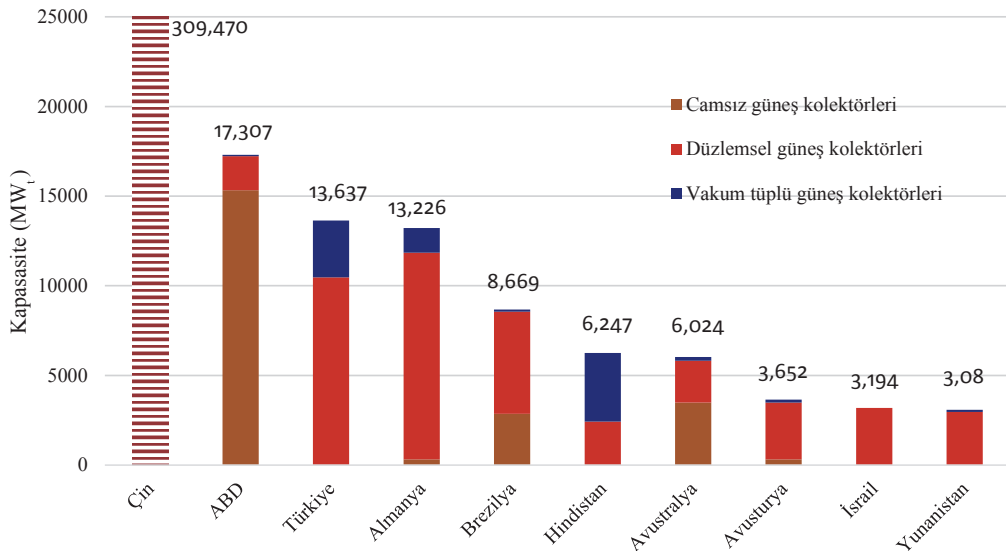
Güneş enerjisinin ısıtma, soğutma ve kurutma gibi geleneksel kullanım yöntemleri dışında son yıllarda hakkında birçok araştırma yapılan ve kullanımı her geçen gün artan hidrojen üretimi, amonyak üretimi, sentetik yakıt üretimi (metanol, etanol, vs.) ve temiz su üretimi (desalinasyon) gibi alternatif metodlar da mevcuttur. Özellikle son yıllarda hidrojen üretiminde güneş enerjisinin kullanılması konusu çevreyi korumak ve karbon üretimi olmayan alternatif yakıt türlerine yönelmesi dolayısıyla büyük önem kazanmıştır. Bir enerji taşıyıcısı olan hidrojenin, bu tip yakıtı aday olarak gösterilmesindeki en büyük nedenler şu şekilde sıralanabilir;

- Evrende elde edilebilen en bol kimyasaldır, su gibi sürdürülebilir kaynaklardan rahatlıkla elde edilebilir.
- Benzin (40 kJ/g) gibi yakıtlara kıyasla yüksek enerji verimine sahiptir (122 kJ/g).
- Yenilenebilir enerjiler kullanılarak üretildiğinde, çevre dostu olduğu için nihai kullanımı kirleticiler, sera gazı üretmez ve çevre üzerinde herhangi bir zararlı etki yaratmaz.

Bütün bu nedenlerden ötürü, hidrojen mevcut enerji ve çevre sorunlarını ele alabilecek temiz bir enerji taşıyıcısı olarak görülmektedir [8].

Dünyada ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilen enerji; toplam tüketilen enerjinin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Avrupa’da bu oran, %46 düzeyindedir. Isıtma/soğutma talebinin sadece %18’i, biyokütle ve güneş enerjisi ağırlıklı olmak üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Geriye kalan miktarın yaklaşık %68’lik kısmı başta doğal gaz olmak üzere, fosil yakıtlardan, %14’lük kısmı ise elektrik enerjisi ile karşılanmaktadır. Türkiye için de benzer oranlar söz konusudur. Bu durumda Türkiye’de güneş enerjisi teknolojilerinin ısıtma ve soğutma uygulamalarında kullanımına yönelik olarak; ısı teknolojileri açısından, toplam enerji tüketimimizin yaklaşık %30’u, FV teknolojiler açısından ise yaklaşık %14’ü oranında bir fırsat bulunmaktadır.

Türkiye’de güneş enerjisinin ısıtma ve soğutma uygulamalarında kullanımında, güneşli su ısıtıcıları baş sırayı almaktadır. Bu kapsamda hiçbir teşvik uygulaması olmamasına karşın, Türkiye dünya liderlerinden biri konumundadır. Şekil 5’te, 2015 yılında on önde gelen piyasa için işletmedeki camlı ve camsız güneş kolektörlerinin kümülatif kurulu kapasiteleri gösterilmiştir. Buradan da görüleceği üzere, Türkiye, 2015 yılında Çin ve ABD’den sonra en fazla güneş ısı sistem kurulumunu gerçekleştiren ülke olmakla kalmayıp, Avrupa’da da lider konumuna ulaşmıştır.



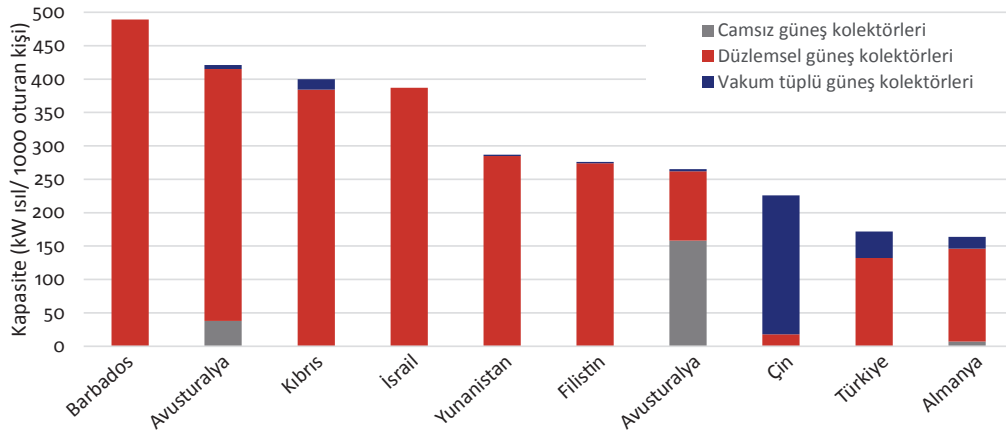
Şekil 5: 2015 yılında güneş ısı kolektörü kurulumlarında önde gelen ilk on ülkenin kümülatif kapasiteleri (MW_{ısı}) ([9, 10]’dan uyarlanmıştır).

Ancak Türkiye'nin güneş ısı kolektörleri kurulumunda toplam kapasite olarak dünyada üçüncü sırada bulunması, bu potansiyelin iyi değerlendirildiği anlamına gelmemelidir; çünkü bu kapasiteyi nüfus yoğunluğu ile ilişkilendirdiğimizde, Şekil 6'da gösterilen bir kapasite sıralaması ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde bir sınıflandırmada Türkiye'nin dünyadaki yerinin çok iyi olmadığı söylenebilir.

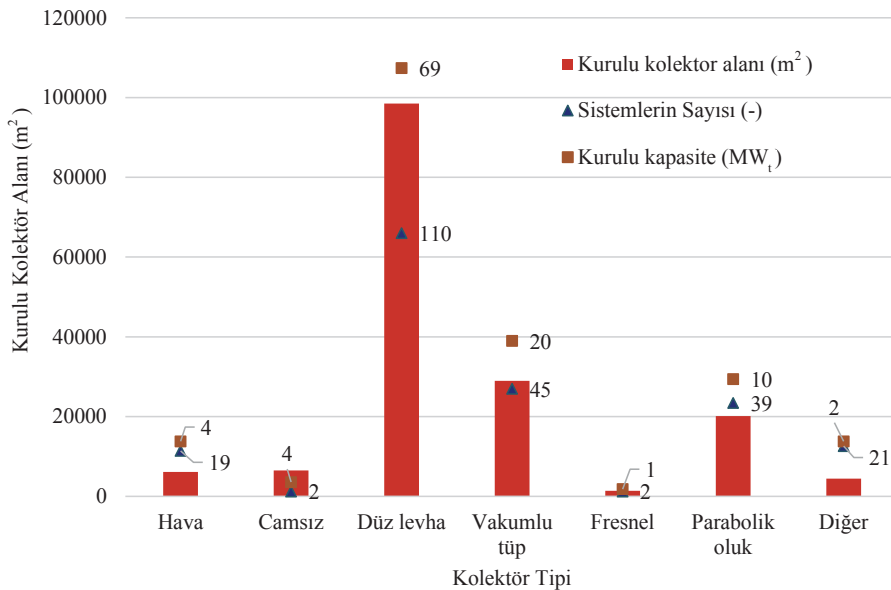
Güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutmada güneşli su ısıtma amacıyla kullanılan düz yüzeyli ya da vakum borulu kolektör teknolojilerinde sağlanan iyileşmeler (daha yüksek verim ve daha düşük maliyet) günümüzde büyük ölçekli uygulamaların giderek yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi güneş enerjisinin bölgesel ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımıdır. Bir diğeri ise güneş enerjisinin

endüstriyel proseslerde ısı temini amaçlı kullanımına yönelik büyük ölçekli güneş kolektör sistemleridir. Şekil 7'de kolektör tipine göre işletilen küresel güneş prosesi ısı uygulamaları gösterilmiştir. Bunların çoğunluğunu düz levhali kolektörler oluşturmakta olup, bunu vakum tüp ve parabolik oluk kolektörler izlemektedir.

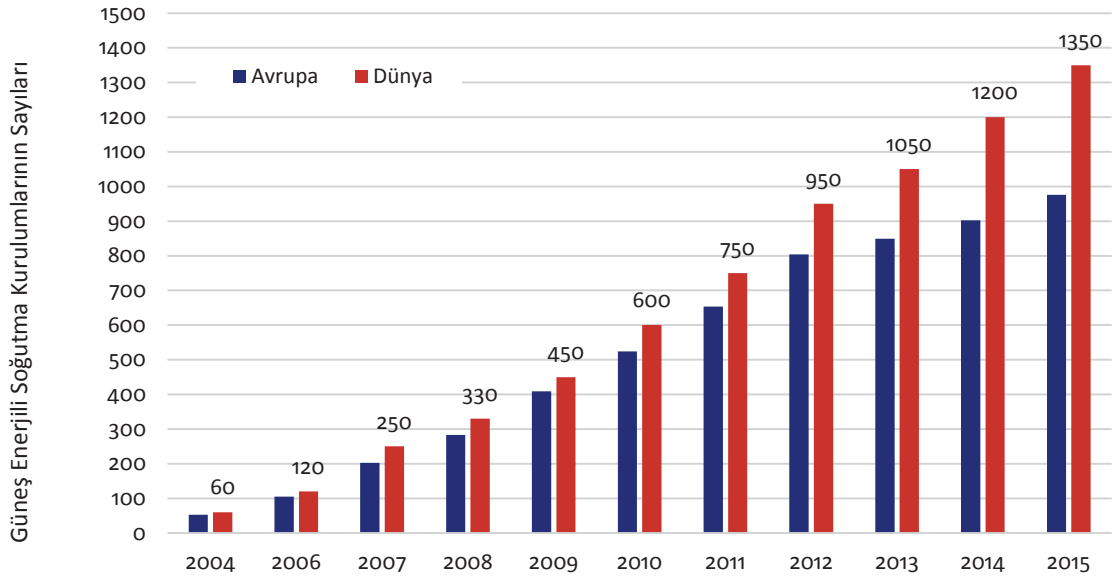
Güneş enerjili soğutma uygulamaları son yıllarda giderek yaygınlaşan uygulamalar arasında yerini almaktadır. Şekil 8'de, 2004-2015 yılları arasında küçükten büyük ölçekli güneş enerjili iklimlendirme ve soğutma sistemlerinin piyasadaki gelişimi gösterilmiştir. Soğutma uygulamalarında ise, artık güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemleri kadar, FV güç ile çalışan ısı pompası sistemlerinin kullanımları da yaygınlaşmaktadır.



Şekil 6: 2015 yılında güneş ısı kolektörü kurulumlarında önde gelen on ülkenin kümülatif kapasiteleri (kWısı/1000 oturan kişi) ([9, 10]'dan uyarlanmıştır).



Şekil 7: 2016 yılı sonunda kolektör tipine göre kurulu kolektör alanı ([9, 10]'dan uyarlanmıştır).



Şekil 8: 2004-2015 yılları arasında güneş enerjili iklimlendirme ve soğutma sistemlerinin piyasadaki gelişimi ([9, 10, 11]'den uyarlanmıştır).

Ar-Ge ve yenilikçilik odaklı eğilimler ve fırsat alanları ise aşağıda listelenmiştir:

- FV-Isıl (FV/T) modül/sistem geliştirilmesi,
- FV-Termoelektrik (FV/TE) modül/sistem geliştirilmesi,
- Termo-FV (T/FV) sistem geliştirilmesi,
- Isıl sistem ile entegre organik Rankine çevrimli güç üretim sistemi geliştirilmesi,
- Isıl sistemlere entegre faz değişim malzemeleri/ sistemleri geliştirilmesi.

