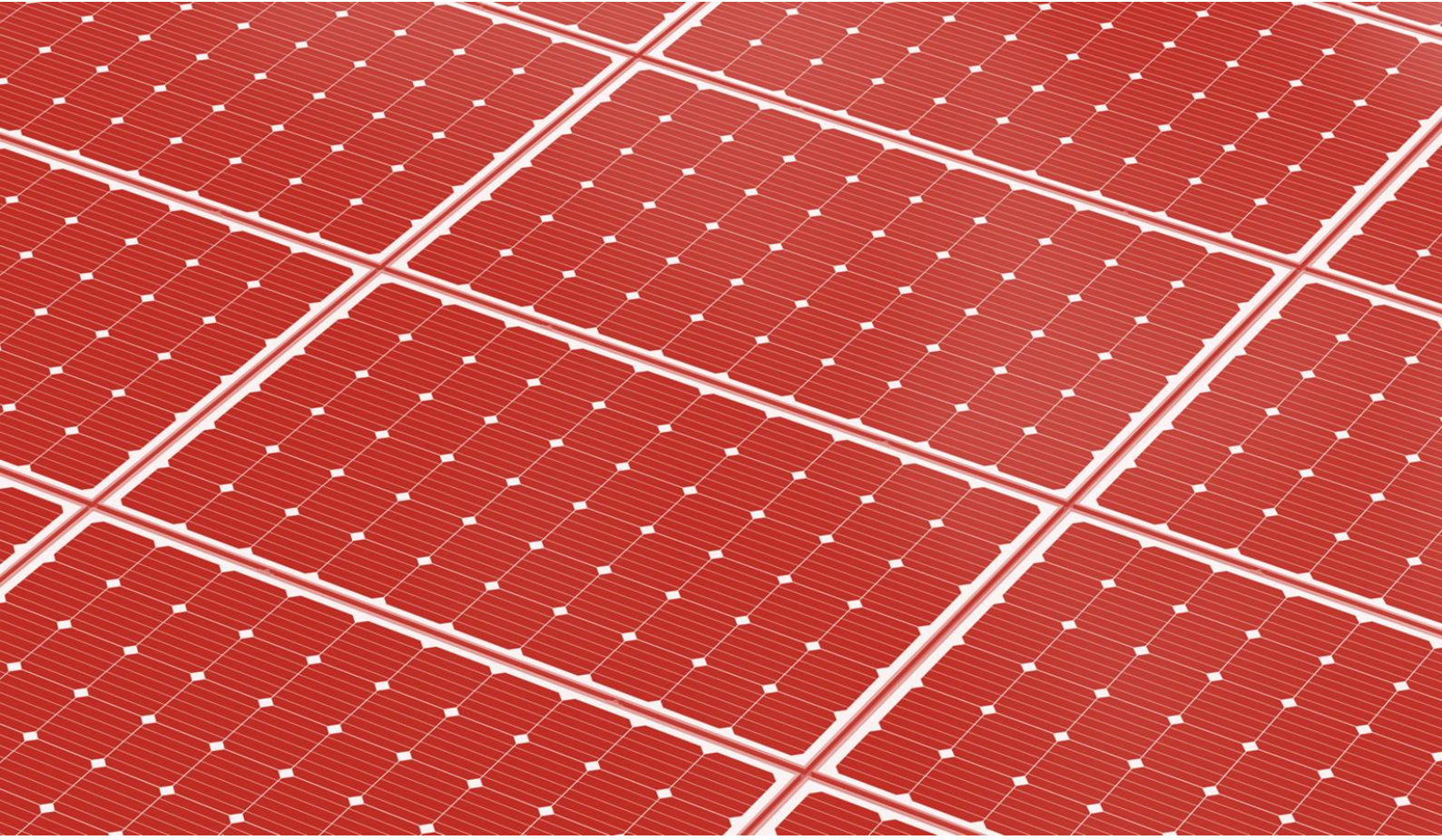


Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Sektörü

Mart 2024





Bu yayın, sadece ilgili alanlarda genel rehberlik sunar, profesyonel tavsiye niteliği taşımaz. Yayın içeriği ile ilgili alanlarda, profesyonel tavsiye almadan sadece bu yayında yer alan bilgilere göre hareket etmeniz önerilmez. Yayın içerisinde, birçok farklı kaynaktan sağlanmış bilgiler dikkate alınmaktadır ve kullanılan bilgilerin kaynakları ifade edilmektedir. PwC, bu yayında yer alan bilgilerin doğruluğu ya da tamlığı konusunda açıkça ya da zımnen hiçbir kanıt ya da güvence sunmaz ve kanunların izin verdiği ölçüde PwC, üye şirketleri, çalışanları ve temsilcilikleri, bu yayında yer alan bilgilere dayalı olarak siz veya başka biri tarafından eylemi veya ihmali nedeniyle sorumlu ya da yükümlü tutulamaz.

İçindekiler

I.	Yeşil Ekonomiye Geçiş ve Güneş Enerjisinin Rolü	<u>5</u>
II.	Dünyada Güneş Enerjisi ve Güneş Paneli Pazarı	<u>34</u>
III.	Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Güneş Paneli Pazarı	<u>57</u>
IV.	Halka Açık Pazar Oyuncularının Analizleri	<u>88</u>
V.	Ekler	<u>98</u>



Önsöz



Serkan Aslan
PwC Türkiye, Ortak
Danışmanlık Hizmetleri

2022 Küresel Enerji Krizi boyunca fosil bazlı geleneksel enerji kaynaklarının gösterdiği dalgalanma kısa vadede sürdürülebilir elektrik arzını tehdit etti ve uzun vadede Net Sıfır Emisyon hedefleri doğrultusunda ülkelerin vermiş oldukları taahhütlerin yeniden gözden geçirilmesine neden oldu. Yine de Kriz, sürdürülebilir enerji tedarikinin etkileri konusundaki küresel tartışmaların daha iyi anlaşılması ve aksiyonlarının hızlandırılması konusunda önemli etkiler doğurdu. Enerji Krizi, olumsuz etkilerine rağmen, fosil kaynaklara olan bağımlılığın yarattığı problemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji güvenliğindeki kritik rolünü teyit eden bir gelişme olarak tarihte yerini aldı.



Engin İyikul
PwC Türkiye, Ortak
Danışmanlık Hizmetleri

Farklı otoriteler tarafından yayımlanan araştırmalar, güneş enerjisinin elektrik enerjisi üretimi kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılması yoluyla elektrik üretiminin yeşil dönüşümü sürecinde en hızlı büyüyen enerji üretim teknolojisi olacağını tahmin etmektedir. Bu eğilim, 2022'de yayınlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı'nda da görülmekte, 2023 yılında yürürlüğe giren depolamalı yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi ve hibrit elektrik üretimine müsaade eden mevzuatlar ile bu plan desteklenmektedir. Küresel ve yerel hedefler arasındaki uyum, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini kullanma konusundaki taahhüdünü ve sadece ulusal enerji güvenliğine değil, aynı zamanda sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunma çabasını da vurgulamaktadır. Türkiye Ulusal Enerji Planı'nın koyduğu hedefler yerel yatırımcılar tarafından da benimsenmekte ve karşılık görmektedir. Türkiye 10 yıl gibi kısa bir sürede toplam elektrik enerjisi kurulu gücü içerisinde temsil edilmeyen bir enerji üretim teknolojisini hızlıca benimseyerek üretim portföyüne dahil etmiş, geline nokta çok yüksek yerlilik oranlarıyla güneş paneli üretebilecek tesis yatırımları gerçekleştirmiş ve gerçekleştirmeyi planlamaktadır.

PwC Türkiye olarak, güneş enerjisi üretimi ile güneş paneli ve hücresi üretim şirketlerinin küresel ve yerel bakış açısıyla; tarihsel gelişimini, mevcut durumunu ve gelecek beklentilerini aktarmak adına hazırlamış olduğumuz araştırma çalışmasını sizlerle paylaşmaktan gurur duyuyoruz. Araştırmamız kamunun dikkatine sunulmak üzere halka açık kaynaklar kullanılarak derlenmiştir.





1

Yeşil Ekonomiye Geçiş ve Güneş Enerjisinin Rolü



Paris İklim Anlaşması, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Glasgow İklim Paketi, iklim değişikliğine odaklanarak sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen küresel düzeydeki en önemli 3 girişimdir.

1

Paris İklim Anlaşması

Paris İklim Anlaşması, 12 Aralık **2015** tarihinde Paris'te düzenlenen **COP21**'de 197 ülkenin katılımıyla, küresel iklim değişikliğine karşı düzenlenen bir anlaşmadır. Anlaşma 4 Kasım **2016** tarihinde yürürlüğe girmiş, 191 ülke tarafından onaylanmıştır. Amaç, küresel ortalama sıcaklık artışını **2°C** ile sınırlamak, tercihen **1,5°C** altında tutmaktır.

Anlaşma kapsamındaki ülkeler, uzun vadeli sıcaklık hedefine ulaşmak amacıyla sera gazı emisyonlarını mümkün olan en kısa sürede azaltmak için üstlendiği katkıyı belirlemede ve planlarına ilişkin **Ulusal Katkı Beyanlarını (UKB)** sunmaktadır. Sunulan UKB'ler her 5 yılda bir yeniden gözden geçirilip güncellenmektedir.

Türkiye **Ekim 2021**'de Paris İklim Anlaşmasına taraf olmuş ve **2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi**'ni açıklamıştır. **Nisan 2023**'te ise **güncellenmiş UKB**'sini yayınlamıştır.

Belirlenmiş Taahhütler



Sera Gazı Emisyonları **↓ %55** (1990-2030)



Net Sıfır Karbon Emisyonu Hedefi **2050**



Küresel Sıcaklık Artışı Üst Sınırı **2°C**

¹ SKDM: Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması

² ETS: Emisyon Ticaret Sistemi

Kaynak: ETKB

2

Avrupa Yeşil Mutabakatı

Avrupa Birliği 11 Aralık **2019**'da yayımladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında "iklim-nötr" kıta olmayı hedeflemiş, bu kapsamda sanayi, finansman, enerji, ulaştırma gibi birçok alanda yol haritası belirlemiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatı, sera gazı (GHG) emisyonlarını **2030** yılına kadar **en az %55** oranında azaltmayı ve **2050** yılına kadar **sıfır GHG** emisyonuna ulaşmayı hedeflemektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın en önemli uygulamalardan biri **SKDM**'dir¹. SKDM, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında 2005 yılından beri AB içerisindeki karbon salımını emisyon tahsisatı bazında sınırlayan ETS'nin² AB'ye olan ihracatları da kapsamı amacıyla uygulanmaya başlanmıştır.

*Avrupa Yeşil Mutabakatı sonrası Türkiye **Yeşil Mutabakat Eylem Planı**'nin uygulamaya koymuştur. Ayrıca, **Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti (YEK-G) Sistemi** de onaylanmış ve uygulamaya alınmıştır.*

Belirlenmiş Taahhütler



Sera Gazı Emisyonları **↓ %55** (1990-2030)



Net Sıfır Karbon Emisyonu Hedefi **2050**



Yenilenebilir Enerji Kay. Elektrik Üretimindeki Payı **%40**

3

Glasgow İklim Paketi

Glasgow İklim Paketi, **Glasgow**'da düzenlenen **COP26** sonucunda 13 Kasım **2021**'de **200** ülke tarafından kabul edilmiş ve yayımlanmıştır. COP26'da Paris İklim Anlaşması sonrası kaydedilen gelişmeler ilk kez değerlendirilmiş ve Glasgow İklim Paketi kapsamında, ülkelerin küresel ortalama sıcaklık artışını **1,5°C** ile sınırlama hedefi için eylemlerini geliştirmelerine ve taahhütlerini güncellemelerine dikkat çekilmiştir.

Çok sayıda ülke tarafından net sıfıra yönelik yeni uzun vadeli taahhütler verilmiş olsa da kısa vadeli hedefler ve 2030 için belirlenen taahhütler net görünmemektedir.

*Glasgow İklim Paketi kapsamında, ülkelere **ilk kez**, kömürden elde edilen enerjiyi **aşamalı olarak azaltmaları** çağrısında bulunulmuştur.*

Belirlenmiş Taahhütler



Sera Gazı Emisyonları **↓ %55** (1990-2030)



Net Sıfır Karbon Emisyonu Hedefi **2050**



Yeni kömürlü termik santrallerin yapımının durdurulması



Son 3 yılda düzenlenen Taraflar Konferanslarında iklim değişikliğine karşı politikalar ve yenilenebilir enerjinin iklim değişikliğindeki rolü konusunda anlaşılan hedeflerin uygulanma seviyesi irdelenmiş ve yenilenebilir enerji alanında güncellenmiş hedefler belirlenmiştir.

BM İklim Değişikliği Taraflar Konferansı (COP) Tarihçesi ile Son 3 Yıldaki Konferanslarda Öne Çıkan Gelişmeler

1995: COP1 – Berlin, Alemanya

Taraflar Konferansı, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)’ni imzalayan ülkeler arasında sözleşmenin yürürlüğe girmesi ile birlikte her yıl olacak şekilde düzenlenmeye başlamıştır.

1997: COP3 – Kyoto, Japonya

Konferansta, iklim değışikliğı ile mücadelenin ilk adımı olarak görülen Kyoto Protokolü kabul edilmiştir. Protokolün uygulanmaya başlaması ise Şubat 2005 tarihinde gerçekleşmiştir.

COP3 ile başlayan Kyoto Protokolü'nün detay uygulamalarının kesinleştirildiği süreç, COP21'de Paris İklim Anlaşması'nın düzenlenmesine kadar gerçekleştirilen Taraflar Konferanslarındaki ana tema olmaya devam etmiştir.

2015: COP21 – Paris, Fransa

Kyoto Protokolü'nü takiben düzenlenmiş olan en büyük küresel iklim değişikliği sözleşmesi olan Paris İklim Anlaşması kabul edilmiştir ve küresel ortalama sıcaklık artışının **2°C** ile sınırlandırılması hedeflenmiştir.

2021: COP26 – Glasgow, Birleşik Krallık

COP26 sırasında kabul edilen Glasgow İklim Paketi ile, Paris İklim Anlaşması'nda belirlenen küresel ortalama sıcaklık artışı hedefleri ilk kez değerlendirilmiştir.



Küresel ısınmanın **1,5°C** ile sınırlandırılması



Kömür kullanımının aşamalı olarak azaltılması

2022: COP27 – Şarm el Şeyh, Mısır

COP27’de bir önceki Konferans sırasında kararlaştırılan hedeflerin gerçekleştirilmesi üzerinde durulmuştur. 12 şirketin üyeliği ile kurulmuş olan Endüstri Karbonsuzlaştırma Birliği (AFID) ilk toplantısını COP27’de gerçekleştirmiştir.



Küresel ısınmadan en çok etkilenen ülkeler için 'Kayıp ve Zarar Fonu' uygulaması

2023: COP28 – Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri

COP28'de 130'dan fazla ülke **küresel yenilenebilir enerji kapasitesini 2030'a kadar üç katına çıkartarak 11 TW seviyesine ulaştırma ve küresel enerji verimliliğini 2030'a kadar %2'den %4'e çıkarma** hedeflerini onayladı.