İklim değişikliği ile mücadele kapsamında 2030 yılına kadar karbon salımının hedeflenen düzeye indirilmesi için ısıtma-soğutma uygulamalarında tüketilen enerjinin karşılanmasında başta güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu ihtiyaçtan dolayı güneş enerjili ısıtma ve soğutma uygulamalarında sadece ısı teknolojilerin değil, FV teknolojilerin de rol alması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca güneşli su ısıtıcısı gibi küçük ölçekli yaygın uygulamaların yanında, güneş ısı teknolojilerinin ölçeklerinin büyütülmesi ve uygulama alanlarının genişletilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin de bu yeni gelişme ve eğilimlere hazırlıklı olması gerekmektedir.

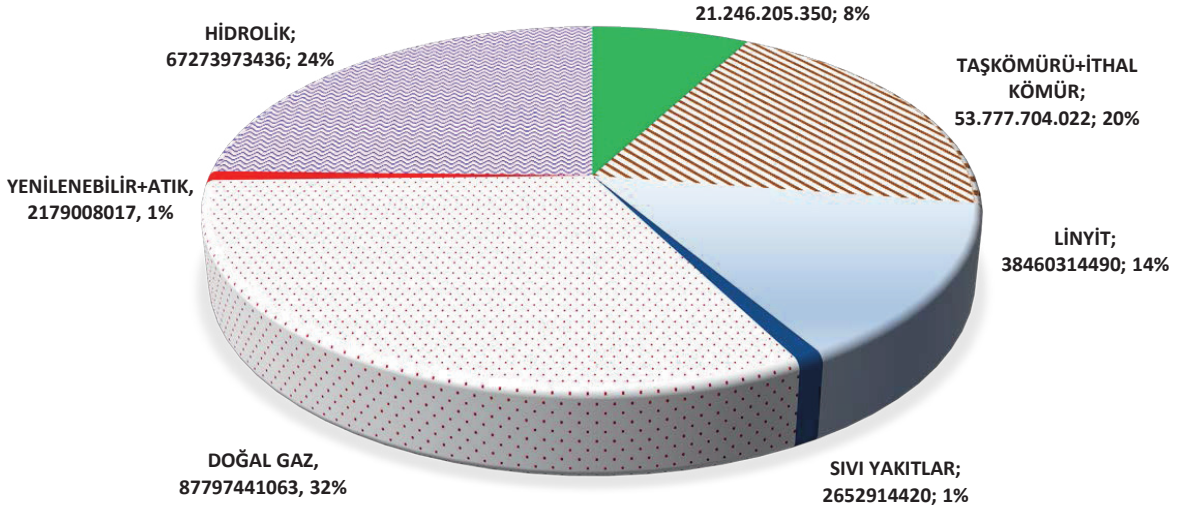
Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi potansiyelini en iyi şekilde değerlendirmesi, ısı güneş enerjisi teknolojileri alanında dünyadaki market ve liderlik avantajını sürdürmesi ve gelecek yıllardaki karbon salım azaltma taahhütlerini yerine getirebilmesi için bu yeni gelişen eğilimlere ve büyük ölçekli uygulamalara adapte olması gerekmektedir. Bu nedenle;

- Güneş ısı teknolojilerinin diğer yenilenebilir enerji teknolojileri (başta FV, biyokütle ve jeotermal olmak üzere) ile birlikte kullanımına yönelik uygulamaların yaygınlaştırılması,
- Güneş ısı teknolojilerinin enerji verimli teknolojilerle (ısı pompası, co-jenerasyon, tri-jenerasyon) birlikte bina ısıtma ve soğutmasında kullanımının yaygınlaştırılması,
- Güneş ısı teknolojilerinin başta bölgesel ısıtma ve soğutma olmak üzere şehir ve kent seviyesindeki büyük ölçekli uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması,
- Güneş ısı teknolojilerinin akıllı ve sürdürülebilir endüstri-şehir uygulamalarına entegre edilebileceği destekleyici teknolojilerin geliştirilmesi yönünde ulusal politikaların belirlenmesi faydalı olacaktır.

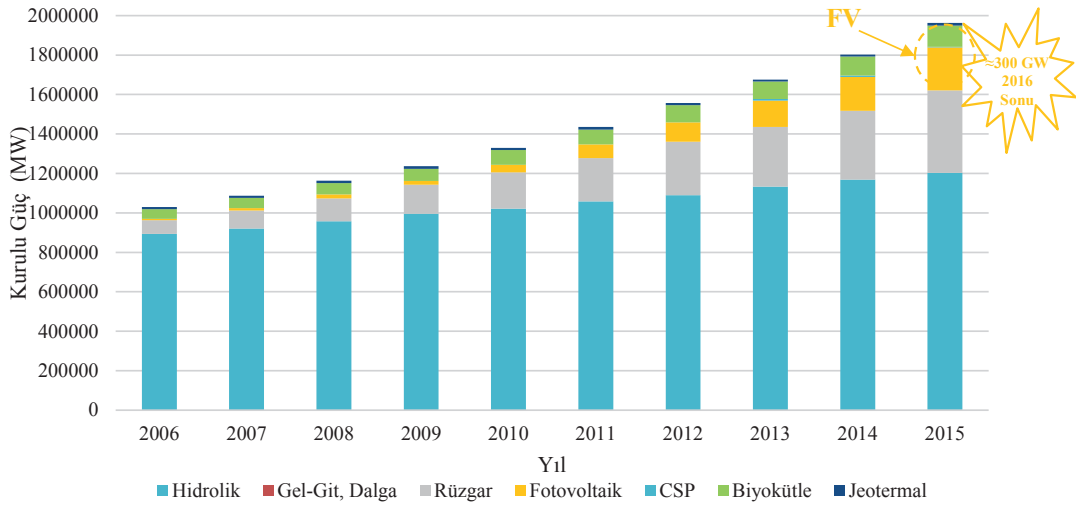
6. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE FOTOVOLTAİK SEKTÖRÜNÜN DURUMU VE EĞİLİMLER

2016 yılı sonu itibarıyla, Türkiye'nin elektrik üretim ve tüketim değerleri, 30.1.2017 tarihli TEİAŞ verisi göz önüne alınarak, Şekil 9'da gösterilmiştir. Bu çerçevede, elektrik enerjisi üretim ve tüketim değerleri sırasıyla, yaklaşık olarak 273 387 560 799 kWh ve 278 345 608 308 kWh olarak gerçekleşmiştir.

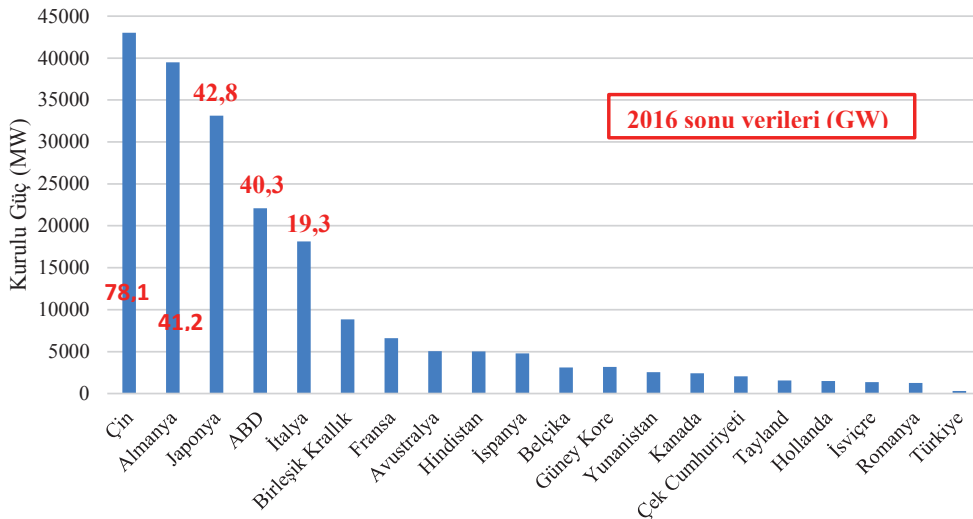
Dünyada kurulu güç kapasitelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına göre dağılımı ve 2015 yılı FV güneş enerjisi kurulu gücü değerleri sırasıyla, Şekil 10 ve 11'de gösterilmiştir. Bu çerçevede yapılan bir değerlendirme aşağıda sunulmuştur:



Şekil 9: 2016 yılı sonu itibariyle, Türkiye'nin elektrik üretim ve tüketim değerleri ([12]'den uyarlanmıştır).



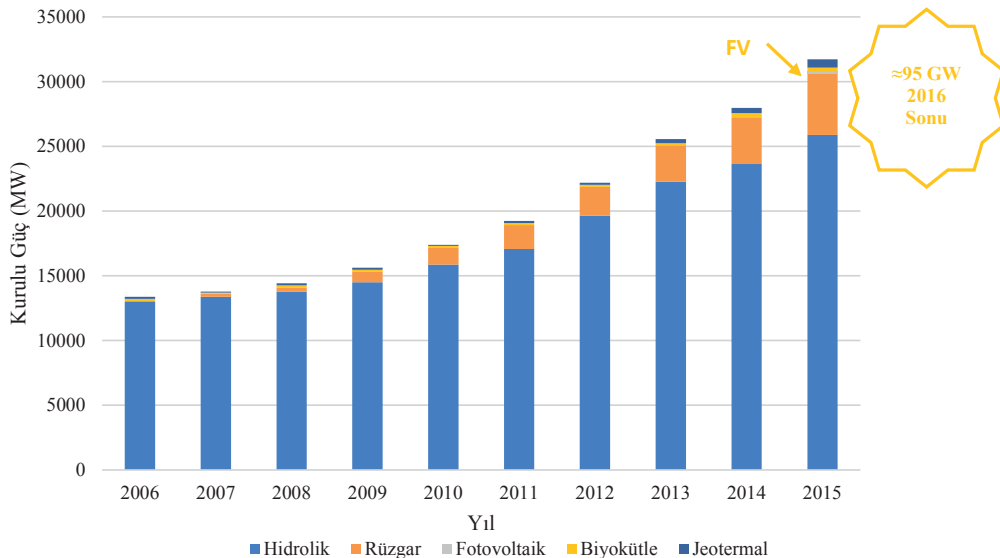
Şekil 10: Dünyada kurulu güç kapasitelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına göre dağılımı ([12, 13]'den uyarlanmıştır).



Şekil 11: Dünyada 2015 yılı FV güneş enerjisi kurulu gücü ([12, 13]'ten uyarlanmıştır).

2016 yılında güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürme teknolojisine FV dayalı Güneş Enerjisi Santralleri (GES) pazarı beklenin çok üzerinde büyüyerek rüzgar enerjisinin yıllık kurulumunu geride bırakmış olup bir önceki yıla göre (2015: ~51 000 MWp) %50 artışla yaklaşık 77 000 MWp yıllık kurulumla ulaşmıştır. Böylece küresel ölçekte toplam GES kurulu gücü %33 artarak ~230 000 MWp (2015) değerinden ~307000 MWp (2016) değerine ulaşmıştır. Ulaşılan gücün küresel elektrik enerjisi talebinin %2'sini karşılama kapasitesine sahip olduğu hesaplanmaktadır. Son on yılda küresel ölçekte toplam GES kurulu gücünün 6600 MWp'den 300000 MWp'yi aşan bir noktaya gelmesi, toplumlardaki artan çevre duyarlılığı yanında GES kurulumlarının maliyet azalmasındaki süreklilik olmuştur. Güneş kuşağındaki ülkelerde şebekeye bağlı büyük ölçekli GES'lerde üretilen elektrik enerjisinin kWh maliyeti termik ve nükleer santrallerle yarışır hale gelmiştir. Son yıllarda yapılan GES ihalelerinde kWh elektriğe verilen satın alma garantisi sürekli düşmektedir; Arjantin'de 5,5 \$cent/kWh, Meksika'da 3,3 \$cent/kWh, Şili ve ABD'de 2,7 \$cent/kWh ve 2016 yılı sonuna kadar en düşük değer 2,4 \$cent/kWh ile Birleşik Arap Emirlikleri'ndedir. Diğer taraftan FV, GES alanında istihdam önemli bir parametre olup 2016 yılında ABD'de GES kurulumları iki katına çıkarken yaratılan her elli yeni istihdamın biri GES sektöründe gerçekleşmiştir. Bu veriler esnek enerji pazarında yeni giren oyuncu "FV gücün" liderliğe yarışacağına işaret etmektedir. 2016 yılında, Çin gerçekleştirdiği ~35000 MWp kurulumla (2015 yıllık kurulumu; ~15000 MWp) toplam FV kurulu gücünü iki katına çıkararak (~77000 MWp) yıllık küresel pazar payının %45'ine sahip olmuştur. Japonya GES pazarı 2016'da daralmasına

rağmen ~8600 MWp kurulumla üçüncü sırayı almıştır. Hindistan yıllık GES kurulumu 2015 yılındaki ~2000 MWp değerinden %125'lik bir artışla ~4500 MWp çıkarmış ve küresel sıralamada dördüncü sıraya ulaşmıştır. Asya'da bu ülkeler dışındaki ülkelerdeki pazarlardan küçük olup yalnızca Güney Kore pazarında yıllık kurulumda 1000 MWp aşmıştır. 2016 yılında ABD ~15000 MWp ile ikinci en büyük GES kurulumunu gerçekleştirmiş olup, 2015 yılına (~7500 MWp) göre %100 büyümüştür. ABD dışında diğer Amerika kıtasındaki GES faaliyetlerinde önemli hareketlenmeler ve teşvikler gözlenmektedir. Öne çıkan Şili'de kW-saat başına ödenen teşvik 3 \$cent olmasına rağmen, 2016 yıllık kurulum 800 MWp büyüklüğünü aşmıştır. Avrupa GES pazarının aşağı yönlü eğilimi devam ederken bir önceki yıla göre %21'lik küçülmeye 2016 GES kurulumu ~7000 MWp altında gerçekleşmiştir. Afrika kıtasında 2016 yılında Güney Afrika 500 MWp kurulumla birinci sırada yer alırken, diğer Afrika ülkelerinde GES elektrik üretimine artan bir ilgi gözlenmektedir. Gelişen teknolojiler ve sürekli azalan maliyetlere bağlı olarak, önümüzdeki beş yıllık dönemde dünyadaki toplam GES kurulu gücünde artış öngörüsü her yıl 100000 MWp değerini aşarak 2021 yılında 700000 MWp civarında olacağıdır. 2021 yılında FV pazarında Avrupa'da öne çıkacak ülkeler Almaya, Fransa ve Türkiye olarak sıralanıyordu. Ancak enerji pazarında temiz ve tükenmez enerjilerin yerinin ve öneminin doğru belirlenmesi ve bu sektördeki pazarın doğru tasarlanıp doğru yönetilmesi ile FV enerjiye olan talep küresel ölçekte FV kurulu gücü 2021 yılında 1,0 terawatt (TW) (1 milyon MW) değerinin üzerine çıkarabileceği öngörülmektedir [14]. Türkiye'de kurulu güç kapasitelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına göre dağılımı Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12: Türkiye'de kurulu güç kapasitelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına göre dağılımı ([12]'den uyarlanmıştır).