Küresel YE kapasitesinin 2030'da
11 TW seviyesine ulaşması



Hedeflerin gerçekleştirme seviyelerinin küresel bir rapor aracılığıyla analiz edilmesi



Siemens ve TATA başta olmak üzere +30 ülkenin oluşturduğu AFID'in YE kapasitesinin ~ 200 GW seviyesine ulaşması



37 ülke tarafından imzalanan 'Hidrojen Niyet Bildirgesi'

Taraflar Konferansı tarihinde bir ilk olarak belirlenen hedeflerin gerçekleşmesini ve ilerleyişini analiz etmek üzere ‘Global Stocktake’ raporu sunuldu. İlgili raporda iklim değişikliği konusundaki ilerleyişin yavaşlığı ve hedeflerin gerçekleştirilmesinde geride kalınması üzerinde duruldu. Rapor sonucu ile taraf ülkeler tüm alanlarda 2030’a kadar süreçlerini hızlandırma kararı aldı.

Kaynak: IRENA, IEA, UNFCCC

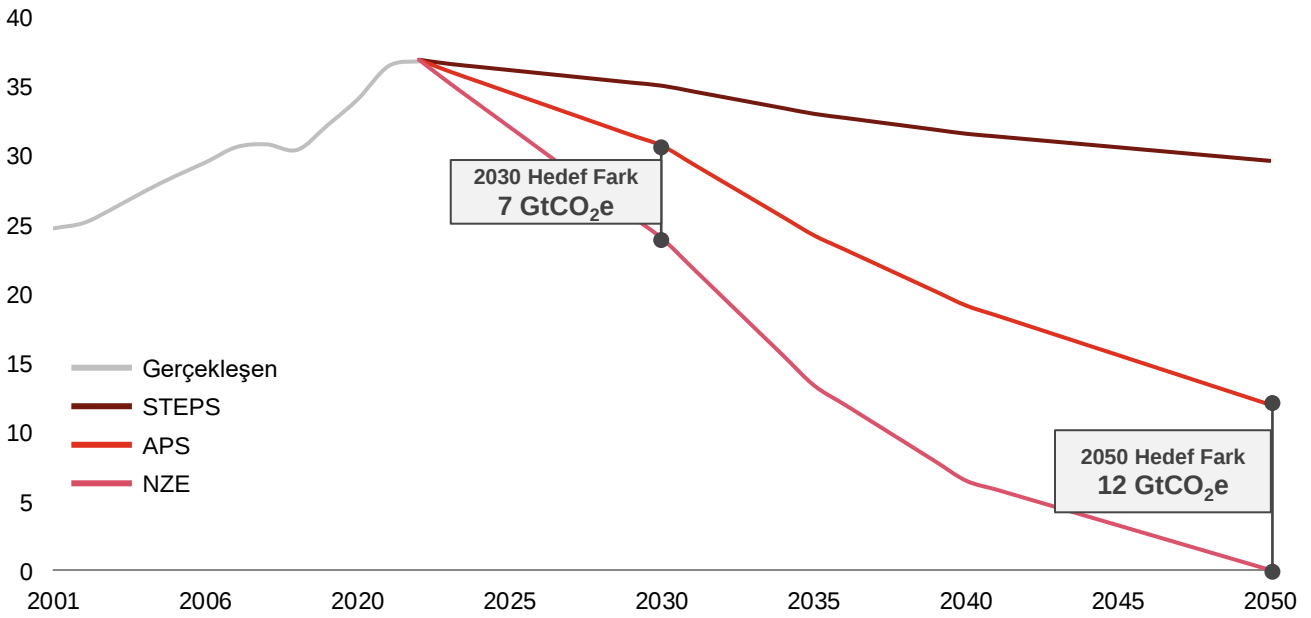
Güncellenen Net Sıfır emisyon hedefleri ve Ulusal Katkı Beyanları göz önünde bulundurulduğunda, Net Sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için ilk adım olarak 2030 yılına kadar açıklanan politikaların hayata geçirilmesi gerekmektedir.

IEA, Ekim 2023'te yayımlanan Dünya Enerji Görünümü (WEO) raporunda, güncellenmiş Net Sıfır hedeflerini göz önünde bulundurarak karbon emisyonları için yeni yol haritasını paylaşmıştır. Yol haritası, **Güncel Durum Politikaları Senaryosu** (STEPS: ülkelerin en güncel durumlarının baz alınarak oluşturulduğu senaryo), **Açıklanan Taahhütler Senaryosu** (APS: ülkelerin açıkladıkları politikaları tam ve zamanında uyguladığı varsayılan senaryo) ve **Net Sıfır Emisyon Senaryosu** (NZE: küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırladığı varsayılan senaryo) kullanılarak oluşturulmuştur.

2021 ve 2022 yıllarında karbon emisyonları, Küresel Enerji Krizi'nin de etkisiyle artış göstermeye devam etmiş olsa da, IEA, ülkelerin açıkladıkları iklim değişikliği politikalarını devam ettirecekleri senaryonun, 2030 yılında Net Sıfır senaryosunun karbon emisyonu olarak sadece **7 GtCO₂e**, 2050 yılında ise **12 GtCO₂e** uzağında kalacağını varsaymaktadır.

Grafik 1

Küresel Karbon Emisyonları (2001-2050, GtCO₂e)



Gerçekleşen Emisyonlar

2022 itibarıyla küresel Karbon Emisyonlarını belirtmektedir.

STEPS (Stated Policies Scenario)

Her ülkenin en güncel durumda uyguladığı politikalar ve aldığı aksiyonları göz önünde bulunduran senaryoda, 2050 yılında küresel ısınmanın 2,4°C ile sınırlanacağı varsayılmaktadır.

APS (Announced Pledges Scenario)

Her ülkenin güncel UKB'lerine ve açıkladıkları tüm diğer politikalara tam ve zamanında uyacağının tahmin edildiği senaryoda, 2050 yılında küresel ısınmanın 1,7°C ile sınırlanacağı varsayılmaktadır.

NZE (Net Zero Emissions Scenario)

Net Sıfır Karbon hedeflerine 2050 yılına kadar ulaşılması koşuluyla, 2050 yılında küresel ısınmanın 1,4°C ile sınırlanacağı varsayılmaktadır.

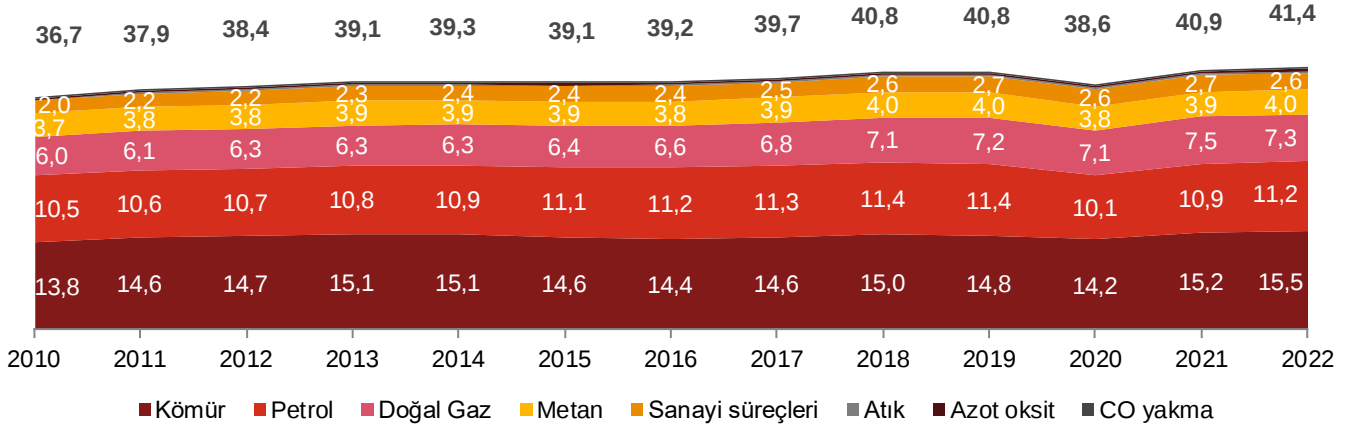
Kaynak: IEA



Şubat 2024 itibarıyla ülkelerin 2050 Net Sıfır hedefleri doğrultusundaki en güncel Ulusal Katkı Beyanları aşağıda paylaşılmaktadır.