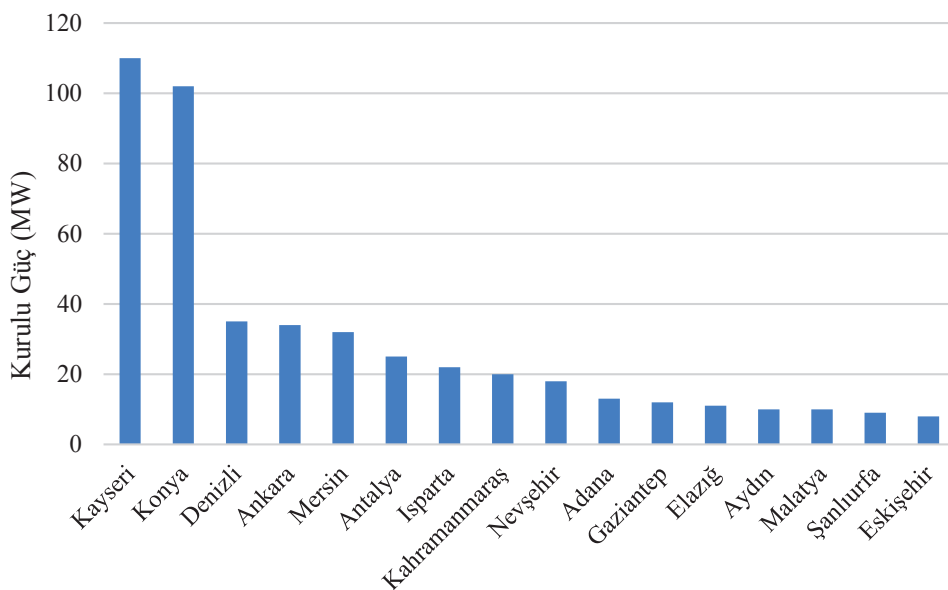
Bu çerçevede, Oktik [14] tarafından aşağıdaki değerlendirmeler verilmiştir: Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi artmaya devam ederken, 2016 yılı sonundaki kurulu güç bir önceki yıla göre %7'nin üzerinde bir artışla 80000 MWp civarına ulaşmıştır; ancak kurulu gücü kaynaklara dağıttığımızda ~%28 oranla en yüksek pay doğalgazda olup, fosile dayalı kurulu güç kurulu gücün %60'ına yakındır. "GES" teknolojilerinin ulaştığı noktada 1 MWp "FV Santral" kurulumu için gereken alan 15-17 dönüm arasında olup, ülkemizde çeşitli büyüklüklerde sistemler için kuruluma uygun alanların toplamının 12 milyon dönüm civarında olduğu öngörülmektedir. FV sistemlerin yıllık elektrik enerjisi üretimi bölgeye bağlı olarak değişmekle birlikte, ülke ortalaması için her 1 MWp kurulum için yılda 1 600 MWh iyi bir yol gösterici olabilir. Bu yaklaşımla, Türkiye'de GES kurulumu potansiyeli ~570 000 MWp ve FV elektrik enerji üretme potansiyeli ~912 milyar kWh hesaplanmakta (Türkiye'nin 2016 yılı elektrik enerjisi tüketimi 280 milyar kWh) olup, büyük bir çoğunluğu lisansız projeler olmak üzere FV kurulu gücümüz henüz 1 GWp'yi aşabilmiştir. Türkiye'nin ilk FV Güç Santrali Lisans İhalesi için başvurular 2013 Haziran ayında alınmış; ancak değerlendirmelerin tamamlanması 2015 yılını bulmuştur. Katkı payları MWp başına 70 bin ile 3 Milyon TL arasında değişen 43 proje ihaleyi kazanmıştır. İki yıl geçmesine karşın toplam gücü ~13 MWp olan iki lisanslı proje işletmeye alınabilmiştir. Ülkemizdeki yeni yaklaşım olan "Enerji İhtisas Endüstri Bölgelerinden" Konya ili Karapınar ilçesi sınırları içerisinde yaklaşık 28,000 dönüm (I. Kısım) ve yaklaşık 32,000 dönüm (II.

Kısım) olmak üzere toplamda yaklaşık 60,000 dönüm büyüklüğündeki alan (YEKA-1GES) projesi için ayrılmıştır. Bu projeye 1 000 MW (1 GW) gücünde GES ile birlikte yılda 500 MW üretim kapasitesine sahip FV modül tesisi ve FV Ar-Ge Merkezi kompleksi kurulması planlanmıştır. 20 Mart 2017 tarihinde yapılan ihaleyi kWh başına 6,99 Scent alım garantisıyla Kore firması Q-Cells-Hanwha ile Türkiye firması Kalyoncu ortaklığı kazanmıştır. Bu projeye güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirme sektörünün değer zincirinde "elektrik üretme" halkasının ötesine geçilmesi amaçlanmaktadır.

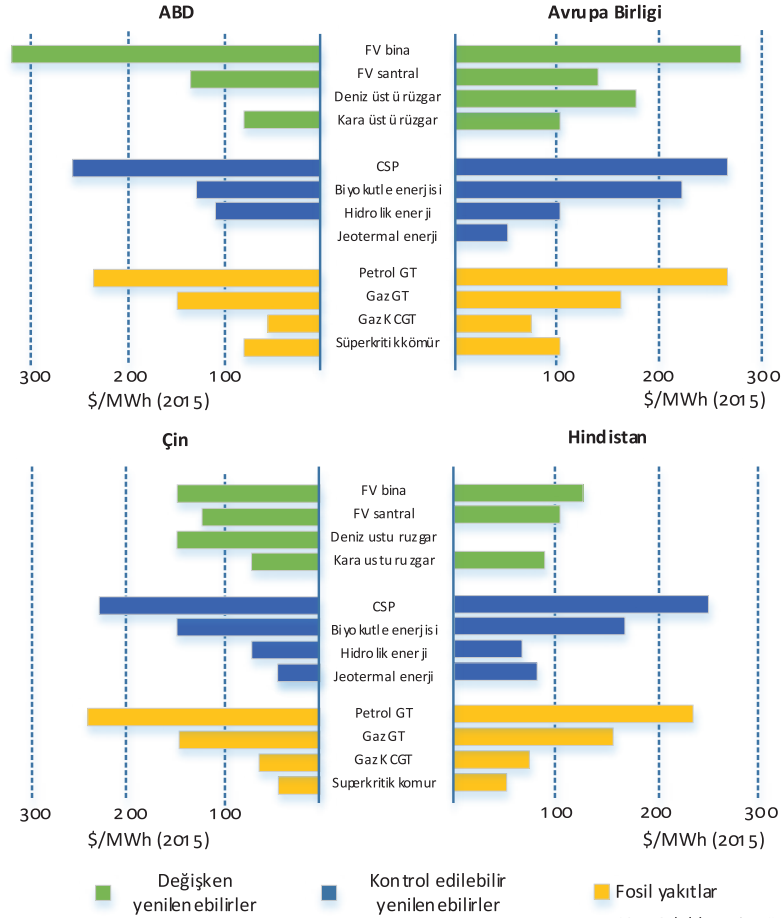
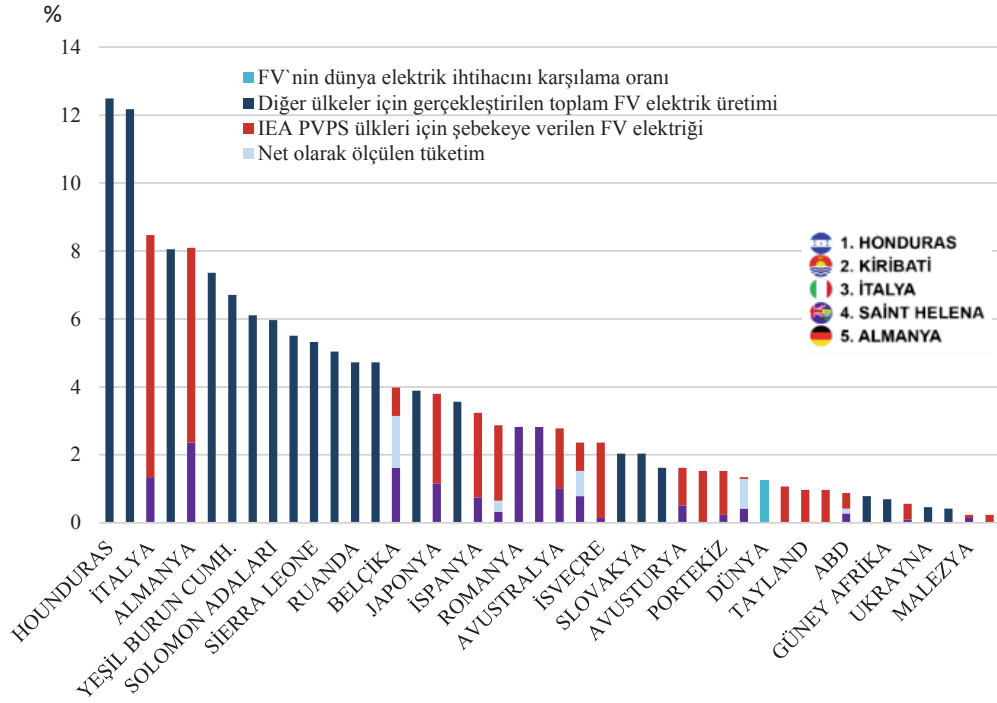
Şekil 13'te Türkiye'de 2016 sonu FV güneş enerjisi kurulu gücü illere göre dağılımı gösterilmiştir. Bu şekilden görüleceği üzere, anılan yıl sonu itibarıyla, ilk üç sırayı, Kayseri, Konya ve Denizli illerimiz almaktadır.

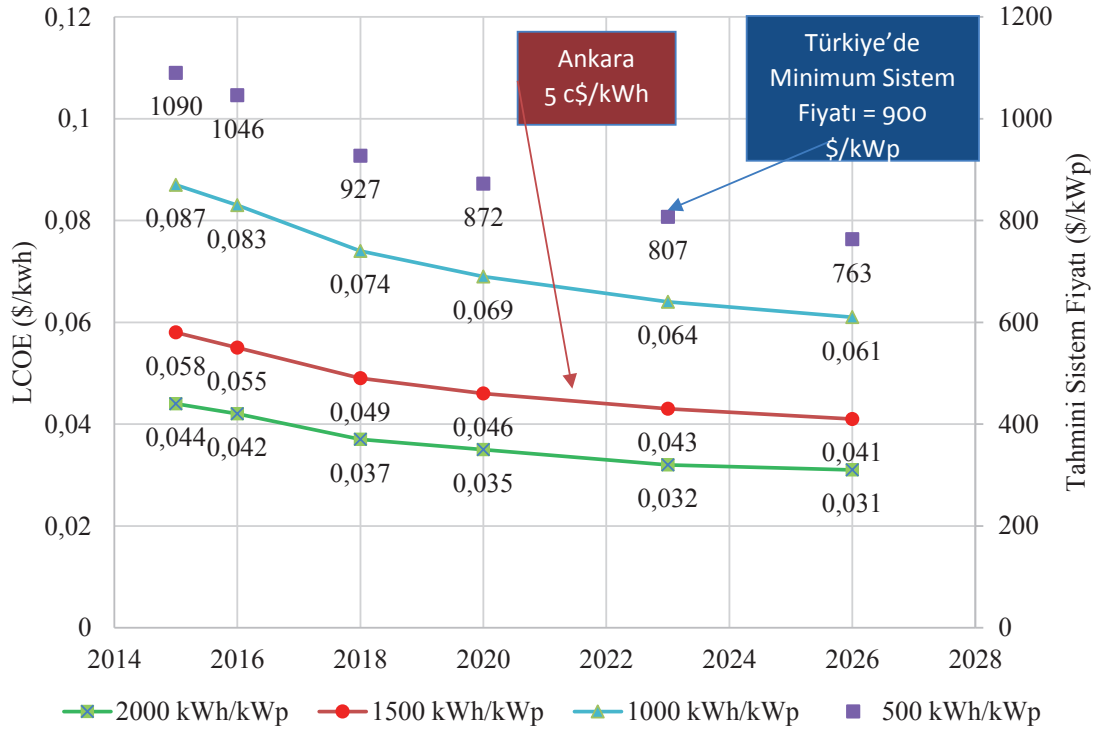
Ülkelere göre FV'nin elektrik üretimi içindeki payı Şekil 14'te gösterilmiştir. Türkiye'nin toplam FV kapasitesi 1000 MW olup, bu güçle yaklaşık 1,5 TWh/yıl enerji üretileceği göz önüne alınırsa, toplam elektrik tüketimi içindeki yeri %0,55 tutmaktadır.