Grafik 2

Küresel Enerji Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (GtCO₂) ve Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına İlişkin En Güncel UKB'ler



Almanya 2045 yılına kadar sera gazı nötr hale gelmeyi, sera gazı emisyonlarını 2030 ve 2040 yıllarında 1990 seviyelerine kıyasla en az %65 ve %88 oranında azaltmayı hedeflemektedir.

İspanya, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla en az %55 oranında azaltmayı ve 2050 yılına kadar karbon nötr hale gelmeyi hedeflemektedir.

Macaristan, 2030 yılına kadar karbon emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla en az %40 oranında azaltmayı ve 2050 yılına kadar karbon nötr hale gelmeyi hedeflemektedir.

Arjantin, sera gazı nötr olma konusundaki hedeflerini yükseltmiş olup karbon emisyonunu 2030'da 349 milyon tonun altında tutmayı, 2050'de de sıfırlamayı hedeflemektedir.

Güney Afrika, 2030'a kadar enerji portföyünü çeşitlendirerek kömürün payını azaltmayı ve güncellenen UKB ile 2050 yılına kadar net sıfır emisyonu ulaşmayı hedeflemektedir.

Hollanda, sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla %49 azaltmayı, 2050 yılına kadar ise %95 oranında azaltmayı hedeflemektedir.

Birleşik Krallık, Ulusal Katkı Beyanı'nı güncellemiş ve hedeflerini yükseltmiş olup sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %68 azaltmayı hedeflemektedir.

İtalya, net sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla %55 oranında azaltmayı ve 2025 yılına kadar kömürü enerji portföyünden çıkarmayı hedeflemektedir.

Polonya, 2030 yılında karbon emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %65 oranında azaltmayı ve 2050 yılına kadar karbon nötr hale gelmeyi hedeflemektedir.

Brezilya, 2025'te sera gazı emisyonlarını 2005 yılına kıyasla %48 oranında azaltma taahhüdünü güncellemiş olup, 2030 yılına kadar %53 azaltım, 2050'de de sıfırlamayı hedeflemektedir.

Romanya, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının payını %30'a çıkarmayı hedeflemekte ve kömürlü termik santrallerin aşamalı olarak kapatılmasını planlamaktadır.

Meksika, bir önceki UKB kapsamında olan 2030 yılına kadar %36 sera azaltımı hedefini güncellemiş olup %40 azaltım hedeflemektedir.

Kaynak: IEA, CAT



Dünya ekonomisinin pandemi sonrası hızla normalleşmesi ve 2022 yılındaki gelişmelerin tetiklediği 2022 Küresel Enerji Krizi, karbon emisyon seviyelerinde hedeflenen üzerinde artışlara sebep olurken, kısa ve orta vadeli Net Sıfır hedeflerinin de revize edilmesine yol açmıştır.

2022 Küresel Enerji Krizi'nin Sebebi ve Sonuçları (1/2)

Hızlı Ekonomik Normalleşme

2021 yılının sonunda Covid-19 pandemisinin etkilerinin azalması ile dünya ekonomisi, tahmin edilenden çok daha yüksek bir normalleşme performansı göstermiştir. IMF tarafından, 2021 yılı için açıklanan küresel GSMH büyümesi %6,3 seviyesi ile Temmuz 2020, Ocak 2021 ve Temmuz 2021 tarihlerinde yayımlanan tahminlerin de üzerinde yer almıştır.

Artan Elektrik Talebi ve Enerji Fiyat Artışları

Küresel ekonomide yaşanan hızlı normalleşme ile dünya çapında elektrik talebi de 2021 yılında artış göstermiştir. Paralel olarak, emtia fiyatlarının küresel çapta 2021 yılında 2020 yılı seviyelerine göre ortalama %80 yükselmesi, küresel enerji fiyatlarında önemli seviyede bir artışa da yol açmıştır.

Elektrik talep artışı, iklim değişikliği hedefleri kapsamında kömür kaynaklı santrallere kıyasla daha az karbon emisyonuna sahip olan doğalgaz ile karşılanmak istenmesi sebebi ile yükselişte olan doğalgaz fiyatları, 2022 yılının başında Rusya ile Ukrayna arasında silahlı çatışmanın başlaması ile ciddi seviyede yükselmiştir.

Küresel Enerji Krizi ve Etkileri

Hızlı ekonomik normalleşme ile enerji fiyatlarında yaşanan artışlar etkisini artırarak küresel çapta hissedilen bir enerji krizine dönüşmüştür. Kriz, 2022 yılında ekonomik büyümeyi yavaşlatmış, tarımsal maliyetleri artırarak gıda sektöründe küresel sıkıntılara yol açmıştır ve enerji dönüşümü planlarının gözden geçirilmesine sebep olmuştur.

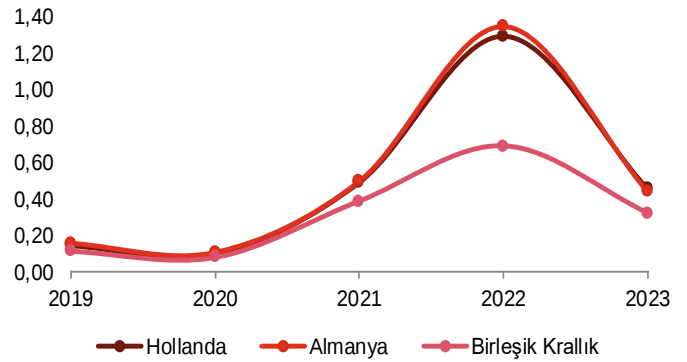
Tablo 1

IMF 2021 GSMH Tahmin ve Gerçekleşmeleri

GSMH	2021T (07/2020)	2021T (01/2021)	2021T (07/2021)	2021 GSMH
Dünya	%5,4	%5,5	%6,0	%6,3
Gelişmiş Ülkeler	%4,8	%4,3	%5,6	%5,6
Gelişmekte Olan Ülkeler	%5,9	%6,3	%6,3	%6,9

Grafik 3

Hollanda, Almanya ve Birleşik Krallık'ta Doğalgaz Fiyatları (EUR/m³)



Tablo 2

2021 ve 2022 GSMH Büyümesi

GSMH	2021	2022
Dünya	%6,3	%3,5

Kaynak: IEA, IMF, Dünya Bankası, Bloomberg, PwC Analizi



Dünya ekonomisinin pandemi sonrası hızla normalleşmesi ve 2022 yılındaki gelişmelerin tetiklediği 2022 Küresel Enerji Krizi, karbon emisyon seviyelerinde hedeflenen üzerinde artışlara sebep olurken, kısa ve orta vadeli Net Sıfır hedeflerinin de revize edilmesine yol açmıştır.