FV güneş enerjisinin diğer enerji türleriyle maliyet bakımından karşılaştırılması sırasıyla, Şekil 15 ve 16'da kapasite faktörü (özellikle belirtilmediği sürece), ülkelerin sağladığı teşvikler gibi ekonomik ve politik kaynaklı değişkenler, bina ve santral tipi uygulamalarda ölçek ekonomisi faktörü, fosil yakıtların belli bölgelerde daha ucuz olması ve coğrafi şartların seviyelendirilmiş enerji maliyeti (SEM veya LCOE) hesaplamalarına doğrudan yansımaya değer etmenlerdir.



Şekil 13: Türkiye'de 2016 sonu FV güneş enerjisi kurulu gücü illere göre dağılımı ([15]'ten uyarlanmıştır).



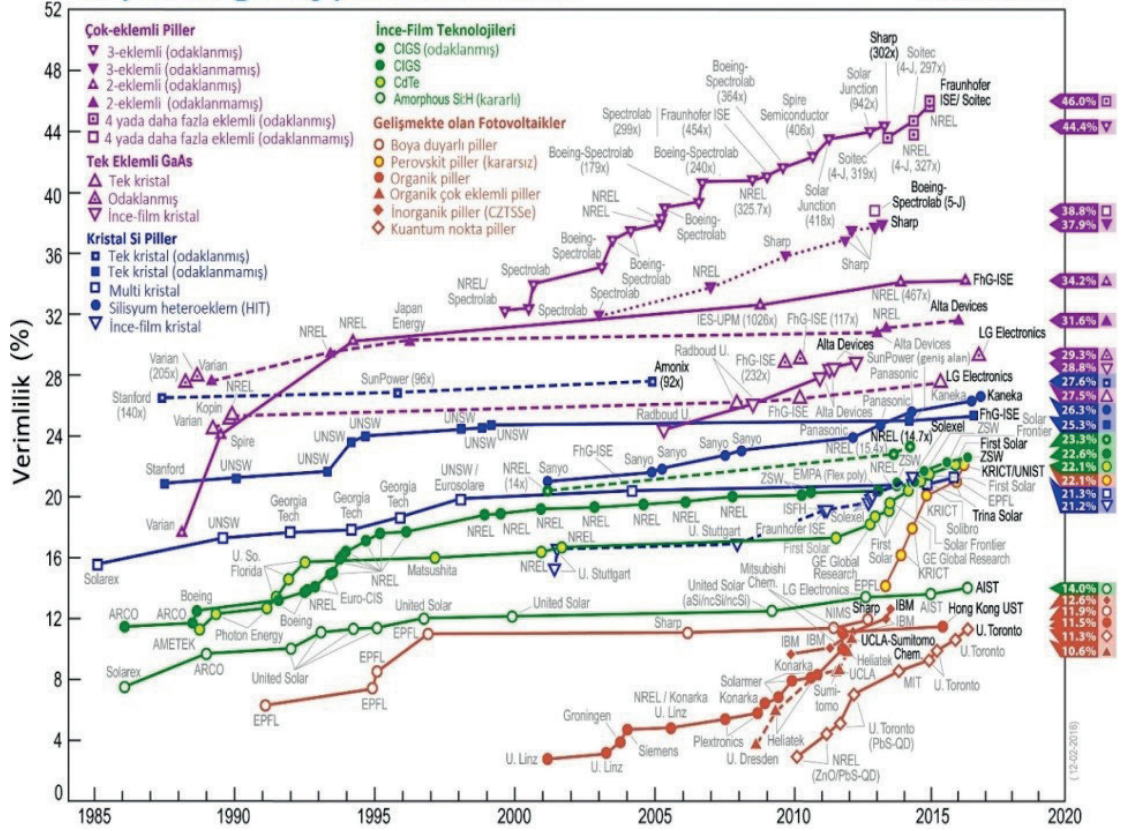


Şekil 16: Ülkelere göre FV'nin elektrik üretimi içindeki payı ([15, 16]'dan uyarlanmıştır).

Güneş pili (hücre) verimleri, ilerleyen teknolojiyle birlikte, günden güne artmaktadır. Şekil 17'de, Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından bildirilen en yüksek güneş pili verimleri gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, Alman Güneş Enerjisi Sistemleri Fraunhofer Enstitüsü tarafından, en yüksek laboratuvar veriminin, mono kristal için %26,7 ve çoklu kristal silikon devre levhası(wafer)-esaslı için %21,9 olduğu bildirilmektedir. İnce film teknolojisinde en yüksek laboratuvar verimi; Bakır İndiyum Galyum Selenyum (CIGS) için %21,7 ve CdTe için ise, %21'dir. Son on yıl içinde ortalama ticari wafer-esaslı silikon modüllerin verimi, %12'den %17'ye (süper-mono: %21) artmıştır. Aynı zamanda,

CdTe modül verimleri %16'dan %20'lere kadar çıkarılmıştır. Laboratuvarda, en iyi yapılan modüller, %24,4 verimle mono kristal silikon esaslı olanlardır. En yüksek verimler, diğer verim potansiyelinin üretim seviyesinde artacağını göstermektedir. Laboratuvarda, yüksek konsantrasyonlu çok eklemlili (multi-junction) güneş pilleriyle, günümüzde %46'ya kadar bir verim elde edilmektedir. Yoğunlaştırıcı teknolojisiyle, %38,9'a kadar modül verimlerine ulaşılmıştır. Silikon hücreler için malzeme kullanımı, son 12 yılda, artan verimler ve daha ince waferlerin yaklaşık 16 g/Wp'dan 6 g/Wp'dan daha az olacak şekilde önemli ölçüde azaltılmıştır [19].

En yüksek güneş pili verimlilikleri



Şekil 17: En yüksek güneş pili verimleri ([19]'dan uyarlanmıştır).

İnvertörler, FV sistemlerinde önemli bir bileşen olup, 2016 yılı itibariyle, piyasa durumu Tablo 5'te gösterilmiş, String, merkezi, mikro ve DC/DC konvertörlerle-

re yer verilmiş ve açıklamalarda her bir konvertör için detaylı bilgiler sunulmuştur.

Tablo 5: 2016 yılı invertör/konvertör piyasası

İnvertör (Evirici)/Konvertör	Güç	Verim	Piyasa payı (Tahmini)	Notlar
String invertörler	100 kW _p 'ye kadar	%98'e kadar	%42	7-20 € cent/W_p - Değiştirilmesi kolay
Merkezi invertörler	100 kW _p 'den daha fazla	%98,5'a kadar	%54	6 € cent/W_p - Yüksek güvenilirlik - Genellikle sadece hizmet sözleşmesiyle satılır.
Mikro invertörler	Modül güç aralığı	%90-95	%1	33 € cent/W_p - Değiştirme kolaylığı var.
DC/DC konvertörler (Güç optimizeörleri)	Modül güç aralığı	%98,8'e kadar	%3	9 € cent/W_p - Değiştirme kolaylığı var. - Çıkışı, optimize edilmiş akımlı DC - Halen bir DC/AC invertör gerekli 2016'da kurulan yak. 2 GW_p

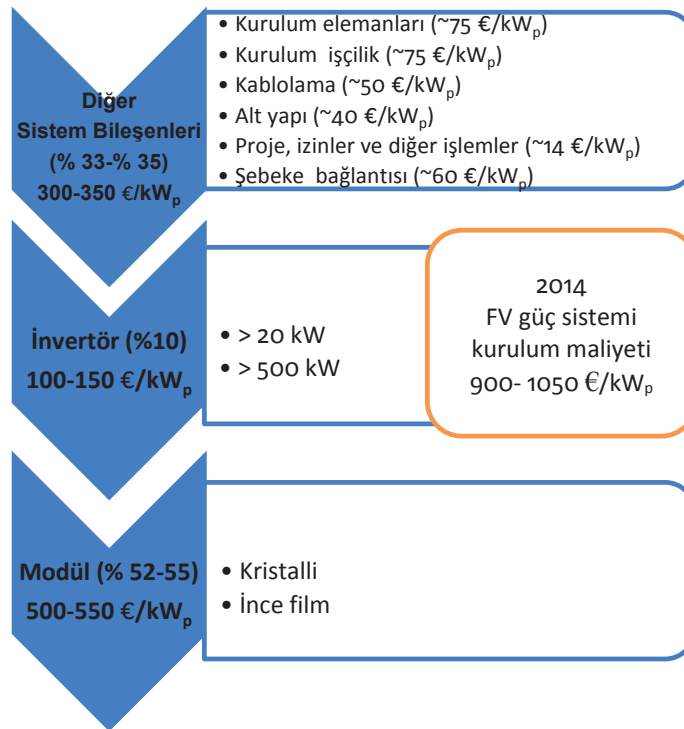
Kaynak: [20]

FV güç sistemleri maliyetlerinde bileşenlerin yaklaşık payı da Şekil 18’de gösterilmiştir. Her bir sistem bileşeni kendi içinde ayrı ayrı incelenmiştir ve invertör ve modüllerdeki maliyetlere yer verilmiştir.

Oktik [14] tarafından vurgulandığı üzere, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürme sektörü değer zincirindeki ileri teknoloji ve yatırım gerektiren polisilisyum üretimi, silisyum kristal büyüme, dilimleme, güneş gözesi (güneş pili) üretimi alanları ülkemizin endüstriyel ölçekte birikimi ve yatırımı henüz yok denecek kadar azdır. Değer zincirinin diğer halkaları olan; modül üretimi ve bu üretimle ilgili göze dışında bütün bileşenler, güç elektroniği, güç santrallerinin planlanması, kurulumu, işletilmesi, bakımı, geri dönüşüm halkaları ve bunların finansmanı alanlarında ülkemiz endüstriyel ölçekte rekabet edebilir güce ulaşmıştır. Bu alt sektörlerde faaliyet gösteren üç yüzü aşkın firma ulusal olduğu kadar uluslararası faaliyetler içindedir. 2017 yılı itibarı ile çeşitli öl-

çeklerde modül üreten işletmelerin sayısı 20’yi aşmış olup, toplam kapasite yılda 2000 MWp üzerine çıkmıştır. 1 MWp/yıl modül üretimi için yapılan yatırım makina parkına ve menşesine bağlı olarak 20 000 ila 40 000 € arasında değişmektedir. Ayrıca FV sistemlerde kablo, bağlantı elemanları, alüminyum çerçeve, enerji camları ve diğer bileşenlerin ülkemizde üretimi ve hızla büyüyen ulusal pazarla birlikte uluslararası pazarda rekabet edebilmek için de ülkemizde önemli yatırımlar yapılmıştır. Ayrıca bu alana farklı düzeyde mesleki yeterliğe sahip insan kaynağının sağlanması için eğitim programları yürütülmektedir.

Ülkemizde FV sektörün gelişmesinde, bu konudaki çalışan araştırma merkezlerinin rolü de çok önemlidir. Tablo 6’da, Türkiye’de FV alanında çalışan araştırma merkezleri listesi sunulmuştur. Burada sözü geçen merkezlerin, birbirleriyle daha iyi bir etkileşim halinde çalışacak şekilde organize olmaları, FV sektörünün gelişmesine önemli katkı koyabilecektir.



Şekil 18: Fotovoltaik güç sistemleri maliyetlerinde bileşenlerin yaklaşık payı ([21]’den uyarlanmıştır).

Tablo 6: Türkiye’de FV alanında çalışan merkez/enstitü/bölümler

Kurum	Çalışılan Konular	Notlar
Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi-GÜNAM)	Kristal Si, heteroeklem kristal Si, CdTe ince film, CIGS ince film, amorf-Si ince film, DSSC, perovskite, OFV, CFV CSP-STE	GÜNAM, FV alanlarının tamamında faaliyet göstermektedir. Türkiye’de endüstriyel boyutta ve verimde kristal Si güneş hücresi üreten tek kuruluştur. DPT desteği ile altyapı kurulmuştur. 2017 yılında kendisine ait 3500 m ² kapalı alana sahip yeni binasına taşınacaktır.
Ege Üniversitesi (Güneş Enerjisi Enstitüsü)	Organik FV (OFV), laminasyon, sistem kurulumu	Türkiye’nin güneş enerjisi alanında kurulan ilk enstitüsüdür. Güneş enerjisi kapsamında ana faaliyet alanı organik FV. Bu teknoloji, geniş çaplı enerji uygulamaları için uygun değildir.
Muğla Üniversitesi (Temiz Enerji Kaynakları Ar-Ge Merkezi)		Türkiye’de ilk binaya entegre sistemleri üniversite kampüsünde kuruldu. Daha çok uygulama ağırlıklı bir merkezdir.
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi (Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi)	Heteroeklem Si güneş hücreleri	Heteroeklem Güneş Hücresi üretimi için cihaz sistemi mevcuttur
İTÜ (Enerji Enstitüsü)	Organik FV (OFV)	İTÜ Enerji Enstitüsü, OFV alanına odaklanmıştır
TÜBİTAK	MAM Malzeme Enstitüsü	Heteroeklem Si güneş hücreleri, OFV
	MAM Enerji Enstitüsü	Invertör (evirici) teknolojisi, Li-iyon batarya
	UME	FV performans test merkezi
Anadolu Üniversitesi (Nanoboyut Araştırma Laboratuvarı)	Çok eklemlili (multijunction) GaAs tabanlı hücre geliştirilmesi	Molecular Beam Epitaxy (MBE) sistemi mevcuttur. Temel araştırma yapmak mümkün, ancak endüstriyel üretim çoğunlukla MO-CVD sistemleri ile yapılmaktadır.
Gazi Üniversitesi (Fotonik Araştırma Merkezi)		MBE sistemi mevcuttur. İMECE projesi yapılmaktadır.
Yaşar Üniversitesi (Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü)	Binaya Entegre FV (BEFV) Sistemler	Avrupa Komisyonu (7. Çerçeve) REELCOOP projesi kapsamında gerçekleştirilen, Türkiye’de bir üniversitenin binasına kurulan 7,4 kW gücünde ilk BEFV sistemi 8 Şubat 2016 tarihinden beri başarılı olarak işletilmektedir.

Kaynak: [12]

7. MİLGES PROJESİ VE SONUÇLARI

Milli Güneş Enerji Santrali Geliştirme (MİLGES) Projesi ile ülkemizde teknolojisini geliştirdiğimiz güneş enerji santrali (GES) ana bileşenlerinin yerli olarak üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda üniversite, kamu Ar-Ge kurumu ve özel sektör bir araya gelerek, FV hücre ve evirici geliştirilmiş, sonrasında bunların üretimi için gerekli altyapılar oluşturularak seri üretimleri amaçlanmıştır. İlk üretilen ürünler ile 10 MW kapasiteli bir GES kurulması planlanmıştır. MİLGES projesinin 2018 sonu itibarıyla tamamlanması öngörülmüştür. Ceylanpınar TİGEM çiftliğinde kurulacak santral, ülkemizde kurulacak GES’lerin yerli imkanlarla yapımına örnek teşkil edecektir. Aşağıda, bu proje, değişik yönleriyle kısaca ele alınacaktır [22]:

26. Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) kararı ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretimin Yerli Teknolojiler ile Gerçekleştirilmesi” kararı alınmıştır. Bu karar doğrultusunda TÜBİTAK KAMAG “Milli Güneş Enerji Teknolojileri Geliştirilmesi – MİLGES” proje çağrısı açmıştır. Bu çağrıya ODTÜ GÜNAM,

TÜBİTAK MAM ve Bereket Enerji Üretim A.Ş. bir konsorsiyum olarak teklif vermiş ve 2015 yılı başında sözleşmesi imzalanarak proje başlamıştır. Bu kapsamda,

- En az %18 verimli FV güneş hücresi tasarımı,
- FV güneş hücresi seri üretim altyapısı kurulması,
- 10 MW FV hücre üretimi,
- FV güneş paneli seri üretim altyapısı kurulması,
- 10 MW panel üretimi,
- %97 verimli 1 MW güneş evirici tasarımı,
- 10 adet 1 MW evirici üretimi,
- GES SCADA sistemi geliştirilmesi ve
- Ceylanpınar TİGEM çiftliğinde 10 MW GES kurulması gerçekleştirilecektir.

Projenin geliştirme süreçleri şöyle olacaktır: MİLGES projesi, ülkemizde güneş enerji santrali ekipman ihtiyaçlarını milli olarak geliştirmek ve üretmek amacıyla başlatılmıştır. Bu amaçla TÜBİTAK 1007 programı tarafından desteklenmektedir. Projenin çıktılarında öncelikle faydalanan kamu kurumları Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım İşletmeleri

Genel Müdürlüğü (TİGEM) ve Enerji Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) dür. Proje çıktılarından faydalanacak TİGEM ve YEGM, 1007 programı gereği, proje sonrası uygulama planı taahhüdünde bulunarak proje çıktıları yaygınlaştırma planlarını yapmışlardır. MİLGES projesi ODTÜ GÜNAM, TÜBİTAK MAM ve Bereket Enerji Üretim A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. Her kuruluş kendi yapacakları işleri bir alt proje dâhilinde yerine getirmek üzere proje yürütücüsü kuruluş olarak tanımlanmıştır. Ayrıca KAMAG'a karşı projenin tamamından sorumlu proje yöneticisi kuruluş TÜBİTAK MAM'dır.

YEKA süreçleri aşağıdaki şekilde olacaktır: Yönetmelikteki (Resmi Gazete Tarihi: 09.10.2016 Resmi Gazete Sayısı: 29852) tanımına göre YEKA, “kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlar üzerinde kurulacak büyük ölçekli kaynak alanları”dır. Yönetmeliğe göre bu alanlar YEGM tarafından YEKA amaçlı bağlantı kapasite tahsisi olarak iki şekilde geliştirilebilecektir. İlk yöntemde YEGM, elindeki haritaları, ışıma miktarı ve sürelerine ilişkin teknik değerlendirmeleri uzmanları vasıtasıyla değerlendirecek ve gerekli izin/onay prosedürü sonrasında netleştirilen saha için uygulama yapılabilir. İkinci yöntem olan bağlantı kapasite tahsisi yönteminde ise bağlantı ihalesi sonrasında daha hızlı bir yatırım süreci öngörülmektedir. Bu kapsamda enerji üretecek firmaya,

- Ücretsiz yer tahsisi yapılır.
- Ulusal şebekeye bağlantı izni (lisans) verilir.

İlk YEKA uygulaması olarak Karapınar, Karaman ve Niğde bölgeleri, GES'ler için tahsis edilmesi değerlendirilen sahalardır. YEGM ve Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (BSTB) tarafından yürütülen konu çalışmalar sonucunda YEKA Yönetmeliğinin son hali 9 Ekim 2016 tarihinde verilmiştir. Yönetmelikte belirtilen Karapınar yarışma ilanı ise 20 Ekim 2016 tarihi itibarıyla yayımlanmıştır.

20 Mart 2017 tarihinde yapılan ihale sonucunda Kalayoncu-Hanwha Q Cells Grubu Konya'nın Karapınar bölgesinde 1 000 MW gücünde güneş enerjisi santrali inşa etme ve bu santralde üretilecek elektriği 15 yıl boyunca kilovat-saat başına 6,99 ABD Dolar-sent fiyat üzerinden satma hakkı ve 30 yıl kullanım hakkı elde etmiştir. Şartnameye göre, konsorsiyumun Türkiye'de güneş modüllerinin tüm bileşenlerini kapsayacak şekilde yıllık en az 500 MW üretim kapasitesine sahip olması ve yüzde 80 oranında Türk mühendislerin çalıştığı bir Ar-Ge merkezi kurması gerekmektedir.

Türkiye'nin yıllık ekonomik güneş enerji potansiyeli 380 milyar kWh'dir. Bu potansiyel, yıllık enerji tüketiminin yaklaşık 1,5 katıdır. Enerji üretimi için ithal edilen hammadde bedeli ise yaklaşık 30 milyar dolardır. Yenilenebilir enerjinin kullanılması adına özellikle güneş enerjisinden en yüksek seviyede yararlanabilmek için bu projenin bir an önce tamamlanarak, daha sonra yapılacak olan tüm GES'lerde bu ürünlerin kullanılması hem yerli sanayi için büyük bir katkı sağlayacak hem de önümüzdeki yıllarda hızla büyüyecek pazar için öncü olacaktır.

Bunun yanı sıra, Kavruk [7] tarafından, YEKA ile ilgili olarak aşağıdaki önemli hususlar vurgulanmıştır:

- Ülkemizde kaynak alanı olarak belirlenmesi için üzerinde çalışılacak geniş bir coğrafyaya ve yüksek bir potansiyele sahip olduğumuz görülmüştür.
- YEKA yöntemi ile ülkenin en yüksek kaynak potansiyeline sahip olduğu yerler daha etkin kullanılabilir.
- Kaynak alanı belirleme yöntemi ile çevreye daha duyarlı projeler geliştirilecektir.
- YEKA yönteminde, elektrik üretim maliyetinin en düşük olduğu ekonomik projelerin öncelikli olarak hayata geçirilmesi esası kamu ve özel sektör açısından kazançlı yatırımların ortaya çıkarılmasına katkı sağlayacaktır.
- YEKA yöntemi ile sektördeki gerçek yatırımcı ile lisans ticareti yapan kişiler ayırt edilebilecektir.
- Ülkemizde 6-7 sene olan tesisin işletmeye girme süresi, YEKA ile 2-3 seneye inecektir.
- Kısa sürede yüksek güçlere ulaşılarak 2023 hedeflerimizin sağlanmasına önemli katkılarda bulunulacaktır.

8. GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ VE ÇALIŞTAYI PANELİ

Türkiye'nin Güneş enerji potansiyelinin maksimum düzeyde kullanılmasını amaçlayan panelde öğretim üyeleri ve katılımcılar tarafından birçok fikir ortaya atılmıştır. Türkiye'nin en önemli problemlerinden birinin enerji olduğunun altını çizerek konuşmasına başlayan Prof. Dinçer, TÜBA-Enerji Çalışma Grubu olarak, düzenlenen çalıştaylar konusunda en önemli motivasyonlarının konu hakkında sorunlara çözüm üretmek olduğunu belirtti ve “Türkiye'nin en büyük cari açığını oluşturan kalemlerden biri enerjidir. İthalatımız 307,4 milyar dolar ve yaklaşık 70 milyar dolar enerji ve enerji kalemlerine gidiyor. Enerji bilim ve teknolojileri boyutunda da inanılmaz hızlı değişimler söz konusu; hem bilim ve teknolojide gerekli katkıyı

sağlamak hem de ülkemizde faydalı olabilecek çözüm politikaları oluşturmak konusunda TÜBA'nın sorumluluğu çok büyük. Bu bağlamda Akademi, Türkiye'nin ihtiyaçlarını karşılayabilecek bilgi platformlarını oluşturmak üzere "TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştay ve Paneli"ni düzenledi. Dolayısıyla bizler sorumluluğumuzun farkındayız. TÜBA Başkanımıza da desteklerinden dolayı çok teşekkür ediyoruz. Bu ve bundan sonraki çalışmalarımızın ardından ortaya çıkan sonuçlara yönelik raporlarımızı hazırlayacağız ve diğer farklı yayınlarımızla enerji politikalarına katkı sağlayacağız." dedi. Bu bölümde, panelde tartışılan konular ve ortaya çıkan sonuçlar aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

a) Güneş Enerjisi Lisanslama, Üretim, Dağıtım ile Teknik Düzenlemelere Dair Politikalar ve Stratejiler:

Türkiye güneş enerjisi çalışmalarına Avrupa ve ABD'nin gerisinde başladı, ancak Ülkemizdeki enerji politikası iyi bir şekilde devam ediyor. Güneş enerjisi konusunda fasılalı da, kontrollü de gidilse süreç ilerliyor. İki sene önce Türkiye'nin kurulu gücü 3-5 MW idi ama şimdi 1500-1600 MW'lara ulaştı. Bu da sistemin işlediğini ve ilerlediğini gösteriyor.

Ülkemiz enerji üretimi politikalarının odağında yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından azami faydalanma amacı önceliklidir ve dışa bağımlılığın azaltılması, arz güvenliğinin temini, enerji üretiminden kaynaklanan çevresel bozulmaların azaltılması olarak sıralanabilecek temel politika hedeflerinin birer alt uygulamasıdır. Karapınar YEKA ihalesi, Niğde Bor'un GES YEKA ilan edilmesi, 1000 MW'lık rüzgâr YEKA yarışmasının yolda olması, alınan 3000 MW'lık RES başvuruları ve alınacak olan 2000 MW'lık RES başvuruları bu alana verilen değer önemli göstergeleridir. Sadece bunlarla sınırlı kalmayıp biyokütle ve jeotermal enerji santrallerinin her geçen ülkemizde yaygınlaştırılması, lisanssız elektrik üretimi kapsamında neredeyse tamamına yakını GES'lerden müteşekkil 7000 MW'a yakın kapasitenin çağrı mektupları yoluyla tahsis edilmiş olması da bu politikalara verilen önemi alenen göstermektedir. Geline nokta güneş enerjisine dayalı 1165 MW'lık tesisin işletmede olduğu görülmektedir. Dışarıdan bakıldığında lisanslı projelerle birlikte tahsis edilen GES kapasitesi 7500 MW; işletmedeki güç 1165 MW'dir. Bu nedenle politikaların belirlenmesi ve bu kapsamda düzenlemelerin geliştirilmesinin ötesinde taraflara düşen sorumlulukların daha iyi şekilde anlaşılması ve yerine getirilmesi gereği açıkça görülmektedir. Güneş enerjisi pahalı bir enerjidir. Bunun sebebi yüksek sistem maliyeti ve düşük kapasite faktörüdür. Son 10 yılda yaşanan ciddi maliyet düşüşü bile bu duruma

engel olamamıştır. Ancak FV teknolojisinin gelişimi sayesinde artan verimlilik ve düşen maliyetler; yakın zamanda pek çok lokasyonda başa-baş noktasının sağlanacağı yönünde sinyaller vermektedir.