2022 Küresel Enerji Krizi'nin Sebebi ve Sonuçları (2/2)

Kriz Sonuçları

Kriz etkileri ile küresel çapta doğal gaz arzı değişikliğe uğramış ve çeşitlendirilmiştir. Türkiye'de de benzer şekilde doğal gaz arz stratejisinde değişikliğe giderek LNG ithalatına ağırlık vermiştir.

Bu hamleler sonucunda, özellikle AB içerisinde Rusya doğal gazına olan bağımlılık azaltılmaya çalışılmıştır ve ABD/Avustralya/Katar'dan LNG, Azerbaycan/Cezayir/Norveç'ten ise doğal gaz ithalatı artırılmıştır. AB'nin bu hamlesi Asya kıtasındaki doğal gaz tedarik zincirlerinde de değişikliğe sebep olmuştur.

AB, ek olarak gaz depolama hedefleri belirlemiş ve Birlik üyeleri için ortak bir mekanizma üzerinde doğal gaz alımı başlatmıştır.

Krizin bir diğer sonucu olarak ise dünya çapında elektrik üretiminde fosil yakıtların payı artırılmıştır. Kömür kullanımı 2022 yılında, 2021 yılına göre küresel çapta %1,2, AB içerisinde ise %6,5 artmıştır. Özellikle AB ve Birleşik Krallık'ta Kriz sebebi ile kapatılması planlanan termik santraller tekrardan faaliyete döndürülmüştür.

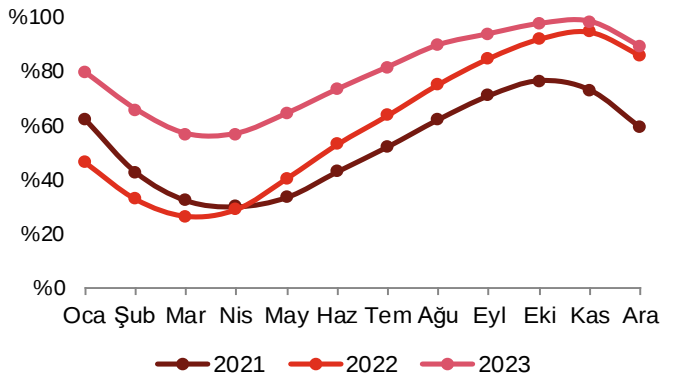
Güncellenen Net Sıfır Hedefleri

Kriz, Paris Anlaşması kapsamında ülke bazında belirlenen Ulusal Katkı Beyanlarında da değişikliğe sebep olmuştur. UKB sunmuş olan ülkelerin %90'ı, 2022 Küresel Enerji Krizi sonrasında UKB'sinde güncelleme gerçekleştirmiştir.

IEA ise, güncellediği Net Sıfır için Yol Haritası raporunda iki aşamalı bir bakış açısı kullanarak 2050 Net Sıfır yol haritasını, gerçekleştirmeleri daha net tespit edebilmek amacıyla kısa vadeli (2030) hedefler üzerinden şekillendirmiştir.

Grafik 4

AB Doğal Gaz Depo Doluluk Oranları



Tablo 3

AB/BK'de Kapatılma Süreci İptal Edilip Tekrardan Faaliyete Geçen Termik Santraller

- 2025'te kapatılması planlanan 6 termik santralin kullanım süresi uzatıldı.
- Kapatılması planlanan termik santraller kullanıma tekrardan açıldı.
- Termik santrallerde %35 olarak belirlenen kapasite kullanım sınırı kaldırıldı.
- 3 adet termik santralin kapatılma süreci iptal edilip kullanım ömrü uzatıldı.

Tablo 4

2050 Net Sıfır Senaryosu Hedefleri

Kriter	Gerçekleşmeler (2022 itibarıyla)	2030 Hedefleri (2050 NS Senaryo)
Yenilenebilir Kurulu Güç	3,6 TW	11 TW
Kömür Talebi	5.800 Mtce	3.250 Mtce
Petrol Talebi	100 mb/d	77 mb/d
Doğal Gaz Talebi	4.150 bcm	3.400 bcm
Karbon Emisyonları	37 GtCO2	~ 25 GtCO2

Kaynak: IEA, Avrupa Komisyonu, Gas Infrastructure Europe, PwC Analizi



Avrupa Birliği içerisinde karbon emisyonu yüksek sektörler için ETS ile uygulanmakta olan karbon vergisi, SKDM ile bu sektörlerden AB içerisine yapılacak olan ihracatlara da eşit olarak uygulanmaya başlanacaktır.



AB Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM)

SKDM, AB tarafından Birlik içerisine yüksek karbon emisyonuna sebep olan sektörlerden ('yüksek karbon sektörleri') yapılacak olan ithalatlar için geliştirilen bir karbon vergisidir. AB içerisinde yüksek karbon sektörlerinin emisyonlarının sınırlandırılması için 2005 yılından itibaren yürürlükte olan Emisyon Ticaret Sistemi'nde (ETS) uygulanan karbon vergilendirmesi ile eşdeğer bir verginin AB dışından yapılacak ihracatlara da uygulanması amacını taşımaktadır. SKDM kapsamında, karbon emisyonu hakları, SKDM sertifikaları aracılığı ile kullanılabilir ve ithalatçılar SKDM sertifikalarının ticaretini de gerçekleştirebilecektir.

SKDM'nin geçiş süreci 1 Ekim 2023'te başlamış olup, 1 Ocak 2026 itibarıyla mali yükümlülükleri de içeren uygulama dönemi başlayacaktır.

SKDM Uygulamasının Temeli: AB ETS

AB Emisyon Ticaret Sistemi, 2005 yılından beri yürürlükte olan ve AB içerisinde yüksek karbon sektörlerinden kaynaklanan emisyonları azaltmayı amaçlayan bir emisyon sınırı ve ticareti ('cap and trade') sistemidir. SKDM sisteminin baz almış olduğu ETS'de her bir sektör için bir emisyon üst sınırı belirlenmiş olup, üst sınırlar tahsisat (EU Allowance – EUA) adı verilen emisyon izinlerine bölünmüştür (1 EUA = 1 ton CO₂ eşdeğeri emisyon). **ETS kapsamında verilen tahsisatlar AB içerisindeki emisyonu düşürmek amacıyla her sene azaltılmaktadır ve tahsisatlar ağırlıklı olarak açık artırma usulü ile dağıtılmaktadır. Ücretsiz dağıtılmakta olan tahsisatlar ise SKDM uygulama dönemi başlangıcı ile sona erecektir.**

SKDM kapsamında, ETS uygulaması sebebiyle AB içerisinde emisyonlarını yeterli oranda düşüremeyen ve bu sebeple üretimini AB'ye kıyasla daha esnek emisyon kuralları barındıran ülkelere kaydıran veya AB dışından yüksek karbon salımı olan ihracatlar yapmayı amaçlayan üreticilerin sebep olacağı 'karbon kaçağının' engellenmesi amaçlanmıştır.

SKDM Kapsamında Olan Sektörler



Demir-Çelik



Gübre



Alüminyum



Elektrik



Çimento



Hidrojen

Belirtilen sektörlerden AB içerisine ithal edilecek ürünlerin:

- (1) Üretimi sırasında oluşan karbon emisyonları (**doğrudan emisyonlar**) ve
- (2) Üretimleri sırasında kullanılan elektriğin üretiminde oluşan karbon emisyonları (**gömülü emisyonlar**)

SKDM kapsamına dahil olmaktadır.

SKDM'nin Kısa Tarihçesi

2020

AB tarafından Avrupa Yeşil Mutabakatı açıklandı ve AB'nin 2050'de net sıfır sera gazı (GHG) emisyonuna ulaşacağı ve bu hedefe ulaşan ilk kıta olacağı duyuruldu.