Yine bazı çalışmalarda enerji verimliliği çerçevesinde harcanan birim ekonomik kaynağın, GES sistemlerine harcanan kaynaklara kıyasla dışa bağımlılığın azaltılmasında daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çin 80 GW, Almanya 40 GW, Japonya 40 GW'lık GES kapasitelerini yerli sanayinin de gelişimi yoluyla hem enerji üretiminden kazanç elde etmek hem de bu teknolojilerin ticareti sayesinde ülke olarak gelir elde etmek için kurdular. Güneş enerjisinde birim kWh için ödenen 13,3 dolar cent bedelin bu teknolojilerin ülkemiz portföyüne kazandırılmasına verilen önemi alenen göstermektedir. Neredeyse hiçbir yatırım alanında görülmeyen 5-6 yıllık geri ödeme süreleri bu rakamlar sayesinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan yerli ürün kullanımına verilen destekler, lisans yönetmeliğinin 60'ıncı maddesi kapsamında sağlanan Ar-Ge izinleri de yerli üretime verilen önemi göstermektedir. Karapınar YEKA kapsamında ihale bedeli kWh başına 6,99 dolar sent olarak gerçekleşti. Bu nedenle YEKA'lar, ülkemiz politikaları çerçevesinde isabetli projeler olmuş, yerli yenilenebilir kaynak kullanımının yerli üretimden piyasa fiyatlarına yakın düzeyde sağlanması mümkün kılınmıştır. İlerleyen süreçlerde YEKA'ların giderek artmasını, YEKA yarışmaları kapsamında yerlilik oranlarının %70 seviyesinden %100'e çıkarılmasını, bunun yanında piyasa çeşitliliğinin sağlanması açısından lisanslı ve lisanssız projelere ilişkin başvuruların alınmasının da düzenli bir şekilde devam etmesinin de faydalı olacağı düşünülmektedir.

Tüm bu anlatılan hususların sonucu olarak,

- Güneş enerjisine dayalı elektrik üretiminin yaygınlaşması noktasında tek bir bakış açısının belirlenmesinin, kamu kaynaklarının agresif bir tutumla farklı yollardan ülke dışına çıkmasının doğru olmayacağı,
- Ar-Ge faaliyetlerinin ve buna bağlı olarak yerli sanayimizin giderek gelişmesi gerektiği, kapasite kurulumlarının da bu gelişmelere paralel olarak artırılmasının uygulanacak en doğru politika olduğu görülmektedir.

17 Mayıs 2005 yılında 5348 Sayılı YEK ile Yenilenebilir Enerji yolu açılmış olup uzun yıllar sonra ancak 8 Ocak 2011 6094 Sayılı kanun ile uygulanabilir noktaya gelinmiştir. Bugün itibarıyla; lisanssız enerji üretiminde kabulü yapılan 1500'den fazla Güneş Enerji Santral gücü olarak 1300 MW'yi aşmış durumdadır. İnşa halinde yaklaşık 700 MW civarında olup 2017

yılsonu itibarıyla 2 GW kurulu güce ulaşacağımız beklenmektedir. Ülkemizde EDAŞ'lara yapılan lisanssız başvuru 7 GW civarında olup TEDAŞ Proje başvurusu 6 GW, onaylanan proje ise 4 GW civarındadır. Önümüzdeki 2-3 yıl içinde lisanssız yatırımlarda 3-4 GW kurulum hedefi göstermektedir. 2015 yılında yarışması tamamlanan lisanslı 600 MW'lık Güneş enerji yatırımlarından 2016 yılı içinde 20 MW kurulum yapılmıştır. Maalesef lisanslı yatırımlarda arz talep nedeniyle oluşan yarışma sonucu ekonomik olmayan bir durum meydana gelmiş olup kamunun bu konuyu bir şekilde çözüme kavuşturması sektörümüz için önem arz etmektedir. Güneş enerjisinin geleceğine yön verecek en önemli dönüm noktası ise, YEKA (Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları) ile Güneş Enerji İhtisas (Konya, Nevşehir-Niğde) Bölgeleri ile yeni açıklanacak alanlar olacaktır. Yatırım şartı olarak 'yerli ürün' maddesini, ülkemizde teknolojik yatırımların yapılması ve Ar-Ge çalışma şartı getirilerek ilk 1000 MW güneş santral ihalesi yapılması, Dünya'da 2017 yılının sektörümüzdeki en önemli olayıdır.

b) Güneş Enerjisiyle İlgili Yasal Düzenlemeler:

YEGEM öncü rol üstleniyor, tabi ki düzenlemeler yapılırken sektörün görüşlerini almakta ve bu görüşlere önem vermekteyiz. Ancak farklı kanunlarla veya diğer mevzuatla kısıtlanan alanlarda; aksi yönde düzenlemelere yer verilmesi söz konusu dahi olmamaktadır. Bu nedenle yasal düzenlemelere ilişkin sektör beklentilerinin yoğun bir şekilde politika belirleyici ve kanun koyucuya yansıtılması ve anlatılması gerektiğini de düşünülmektedir. Örnek olarak çatı kurulumlarına yönelik olarak yapı ruhsatı muafiyeti getiren Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin 59'uncu maddesinin çıkarılmasına ilişkin GÜNDER Şirketi'nin bilgilendirme mailinde gördüğüm üzere dernek tarafından önemli girişimlerde bulunulduğu, emek sarf edildiği ifade edilmektedir. Bunun için derneklerimize öncelikle teşekkür etmek isterim. Ancak bu konuda EPDK olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile görüşmeler yaptığımız ve tüketicilere gereken kolaylığı sağlanması için girişimlerde bulunduğumuzu ifade etmek durumundayım. Benzer şekilde çatı uygulamaları özelinde vergilendirme ve faturalandırma hususunda tüketicilere kolaylık sağlanması, proje onaylarının daha düşük bedellerle daha hızlı bir şekilde yapılabilmesi hususlarında da gerekli girişimlerde bulunmaktayız. Bu amaç doğrultusunda gereken düzenlemelerin yapılmasının yanında piyasada yer almak isteyen taraflara gereken kolaylığın sağlanması önemlidir. Her geçen gün gelişme ivmesi artan GES (Güneş Enerji Santrali) yatırımları ve bu sektörün doğru ve ülke menfaatlerimiz doğrultusunda büyümesini sağlamak için, kamunun doğru kararlar alması ve enerji alt yapı sorunlarını bitirmesi gerekmektedir. Maalesef

Güneş enerjisindeki yatırımlar arzu edilen seviyeye gözükmemektedir. Kamunun, üniversitelerin ve sivil toplum örgütlerinin yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve yatırımların yapılması için birlik içinde olmalıdır.

c) Güneş Enerjisinden Üretilen Elektrikğin Satın Alınması/Ücretlendirilme Mekanizması:

Ücretlendirmeye bakıldığında 13,3 dolar sent yeterli, oldukça iyi bir rakam. Bu konuyu ışımayla birlikte değerlendirdiğimizde potansiyel yüksek ve üretim fazla olduğundan, yani ışıma yüksek olduğundan fiyatlarda bir miktar esneme bile olabilir. Ortadoğu'da, ABD'de yapılan ihaleler ile solar sistem fiyatları rekabet edebilir fiyatlara indi. Artık direkt alım garantisi olmasa bile, istihdama yönelik teşvikler, KDV indirimleri, SGK primine yönelik teşvikler gibi yan destekler ile bu teknoloji bir süre sonra hiçbir desteğe gerek kalmadan kendini şebeke fiyatlarıyla sürdürülebilir noktaya getirecektir. Bu noktaya doğru gitmeye başlandı.

YEKA ihale sonucunu da göz önünde bulundurursak fiyatların aşağı yönde güncellenmesi ötesinde rüzgâr yarışmalarının sonuçları da bu yönde sinyaller vermektedir. Başta belirli portföy kapasitesi edinimi için belirlenen bu fiyatların giderek piyasa fiyatlarına yakınsaması ve teşviklerden arındırılması gereklidir. Örnek ülkelerin uygulamalarını incelediğimde gördüğüm hususlardan birisi dinamik bir teşvik mekanizmasının varlığıdır. Bu sayede piyasa üzerindeki düzenleyici etki güçlenmekte ve hedeflere ulaşılması noktasında teşvikler birer manevra aracı olarak kullanılabilir. Bu duruma örnek olarak 2005 tarihinde yayımlanan YEK Kanununda alım garantisi bedeli kaynak ayrımı olmaksızın 5,5 Euro cent/kWh olarak belirlenmiş; rüzgâr ve hidrolik kaynakların kullanımında sağlanan artışa rağmen belirlenen teşvik fiyatı; başta güneş enerjisi olmak üzere diğer yenilenebilir kaynaklar için yeterli olmadığından bu alanlarda beklenen gelişmeler sağlanamamıştır. Bu nedenle 2010 yılında kaynak bazında teşvik mekanizması geliştirilmiş ve günümüzde kullanılan YEKDEM bedelleri uygulamaya konulmuştur.

İlk alım garantisindeki 0,133\$/kW fiyatın üzerinde yerli ürün katkısı lisanssız yatırımlarda kalmış olmasına rağmen, yatırım fiyatlarındaki düşme nedeniyle 2017 yılının 2. yarısından sonra ivme kazanmıştır. YEKA ihalesi 0,07\$/kW ile yapıldığına göre, 2020 yılının sonuna kadar devam edecek alım garantisi cazip gözükmemektedir.

d) Güneş Enerjisine Yapılan Yatırımlar ve Teşvikler:

Milli enerji politikasına bakıldığında güneş enerjisi bu politika kapsamında en fazla faydalanabilecek

enerji kaynaklarından bir tanesidir. Gereken kaynakların tam olarak edinildiği söyleyemese de tarife üzerinden ek destekler verilmektedir. Ek destekler yerine üretimi yapan firmalara vergi istisnasına, çalışan işçinin maliyetine ve ihracata yönelik destekler, Turquality programları vb. destekler doğrudan verilirse ürettiğimiz ürün yurt dışında rekabet edebilir koşullarda üretilip, ürünün ihracatı yapılabilir.

Yerli üretim yapan şirketlere, üretim tesislerine yönelik destekler yatırımcıya ve tüketiciye avantaj sağlamakta ve lisanssız projelerin katlandığı bedellerin yanında, lisanslı projelerde yarışmalarda ödenen katkı payı tutarlarına rağmen YEKDEM tercih edilmektedir. Ayrıca yatırımcı ve finansman kuruluşları açısından bakıldığında teşvikin dolar kuru üzerinden uygulanması da olası kur risklerine karşı sigorta görevi görmektedir. Bu noktada, piyasanın albenisine istatistik bir örnek de vermek istiyorum. 2013 Haziranında alınan lisanslı GES başvuruları için 600 MW kapasite belirlenmiştir. Bu kapsamda yapılan başvuru gücü ise bu kapasitenin neredeyse 14 katıdır. Yani her bir MW için 14 MW'lık başvuru yapılmıştır. Yine lisanssız GES'lere olan ilgi de hepinizin malumudur. YEKDEM bedellerinin ötesine geçelim. Teşvik uygulamaları sadece alım garantisi modeli ile sınırlı değildir. Yatırım dönemi teşvikleri de dünyada GES'lerin yaygınlaşmasında son derece etkili olmuştur. Pek çok akademik çalışmada ifade edildiği üzere yatırımların yaygınlaşmasının önündeki temel engellerden birisi ilk kurulum maliyetlerinin yüksekliğidir. Bu noktada YEKDEM kapsamında sağlanan teşviklerin yatırım dönemine yansıtılması da tetikleyici bir etki oluşturacaktır.

Ayrıca İtalya'da tek başına yatırım döneminde uygulanan yüksek teşvik bedelleri, süreç içerisinde gerçekleşen bakım onarım gereksinimlerine çatı sahiplerinin duyarlı kalmasını sağlayamamış ve bu nedenle pek çok yatırım atıl hale gelmiştir. Yatırımların yaygınlaşması için dünya genelinde pek çok iş modeli uygulanmaktadır. Bu modeller çatı kiralama, PPA olarak ifade edilen enerji satın alma sözleşmeleri, solar leasing modeli, toplulaştırma ve buna benzer çeşitli iş modelleri olarak sıralanabilir ve çeşitliliği artırılabilir. Bu yatırım finansman modelleri sayesinde çatısı; üretime uygun olmayan tüketicilerin, başka çatılara yatırım yapmak isteyen yatırımcıların yatırım yapmaları ve çatısına sistem kurulumundan imtina eden tüketicilerin çatılarının atıl kalmasının engellenmesi sağlanabilecektir. Sayılan uygulamalar GES'lerin cazip hale getirilmesi noktasında etkili olmuştur. Ancak tüm bu uygulamalar çeşitli mevzuat güncellemeleri gerektirmektedir. Piyasanın yönelimine ve yerli sanayide gerçekleşmesi öngörülen gelişmelere göre bu hususlar da kanun koyucuların ajandasında yerini alacaktır.

Gerekli iyileştirilmelerin yapılması noktasında dünyada gerçekleştirilen uygulamalar kurumumuz tarafından yakından takip edilmekte ve bu alanlara yönelik çalışmalar aralıksız devam etmektedir. Önümüzde 20-25 yıl bu sektörün Ülkemizde var olacağı inancıyla üretimden, yatırıma kadar her konuda fırsatlar vardır. Ülkemiz olarak bu durumu korumamız gerekmektedir. Kendi insanımıza, sanayicimize, kaliteli olmak şartıyla üretilen ürünlerimize güvenmemiz gerekmektedir, bu üretimden kullanıma kadar olan zincirde her türlü girişimciye yer vardır. Sanayi üniversite işbirliği ile yeni mezun mühendislerimize yeni iş alanları olması ve teknoparklarda Ar-Ge çalışması ile sektörün gelişiminde büyük fırsatlar vardır. Önümüzdeki dönemde solar sektörünün, farklı uygulamalar ile ülkemizdeki önemli bir sektör olacağı aşikardır.

e) Güneş Enerjisi Üzerine Yapılan Araştırma, Yenilikçilik (İnovasyon) ve Teknoloji Geliştirme Çalışmaları:

Son olarak, YEKA ihalesinde 10 yıl boyunca çeşitli konularda Ar-Ge çalışması yapmayı kapsayan bir şart bulunmakta, kamunun da içinde olduğu bir ekip ile teknoloji üretme zorunluluğu getirildi. Bu kapsamda güneş enerjisi sektöründe zaten Ar-Ge çalışmalarının en hızlı hayata geçtiği sektörlerden biri olan Türkiye'ye baktığımızda küçük boyutludan büyük boyutluya giden fazla sayıda dağınık üretim tesisleri mevcuttur ancak her birinin ayrı teknolojiler üzerine çalışması ve Ar-Ge yapması mümkün değildir. Kamu kuruluşlarından birinin üstleneceği, her bir şirketin de katkı yapacağı bir merkez kurulursa, Türkiye'de üretilmeyen ürünün yerleştirilmesi amacıyla dünyayla bu konuda rekabet edip, patent alma kapasitesi önemli ölçüde artırılabilir. Sadece yine araştırmalarım kapsamında görülen birkaç temel nokta: Ar-Ge ve sanayide en önemli unsurlardan birisinin nitelikli insan kaynağı olduğu ve bu insan kaynağının gerek yerli eğitim imkânlarının geliştirilmesi ile birlikte deneyimli personelin ülkemize getirilmesi yoluyla sağlanmasının gerektiğidir.

Teknokentler ve üniversiteler bünyesinde yer alan laboratuvar imkânlarının genişletilmesi ve bu laboratuvarların, bu alanda çalışmak isteyen yetkin kişilerce kullanımına izin verilmesi gerektiği, Ar-Ge konusunda stratejik işbirliklerinin önemli olduğu, bu işbirliklerinin gerek ülkemiz içerisinde kamu-özel sektör arasında; gerekse uluslararası ölçekte tesis edilmesi gerektiği, Ar-Ge yatırımlarının sonuçlarının garanti edilememesi nedeniyle Ar-Ge süreçlerinin amacına uygun olarak yürütüldüğünün denetlenmesi ve sanayi ve Ar-Ge kuruluşlarının yakın temas içerisinde hareket etmesi gerektiği gibi temel hususlar yer almaktadır. Güneş enerjisi ile ilgili konularda, bilim ve teknolojinin geliştirilmesi, araştırma ve geliştirmenin

özendirilmesi, güneş enerjisinin yaygın kullanımının teşvik edilmesi, güneş enerjisi ile ilgili alanlarda bilgilendirilmenin ve farkındalığın artması, eğitimin özendirilmesi gibi konularda faaliyetlerde bulunulmalı, güneş enerjisi sistemlerinin üretimi ve uygulamalarının yaygınlaştırılması yönünde çalışmalar yapılmalı, sektörel gelişim ve bilgilendirme toplantıları, çeşitli sempozyum, çalıştay, kongreler yapılarak güneş enerjisi ile ilgili farkındalığın artması ve bu konudaki çabaların etkili hale gelmesi sağlanmalıdır. Bu konuda devletin sunduğu ve yatırımcıya sağlayacağı faydalar net bir şekilde açıklanmalıdır. Özellikle Batı Avrupa'nın bu konuda ne kadar ileride olduğunu, güneş açısından zengin bir ülke olan Türkiye'de bu sistemin hem ucuz hem de temiz enerji yönünden ne kadar önemli olduğunun önemine dikkat edilmesi gerekir.

f) Panelde Ortaya Çıkan Çözüm ve Politika Önerileri:

Güneş enerjisi konusunda Türkiye'nin bir milli stratejisinin oluşması gereklidir, eğer milli bir strateji olursa, belirli konu başlıkları belirlenip, planlı bir şekilde hareket edilebilir. İçinde yerli üretimi oluşturacağımız lisanslı pazarı, lisanslı pazarın büyüklüğünü, teknolojilerini yerleştireceğimiz ürünleri, 50 yıl sonra neleri üretiyor, neleri tedarik ediyor olmamız gerektiğini, rekabette piyasa üst limitimiz ne olmalı gibi başlıkları bir stratejide özetleyip o stratejiyi taktiklere bölerek ilerlemek gereklidir. Özel sektörde Türkiye'de oldukça dinamik, dünyanın her yeriyle bağlantılı olan firmalar var, oradaki teknolojiyi getirip, bu stratejinin oluşmasında katkıda bulunurlarsa bunun çok faydası olacaktır. Kamunun oluşturacağı, özel sektörden destek alacağı ve istişare yapabileceği bir stratejimiz olursa daha planlı oluruz. Hem sektör oyuncuları hem yatırımcılar hem de pazar bu stratejiye bakarak önünü daha rahat görecektir. Oldukça canlı ve teknolojinin gelişmesi sebebiyle sürekli değişmelerin yaşandığı bir sektördeyiz. Kamu tarafında binden fazla kurumun katkısı bulunmakta, belki de aralarından birinin başkanlık edeceği bir strateji çalışması ve bu çalışmaya özel sektörün katkısıyla bu hedefe ulaşılabilir. Bu kapsamda GES kullanımına kademeli bir geçiş sürecinin temin edilmesinin yerinde olacağı, Kamu kaynaklarından, azami faydanın sağlanması noktasında YEKA'lar gibi projelerin ülkemiz açısından faydalı olacağı ve artırılması gerektiği, diğer taraftan piyasa çeşitliliğinin sağlanması adına lisanslı ve lisanssız başvuru alımlarının devam etmesinin gerektiği, Ar-Ge faaliyetlerinin ve yerli sanayinin güçlendirilmesi için gereken yatırımların sağlanmasının ve tarafların ülkeye sağlanacak katkı bilinciyle üzerine düşen sorumlulukları azami ölçüde yerine getirmesinin gerektiği ortadadır. Ölçek ekonomisi avantajlarının dışında kalsa da çatı uygulamalarının yerinde tüketim dolayısıyla

şebeke yatırımlarını azaltılması, tüketicileri yerli üretim mekanizmasına dahil etmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttıracak olması, enerjinin verimli kullanılması yönünde bilinç oluşturmaya gibi pek çok avantajları nedeniyle kontrollü ve kademeli şekilde yaygınlaştırılması gereklidir. Yine bu uygulamalarda da kısıtlı kaynaklardan maksimum kazancın sağlanması için potansiyel analizlerinin mikro ölçekte yapılmasının gerekeceği, çatı uygulamalarının üretim değerlerinin yüksek olduğu ve tüketimin üretimle eş zamanlı gerçekleştiği bölgelerden başlamak suretiyle yaygınlaştırılması gerektiği, düzenlemelere gelince piyasa katılımcılarının işleri yürütmesi noktasında herkesin üzerine düşen sorumlulukları yerine getirmesi büyük önem arz etmektedir. Güneş'te 2023 yılında 15-20 GW kurulu güce ulaşarak, enerji tüketiminin %5'inin karşılanması milli hedef olmalıdır. Bu sonuç itibarıyla, ülkemizin enerji ihtiyacının karşılanması için önümüzdeki 10-15 yıl içinde güneş enerjisi yatırımlarına 15-20 milyar dolar yatırım yapılması beklenmektedir.

Bu düşünceler doğrultusunda aşağıdaki eylemlerin yapılması faydalı olacaktır.

Tarım ve sulama alanı: Tarımsal sulama ve işletmelerde en büyük sorun enerjidir, sulama kooperatifleri desteklenerek bu alanda kurulacak GES'ler tarım sektörüne ve ülkemiz çiftçisine ciddi katkılar verecektir. Bireysel çiftçilerin sulama pompalarındaki enerji maliyeti nedeniyle tarım çiftçisi dar boğazda olup bu konuda verilecek destek ülke ekonomisine zincirleme katkı verecektir. Kayıtlı sulama amaçlı pompaların %10 fazlası ile kurulacak hibeli GES sistemlerinin yılda bir sefer mahsuplaşması ve kamunun fazla enerjiye ödeme yapmaması şeklindeki uygulama ile ülkemizdeki çiftçilerin faydalanması ve kayıt altına alınması sağlanmalıdır.

Çatı uygulamaları alanında: TEDAŞ'ın çıkardığı 10kW altı taslak yönetmelik olumlu yenilikler getirirse de uygulanabilir değildir. 2 ila 10 kW bir sistem için bürokratik işlem nedeniyle uygulanması zorlaşmaktadır. Bireysel çatıların, 10 kW ya kadar bağlanmalarda elektrik mühendisi onayı ile gerçekleşmesi ve TEDAŞ tarafından kabulü bu tür yapılarda öz tüketim kullanımının önünü açacaktır.

Kobi işletme çatıları alanında: 50-100 kW ya kadar küçük işletmeler, petrol istasyonları, yazlık ve diğer siteler, toplu konutlar, sosyal amaçlı binalarda solar enerjinin kullanımının artması sektöre ciddi bir ivme sağlayacaktır. Bu alanlardaki TİP proje onayında EMO, İMO ve TEDAŞ ile koordineli bir yol haritası olabilir.

Büyük ve organize çatılar alanında: Organize sanayi bölgesi dışındaki sanayi ve çiftlik çatılarında çok rahatlıkla öz tüketime uygun ve tüketiminin belirli bir oran fazlası ile GES kurulumlarında ciddi artışlar sağlanabilir. Organize sanayi bölgelerinde kullanılan mevcut fiyat avantajı nedeniyle bu alanlara ayrı bir alım fiyatı vererek, bu yapılardaki çatıların ülke ekonomisine büyük katkısı olacaktır. Arazi geliştirme, enerji nakil hattı olmaması, güvenlik ve bakım nedeniyle bu alanlardaki kurulumlar daha avantajlı olacaktır.

Kamu yatırımları alanında: Belediyeler başta olmak üzere üniversiteler, hastaneler ve diğer kamu binalarının yanında DSİ gibi kurumların solar enerji yatırımlarında öncelik yapmalarının sektörün gelişimi ve ülke ekonomisine katkısı olacaktır.

Bütün bunların ışığı altında bir ülkenin enerji bağımsızlığını elde edebilmiş sürdürebilir bir enerji politikası yoksa o ülke ciddi sorunlar içinde demektir. Cari açığın en önemli nedeni olan enerji kaynaklı ithalatımızın bir an önce azaltılması, ülkemizin enerji güvenliği ve bağımsızlığı için her türlü yerli ve yenilenebilir kaynaklarının kullanılması çok önemlidir. Yatırım olarak geri kaldığımız güneş, rüzgâr, jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırımı ve işletmeye alınmaları ülke ekonomisine ciddi kaynak yaratacaktır. Detaylar panelde yapılmış sunumlarda görülebilir [23, 24, 25].

9. SONUÇLAR

Özellikle son yıllarda ülkemiz güneş enerjisi sektöründe büyük yatırımlar yapılmakta ve sektörün iyileştirilmesi adına da çok yönlü çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Önümüzdeki yıllarda kademeli olarak kapasite artırılacak olup, gelinecek noktada güneş enerjisine dayalı 1165 MW'lık tesisin işletmede olduğu ve lisanslı projelerle birlikte tahsis edilen GES'lerin kapasitesi 7500 MW'dır. Bunun yanı sıra, Türk panel üreticilerinin ve buna paralel olarak sektörde istihdam edilenlerin sayısı günden güne artmaktadır. 2013 yılında, yılda 3 vardiya olarak, 100 MW kapasiteden, günümüzde 18'den fazla panel üreticisiyle, yılda 2300 MW kapasiteye ulaşmıştır.