2021

AB'nin GHG emisyonlarının 1990'a oranla 2030'da %55 azaltılmasını öngören ve SKDM'nin de içerisinde bulunduğu 'Fit for 55' politika paketi kabul edildi.

Mayıs
2023
–
Ekim
2023

Avrupa Parlamentosu oy çokluğu ile SKDM'yi onayladı ve SKDM, AB Resmi Gazete'sinde yayımlanarak yasa olarak yürürlüğe girdi.

1 Ekim 2023 itibarıyla SKDM'nin ilk aşaması olan ve 1 Ekim 2023-31 Aralık 2025 arasını kapsayan Geçiş Dönemi resmen başladı.

Kaynak: Ticaret Bakanlığı, Avrupa Birliği



SKDM geçiş döneminde sadece çeyreklik bazda raporlama yükümlülüğü getirilmiş olup, 1 Ocak 2026 tarihinden itibaren SKDM sertifikalarının kullanımı üzerinden mali yükümlülük safhası da başlayacaktır.

Geçiş Sürecinde Uygulanacak Adımlar

SKDM'nin 1 Ekim 2023 ve 31 Aralık 2025 arasındaki geçiş döneminde ihracatçılar için **sadece üç ayda bir raporlama yükümlülüğü getirilecektir**. Geçiş dönemi, SKDM uygulamasının esaslarının oturtulması, raporlama yükümlülüğü üzerinden veri toplanması ve toplanan veri ile SKDM'nin mali yükümlülüğünün başlayacağı uygulama döneminde gerekli görülen sistem iyileştirmelerinin yapılmasını amaçlamaktadır.

SKDM Raporlama Unsurları

AB'ye ihraç edilecek ürünlerin:

- Ürün bazında GTİP kodları
- Doğrudan ve gömülü emisyon miktarları
- Kullanılacakları yer bilgisi
- Halihazırda başka ülkelere ödenmiş karbon vergileri
- Toplam ihracat hacmi
- Üretiminde kullanılan süreçler ve detayları
- Detaylı menşe ülke bilgileri
- Başka ülkelere ödenecek karbon vergileri

1 Ocak 2025'e kadar ihracatçılar, SKDM raporlamasını 3 farklı emisyon hesaplama metodu kullanarak gerçekleştirebilmekte olup, 1 Ocak 2025 itibarıyla sadece AB'nin kendi hesaplama metodu kullanılabilmektedir.

2026'dan İtibaren: SKDM Uygulama Dönemi

Geçiş dönemi bitişinde, SKDM kapsamına alınmış olan ürünlerin ihracatı **sadece yetkilendirilmiş SKDM yükümlüsü** tarafından gerçekleştirilebilecektir. Ek olarak, uygulama dönemi ile birlikte ihracatçıların **yıllık** olarak (her yılın 31 Mayıs tarihine kadar) tüm AB'yi kapsayan SKDM Merkezi Elektronik Kayıt Sistemi'ne ithal edilen ürünlerdeki doğrudan ve gömülü karbon emisyonları için SKDM Bildirimini gerçekleştirip, toplam emisyon maliyetine denk gelecek kadar SKDM sertifikasını teslim etmesi gerekmektedir.



SKDM kapsamına giren sektörlerin ihracatçıları, ihracat yapılan AB ülkesinin yetkili makamından emisyon miktarına denk gelen SKDM sertifikasını alabilir. SKDM sertifikaları her sektör için haftalık mevcut EUA sayısı bazında fiyatlanmaktadır. (1 SKDM sertifikası = 1 ton CO₂ eşdeğeri emisyon = 1 EUA)



İthalatçının yetkilendirilmiş SKDM yükümlüsü, ithalatlardaki doğrudan ve gömülü emisyon miktarını beyan eder ve beyan edilen emisyon miktarına denk sertifikayı teslim eder.



İthalatçı, söz konusu ithalat için başka bir ülkede karbon vergisi ödemiş olduğunu ispat ederse, SKDM yükümlülüğünden halihazırda ödenmiş olan karbon vergisi bazında iskonto gerçekleştirilir.

SKDM'nin Türkiye'deki Etkileri

SKDM'nin geçiş döneminde raporlamanın başlaması ile Türkiye'de kullandığı elektrik kapsamında yüksek seviyede gömülü karbon emisyonuna sahip olan ve SKDM uygulaması kapsamına giren sektörlerde faaliyet gösteren pek çok şirket, üretim sürecinde kullandığı elektriği yenilenebilir kaynaklardan üretmeyi ve bu doğrultuda Uygulama Dönemi öncesinde karbon emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir.

Öztüketim amaçlı yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi yapan şirketler, bu kapsamda lisanssız güneş enerjisi santralleri kurmaya yönelmektedir. Bu doğrultuda, SKDM uygulaması ile birlikte Türkiye'deki lisanssız GES kapasitesinin artmaya devam edeceği tahmin edilmektedir.

Kaynak: Ticaret Bakanlığı, Avrupa Birliği



Türkiye Nisan 2023'de Ulusal Katkı Beyanı'nı güncellemiş, %21 artıştan azaltım hedefini %41'e yükseltmiştir.

Grafik 5

Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı (UKB)



Türkiye COP21'de Paris İklim Anlaşmasını kabul etmiş ancak taraf olma sürecini başlatmamıştır. İlk Ulusal Katkı Beyanı 2015 yılında sunulmuştur. 2012 yılını referans yılı olarak baz alan ilk UKB'de de Türkiye 2030 yılı itibarıyla sera gazı emisyon artışını %21 azaltma taahhüdünde bulunulmuştur.

Ekim 2021'de Paris İklim Anlaşması'na taraf olunmasının ardından 2053 Net Sıfır Emisyon ve Yeşil Kalkınma hedefleri açıklanmıştır.

Nisan 2023'de COP27 kapsamında Ulusal Katkı Beyanı güncellenmiş, Türkiye'nin 2015'te açıkladığı 2030 yılı için emisyonda %21 artıştan azaltım taahhüdünü, 2030 yılı için %41 artıştan azaltıma yükseltmiştir. 2038 yılı ise emisyonun en yüksek seviyelere ulaşacağı yıl olarak belirlenmiştir. Güncellenen UKB'de sektörel bazda stratejiler de yer almakta olup, enerji, sanayi, ulaştırma, tarım, bina, atık ve arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) alanlarında azaltım ve uyum planlarına da yer verilmiştir.

Paris İklim Anlaşması kapsamında, taraf ülkelerin Ulusal Katkı Beyanları'nı 5 yılda bir hedeflerini artırarak yeniden düzenlemeleri gerekliliği olduğu için, Türkiye'nin ikinci Ulusal Katkı Beyanı'nı 2025 yılı sonunda yapılması planlanan COP30 öncesi sunması beklenmektedir.