Etkinlik çerçevesinde ele alınan ve tartışılan konular ışığında, aşağıdaki bulgular ve öneriler elde edilmiştir:

- Sürdürülebilir güneş enerjisi stratejileri; kısa, orta ve uzun vadede geliştirilmeli ve uygulamaya konulmalıdır. Bu çerçevede bunlara yönelik stratejik planlamalar yapılmalı ve yol haritaları ortaya çıkarılmalıdır.

- Güneş enerjisi kullanımının geliştirilmesi çalışmaları, salt elektrik açısından ele alınmalı, ısı uygulamaları ile birlikte bütünleşmiş ve çoklu sistemler şeklinde göz önüne alınmalıdır.
- Güneş ısı teknolojilerinin diğer yenilenebilir enerji teknolojileri (başta FV, biokütle ve jeotermal olmak üzere) ile birlikte, bütünleşmiş sistemler düşünülmeli ve çoklu üretime yönelik (birden fazla faydalı çıktı) uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır.
- Güneş ısı teknolojilerinin enerji verimli teknolojilerle (ısı pompası, kojenerasyon, trijenerasyon) birlikte bina ısıtma ve soğutmasında kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Güneş ısı teknolojilerinin, başta bölgesel ısıtma ve soğutma olmak üzere, şehir ve kent seviyesindeki büyük ölçekli uygulamalarda kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Güneş ısı teknolojilerinin akıllı ve sürdürülebilir endüstri-şehir uygulamalarına entegre edilebileceği destekleyici teknolojiler geliştirilmelidir.
- Salt FV sistemlerine odaklanılmaması ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) gibi diğer teknolojilere (yeni nesil teknolojilere) de odaklanılmalıdır.
- Güneş enerjisi sistemleri için mutlaka, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesine ve uygulamalarına yönelik çalışmalara hız verilmelidir.
- Güneş yakıtları (hidrojen, amonyak, metanol ve etanol olmak üzere) seçeneğinin geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmalıdır ve desteklenmelidir. Bu uygulama seçeneklerini ve fırsatlarını artıracaktır.
- Konut, ticari ve sanayi yapıları için çatı planları hazırlanmalıdır. Ortak çatı sistemleri geliştirilmelidir. Bu noktada çatı yönetmeliği düzenlenmeli ve belediyeler için içinden çekilmelidir.
- FV entegrasyonlu çatı modelleri geliştirilip uygulamaya sokulmalıdır. Bu konuda yasal olarak bağlayıcı olabilecek gereksinimler ve onayların sayısı (kısaca bürokrasi) azaltılmalıdır.
- Yatırımların yaygınlaşmasına yönelik değişik iş modelleri (çatı kiralama, PPA olarak ifade edilen enerji satın alma sözleşmeleri, solar leasing modeli, toplulaştırma vb.leri) kullanılmalıdır.
- Kullanıcılar, doğru tercihlerini yapmaları konusunda bilinçlendirilmelidir. Bu çerçevede sivil toplum örgütleri ve mediz işin içine çekilmelidir. Eğitim programlarında bu konu detaylı yer almalı ve bununla ilgili projeler verilmelidir.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayınlanan mevzuatlar, ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından EPDK'nın son düzenlemelerine göre revize edilmeli, hiçbir sürecin dina-

mik güneş sektörünü yavaşlatmasına izin verilmemelidir.

- Güneş sektöründe gerek Ar-Ge ve inovasyon sorumluluğu alan yatırımcı gerekse de kullanıcı yönünde teşvik mekanizmaları gözden geçirilmeli ve cazibesi artırılmalıdır.
- Güneş enerjisi teknolojileri konusunda nitelikli insan kaynağı geliştirilmelidir.
- Yeni binalarda belli bir yüzdede yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekliliği getirilerek, güneş enerjisi kullanımı yaygınlaşmalıdır.
- Ülkemizde güneş enerjisi üzerine yapılan araştırma, inovasyon ve teknoloji geliştirme çalışmaları daha etkin hale getirilmelidir.
- Mevcut sistemlerin daha verimli ve etkin kullanımına yönelik çalışmalar yapılmalı ve sistem iyileştirme, optimize etme ve uygulama imkânları sağlanmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına ve teknolojilerine öncelik verilmelidir.
- Aşağıdaki ana amaçlar her çalışmada esas alınmalıdır: - daha iyi bir verim - daha düşük bir maliyet - daha doğru bir kaynak kullanımı- daha iyi bir çevre - daha iyi bir sürdürülebilirlik - daha iyi bir enerji güvenliği.

TÜBA bünyesinde oluşturulan Enerji Çalışma Grubu, güneş enerjisiyle ilgili olarak yukarıda belirtilenler ve diğerleri konusunda, bir sonraki aşamada, detaylı bir raporlama ile sektörümüze ve kanun yapıcılara katkı sağlayacaktır. Bu çerçevede bu grup aynı zamanda bir düşünce kuruluşu faaliyeti görevini de icra edecektir.

10. KAYNAKLAR

- [1] International Energy Agency (IEA). Energy Technology Perspectives 2017- Catalysing Energy Technology Transformations. Executive Summary, OECD/IEA, 2017, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspective-s2017ExecutiveSummaryEnglishversion.pdf> (Eriřim Tarihi: 19.11.2017).
- [2] Chu, Y. Review and comparison of different solar energy technologies. Global Energy Network Institute, 52 Sayfa, Ağustos 2011, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.1641&rep=rep1&type=pdf> (Eriřim Tarihi: 19.11.2017).
- [3] Nastasi, B. ve Di Matteo, U. Solar energy technologies in Sustainable Energy Action Plans of Italian big cities. Energy Procedia, Cilt 101, Sayfa: 1064-1071, 2016.
- [4] Mussard, M. Solar energy under cold climatic conditions: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt: 74, Sayfa: 733-745, 2017.
- [5] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, Aralık 2014.
- [6] Melikoglu, M. Pumped hydroelectric energy storage: Analysing global development and assessing potential applications in Turkey based on Vision 2023 hydroelectricity wind and solar energy targets. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt 72, Sayfa: 146-153, 2017.
- [7] Kavruk, D. Yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA). Güneş Pillerinin Ülkemizde Üretilbilmesine Yönelik Etüt Çalışmaları Projesi Kapanış Paneli, KOP, Konya, 12 Ekim 2017.
- [8] C. Acar, I. Dincer ve C. Zamfirescu, "A review on selected heterogeneous photocatalysts for hydrogen production," International Journal of Energy Research, vol. 38, no. 15. pp. 1903–1920, 2014.
- [9] Weiss, W., Spörk-Dür, M. ve Mauthner, F. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2016, Detailed Market Figures 2015. IEA Solar Heating & Cooling Programme, 2017 Edition, Mayıs 2017.
- [10] Yeşilata, B. Güneş enerjili ısıtma ve soğutmada yeni eğilimler. TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştay ve Paneli, Sunum Dokümanları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, 4 Sayfa, 7 Temmuz 2017.
- [11] Mugnier, D. The Future of Solar Cooling, SHC Solar Update, <http://task53.iea-shc.org/data/sites/1/publications/2016-05-Task53-The%20Future%20of%20Solar%20Cooling.pdf>, 17 Sayfa, Mayıs 2016 (Eriřim Tarihi: 21.11.2017).
- [12] Turan, R. GÜNAM. Dünyada ve Türkiye’de fotovoltaik sektörünün durumu ve eğilimler. Güneş Pillerinin Ülkemizde Üretilbilmesine Yönelik Etüt Çalışmaları Projesi Kapanış Paneli, KOP, Konya, 12 Ekim 2017.
- [13] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Capacity Statistics 2016. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2016.pdf (Eriřim Tarihi: 22.11.2017).
- [14] Oktik, Ş. Esnek enerji pazarında yeni oyuncu fotovoltaik güç ve gelecek beklentileri. Güneş Enerjisi Sistemleri ve Sempozyumu Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Mersin, Sayfa: 1-2, 22-23 Eylül 2017.
- [15] Enerji Atlası, Türkiye’de Güneş Enerjisi Santralleri, <http://www.enerjiatlası.com/gunes/> (Eriřim Tarihi: 15.12.2016).
- [16] IEA, Trends 2016 in Photovoltaics - Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2015, 2016
- [17] International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook, 2016.
- [18] International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV), 2015 Results including maturity reports, 2016.
- [19] NREL Solar Cell Efficiency Chart, National Renewable Energy Laboratory, <http://www.nrel.gov/pv/> (Eriřim Tarihi: 14.12.2016).
- [20] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE. Photovoltaic Repo grt. Freiburg, 12 Temmuz 2017.
- [21] Oktik, Ş. Elektrik enerjisi pazarında yeni oyuncular-Fotovoltaik güç sistemleri (Güneş Enerjisi Santralleri, GES). Güneş Enerjisi Sistemleri ve Sempozyumu Sergisi, PowerPoint Sunumu, 57 slayt, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Mersin, Sayfa: 1-2, 22-23 Eylül 2017.
- [22] Nadar, A. MİLGES Projesi ve YEKA Süreçleri. TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştay ve Paneli, Sunum Dokümanları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, 8 Sayfa, 7 Temmuz 2017.
- [23] Evcit, E. TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştay ve Paneli, "Güneş Enerjisi, Türkiye’nin Politikaları ve Stratejisi", Sunum Dokümanları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, 3 Sayfa, 7 Temmuz 2017.
- [24] Karasayar, C. TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştay ve Paneli, "Güneş Enerjisi, Türkiye’nin Politikaları ve Stratejisi", Sunum Dokümanları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, 7 Sayfa, 7 Temmuz 2017.
- [25] Özberk, O. TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Çalıştay ve Paneli, "Güneş Enerjisi, Türkiye’nin Politikaları ve Stratejisi", Sunum Dokümanları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, 3 Sayfa, 7 Temmuz 2017.

11. TÜBA GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ ÇALIŞTAYI ve PANELİ PROGRAMI

7 Temmuz 2017

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür ve Kongre Merkezi- ANKARA

Açılış Konuşmaları

Prof. Dr. İbrahim DİNÇER, TÜBA Asli Üyesi
Prof. Dr. Mehmet T. ZEYREK, ODTÜ Rektör Yardımcısı
Prof. Dr. Ahmet Cevat ACAR, TÜBA Başkanı

I. OTURUM

Oturum Başkanı: *Prof. Dr. İbrahim DİNÇER, TÜBA Asli Üyesi, Enerji Çalışma Grubu Yürütücüsü*

Türkiye'nin Enerji Politikaları
Enerji ve Tabii Kaynaklar Eski Bakanı Dr. Hilmi GÜLER

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Çalışmaları
Sabahattin ÖZ, Yenilenebilir Enerji Genel Müdür Yardımcısı

Güneş Enerjisi Yatırım ve Ar-Ge Perspektifleri
Prof. Dr. Raşit TURAN, ODTÜ GÜNAM Müdürü

Türkiye PV Sanayisinin Gelişimi ve Sorunları
Mehmet İzzet ÖZAYDIN, Plurawatt Genel Müdürü

I. PANEL: Güneş Enerjisi, Türkiye'nin Politikaları ve Stratejisi

Moderatör: *Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI, Yaşar Üniversitesi*

Hakan ERKAN, GENSED Genel Sekreteri
Evren EVCİT, Zorlu Solar Direktörü
Kutay KALELİ, GÜNDER Başkanı
Ceyhun KARASAYAR, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu Uzman Yardımcısı
Prof. Dr. Raşit TURAN, ODTÜ GÜNAM Müdürü
Osman ÖZBERK, Solartürk Yönetim Kurulu Başkanı

II. OTURUM: PV Projeleri ve Kritik Teknolojiler

Oturum Başkanı: *Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ, TÜBA Asli Üyesi*

Türkiye'nin Geleceği ve Bağımsızlığı: Güneş Enerjisi
Ord. Prof. Dr. Niyazi Serdar SARIÇİFTÇİ, Linz Johannes Kepler Üniversitesi

Q-Cell Technology Perspective
Dr. Daniel JW JOENG, Hanwha Q-Cell R&D Department

MİLGES Pojesi ve YE-KA Süreçleri
Abdullah NADAR, TÜBİTAK-MAM

Güneş Yakıtları
Prof. Dr. İbrahim DİNÇER, TÜBA Asli Üyesi
Güneş Enerjili Isıtma ve Soğutmada Yenilikçi Uygulamalar
Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA, Harran Üniversitesi

II. PANEL: Çatı Uygulamaları, Mevzuat ve Teknik Zorluklar

Moderatör: *Prof. Dr. Adnan MİDİLLİ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi*

Sabahattin ÖZ, Yenilenebilir Enerji Genel Müdür Yardımcısı
Ümit Nuri ŞEN, Başarı Enerji Genel Müdürü
Nazım YAVUZ, GÜNDER Başkan Yardımcısı
Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA, Harran Üniversitesi

Özet ve Kapanış Konuşmaları



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ

Piyade Sokak No: 27, 06690 Çankaya/ANKARA
Tel: +90 (312) 442 29 03 Faks: +90 (312) 442 72 36

 www.tuba.gov.tr

 www.facebook.com/turkiyebilimlerakademisi

 twitter.com/TUBA_TurkBlmAkad