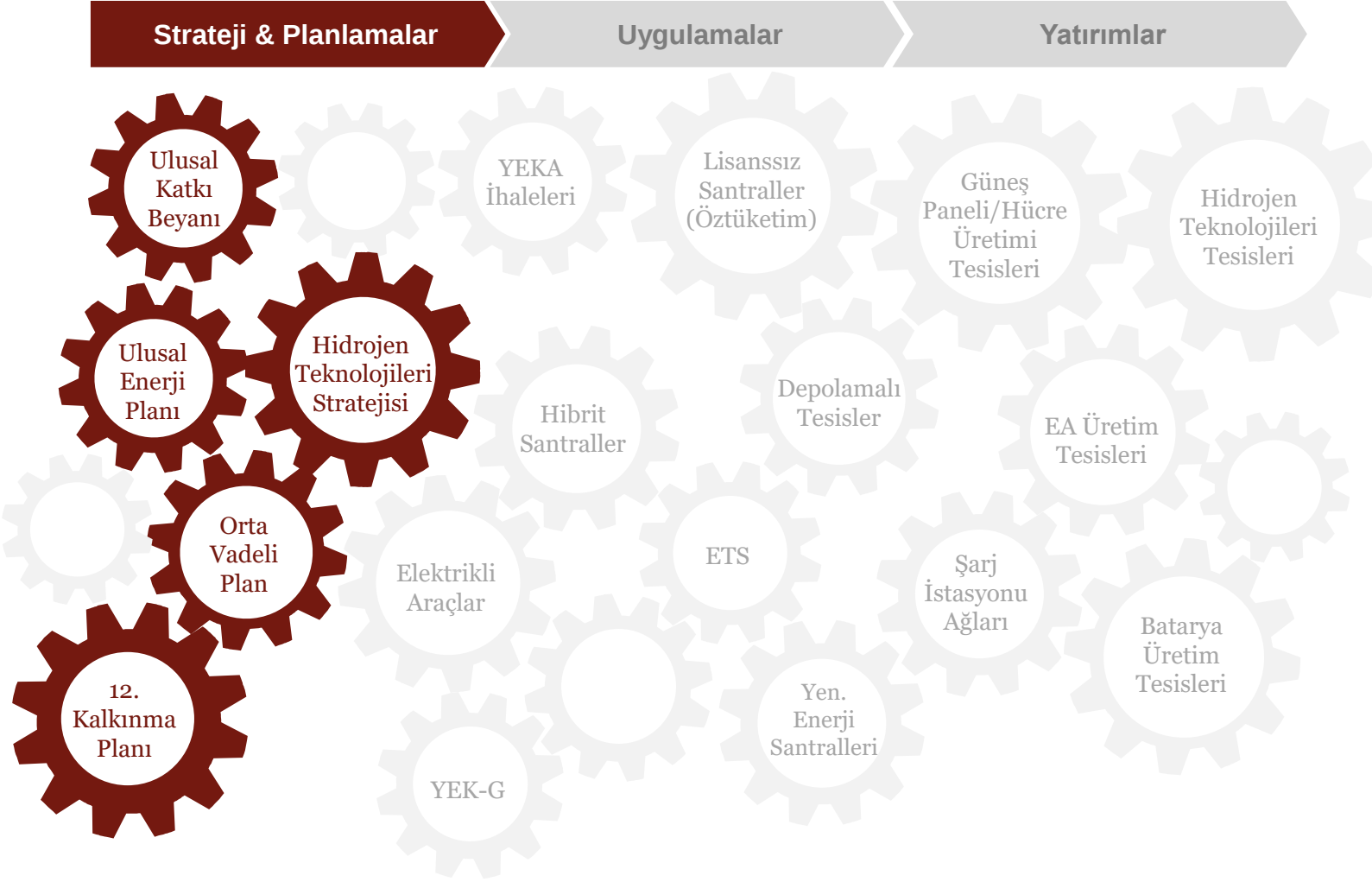
Tablo 5

	UKB - 2021	Güncellenmiş UKB - 2023
Sera Gazı Emisyon Hedefleri	2030'a kadar %21 artıştan azaltım hedefi	2030'a kadar %41 artıştan azaltım hedefi
Emisyon Seviyesi, 2030	999 MtCO ₂ e	763 MtCO ₂ e
1990 ve 2010 Emisyonları Karşılaştırması	2030 itibarıyla 1990 emisyonlarının %355 üzerinde 2010 emisyonlarının %151 üzerinde	2030 itibarıyla 1990 emisyonlarının %247 üzerinde 2010 emisyonlarının %91 üzerinde
Belirlenme Zamanı	Paris İklim Anlaşması	Glasgow Climate Pact
Sektör Kapsamı	Ekonomi Geneli	Ekonomi Geneli
Gaz Kapsamı	Tüm Sera Gazları	Tüm Sera Gazları

Kaynak: ETKB, CAT



Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon ve Yeşil Kalkınma Hedefleri'ni desteklemek adına birçok strateji ve planlama yapılmış, farklı uygulamalar belirlenmiş ve birçok farklı alanda yatırımlar hayata geçirilmiştir.



Türkiye Paris İklim Anlaşması'na taraf olduğunu açıklamasının ardından **2053 Net Sıfır Emisyon** hedeflerini açıklamıştır. Aralık 2022'de ise net sıfır hedefi vizyonunu destekleyen **Ulusal Enerji Planı'nı** yayınlamıştır. Ulusal Enerji Planı, Türkiye'nin Net Sıfır hedefleri kapsamında yenilenebilir enerjisinin payının artırılmasına dair aksiyonları belirlemekte ve öncelikleri vurgulamaktadır. İlk aşamada yenilenebilir enerji kurulu gücünün artırılmasını öngören Plan, devamında ise Hidrojen ve enerji verimliliği planlama ile çalışmaları başta olmak üzere emisyon azaltımında yardımcı olacak diğer teknolojilere yerli kaynaklar üzerinden yatırım yapılmasının altını çizmektedir. Ek olarak, Nisan 2023 itibarıyla Türkiye'nin **Ulusal Katkı Beyanı** güncellenmiş ve 2030 yılı için artıştan azaltım hedefi %41'e çıkarılmıştır.

Eylül 2023'de yayınlanan **Orta Vadeli Program (OVP)**'da 2023 – 2026 dönemi için ekonomik, sosyal ve çevresel hedefler ve bu hedeflere ilişkin politikalara yer verilirken, Türkiye'nin Net Sıfır Emisyon hedeflerine paralel olan Yeşil Dönüşüm programı da kapsamıştır. İklim değişikliği ile ilgili uygulamalar bütüncül olarak ele alınmış, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının yenilenebilir enerji üzerinden azaltılmasının önemi vurgulanmıştır. Ekim 2023'de yayınlanan 12. Kalkınma Planı'nda da UEP ve OVP değinilen uygulamaların devam ettirileceği belirtilmiştir.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



Mayıs 2022'de yayınlanan Ulusal Enerji Planı, Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedeflerini desteklemeye yönelik ETKB bakış açısıyla 2035 yılına kadar çizilmiş bir yol haritasıdır.

Ekim 2021'de Türkiye, Paris Anlaşması'nı imzalamıştır ve 2053 Net Sıfır Emisyon ve Yeşil Kalkınma hedeflerini duyurmuştur. Aralık 2022'da yayınlanan **Ulusal Enerji Planı (UEP)** ise, 2053 vizyonunun gerçekleştirilebilirliğini desteklemek için 2035 yılına kadar karşılanması gereken hedefleri ETKB'nin bakış açısından özetlemektedir. UEP'nin her 5 yılda bir yenileneceği belirtilmiştir.



UEP'de 2035 yılı itibarıyla elektrik tüketiminin 510,4 TWs (2023: 322 TWs)¹, elektrik kurulu gücünün ise 189,7 GW (2023: 107 GW)¹ seviyelerinde olacağı projekte edilmiştir.



Toplam kurulu güç içerisinde **yenilenebilir enerji** kurulu gücünün 2035 yılında **%65** paya sahip olacağı tahmin edilmiştir. **Güneş enerjisi kurulu gücünün ise %43 pay ile yenilenebilir enerji kurulu gücü içinde en büyük paya sahip olan teknoloji olacağı öngörülmüştür.**

2000 – 2020 yılları arası **enerji yoğunluğu** %25 azalmış olup UEP kapsamında 2035 yılı itibarıyla 2000 yılına göre **%51 azalacağı** tahmin edilmiştir. Türkiye için 2020 – 2035 dönemi için öngörülen bu oran Almanya ve Fransa için öngörülen oranlar ile benzerlik göstermektedir.



2030 yılına kadar 1,7 GW kurulu güce sahip yerli kömür santralini sisteme dahil olacağı öngörülmüşken, kömürden çıkışa dair herhangi bir planlama yer almamaktadır.



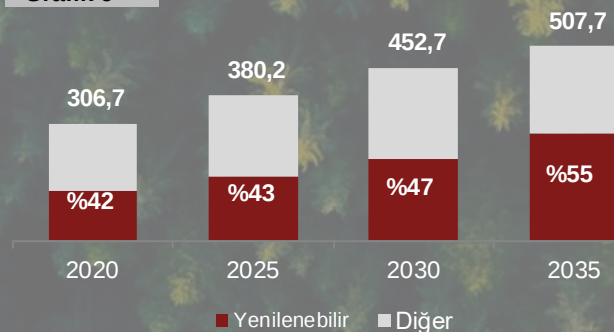
Yenilenebilir enerji kurulu gücü arttıkça kesintili elektrik üretimi de artmakta, bu da sistemde esneklik sağlayan batarya depolamalı kapasite ihtiyacını da artırmaktadır. Esneklik gereksinimlerinin karşılanabilmesi kapsamında 2035 yılında batarya kapasitesinin 7,5 GW, elektrolizör kapasitesinin ise 5,0 GW seviyelerinde olacağı öngörülmüştür.

ETKB'nin Ulusal Enerji Planına göre, 2035 yılındaki en önemli **temel hedefler** aşağıda gösterilmiştir.

	Kurulu Güç	YE Payı (%)
	52,9 GW	%43
	35,1 GW	%29
	29,6 GW	%24

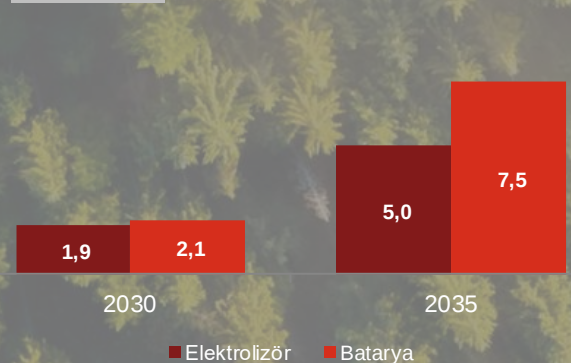
Elektrik Üretim Hedefleri (TWs), Yenilenebilir Enerji Payı (%)

Grafik 6



Elektrolizör ve Batarya Kapasitesi (GW)

Grafik 7



Kaynak: Türkiye Ulusal Enerji Planı, EPDK, TEİAŞ

¹ 2023 yıl sonu verisidir.

Ocak 2023'te ETKB tarafından yayınlanan Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası, 2053 Net Sıfır Emisyon hedefleri doğrultusunda hidrojen teknolojilerinin önemini vurgulamakta ve bu alanda Türkiye'nin hedef ve planlamalarını sunmaktadır.

Hidrojen enerjisi, hidrojenin saf halde ayrıştırılması sonucu moleküllerinde salınan kimyasal bir enerjidir. Bu enerji farklı yöntemlerle ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Elde edildiği kaynağa göre farklı şekillerde isimlendirilen hidrojen, yenilenebilir enerjiyle üretilmesi durumunda "yeşil hidrojen", fosil yakıtlar kullanılarak ayrıştırılması durumunda ise "mavi hidrojen" olarak adlandırılmaktadır. Hidrojen, enerji sektöründe sürdürülebilirlik ve temiz enerji üretimi adına büyük önem taşımakta ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak, karbon salınımını düşürmek adına öne çıkan bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası (HTSYH) kapsamında, hidrojen teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması için çalışmalar yapılarak Türkiye'nin hidrojen altyapısının güçlendirilmesi hedeflenmiştir.



Kurulu Güç Hedefleri

Elektrolizör kurulu gücünün **2030** yılına kadar **2 GW**, **2035** yılına kadar **5 GW** ve **2053** yılında **70 GW** olacağı tahmin edilmektedir.



Üretim Maliyetleri

Hidrojen üretim maliyetinin **2035** yılına kadar **2,4 ABD\$ /kgH** olması ve **2053** yılına kadar **1,2 ABD\$ /kgH**'a düşmesi beklenmektedir.



Öncelikli Sektörler

Karbon ağırlıklı sektörlerde **hidrojen kullanımının** yaygınlaştırılması için **teşvik mekanizmalarının** uygulanması



Ar-Ge Destek Mekanizması

Hidrojen üretimi ve depolanmasında yerli kaynakların kullanımına yönelik Ar-Ge destek mekanizmaları



Kamu – Özel Sektör İlişkisi

Verimliliği ve ticari talebi artırmak için **kamu ve özel sektör** işbirliğinin önceliklendirilmesi



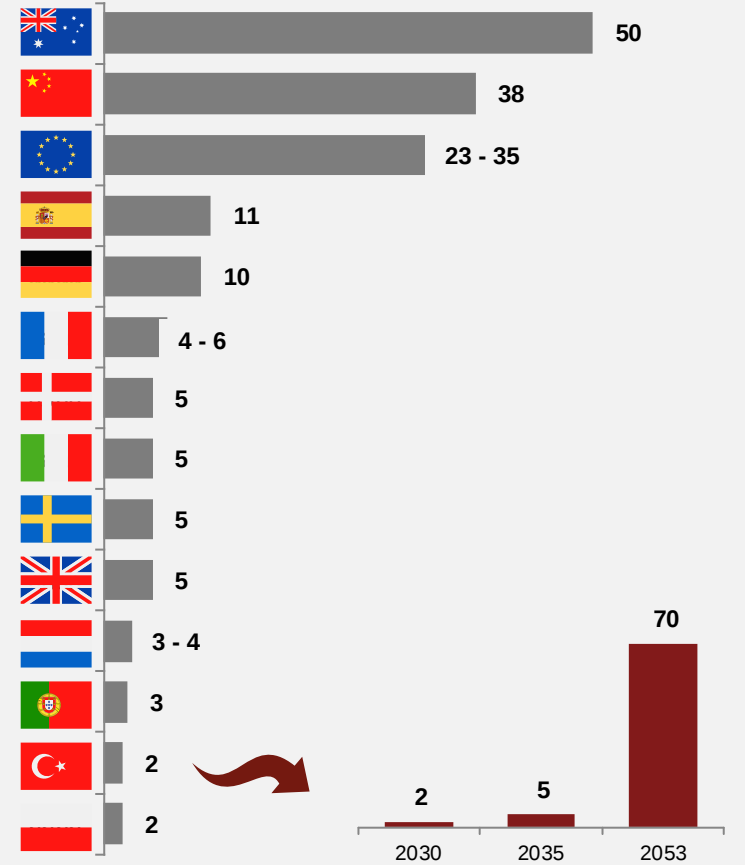
Yeşil Hidrojen ve Amonyak

Türkiye'nin ticari ortaklarına **yeşil hidrojen ve amonyak ihracatına** odaklanmak

Hidrojen ekonomisine geçişin ilk adımı olarak Balıkesir'de HYSouth Marmara Hidrojen Vadisi Projesi ve Güney Marmara Hidrojen Kıyısı Platformu Güdümlü projeleri hayata geçirilmektedir.

Grafik 8

Hidrojen santralleri konusunda ülkeler başlangıç aşamasında olmalarına rağmen birçok ülke bu alana yatırım yapmaya başlamış durumdadır. Ülkelerin 2030 için toplam **elektrolizör kapasite hedefleri (GW)** aşağıdaki gibidir:

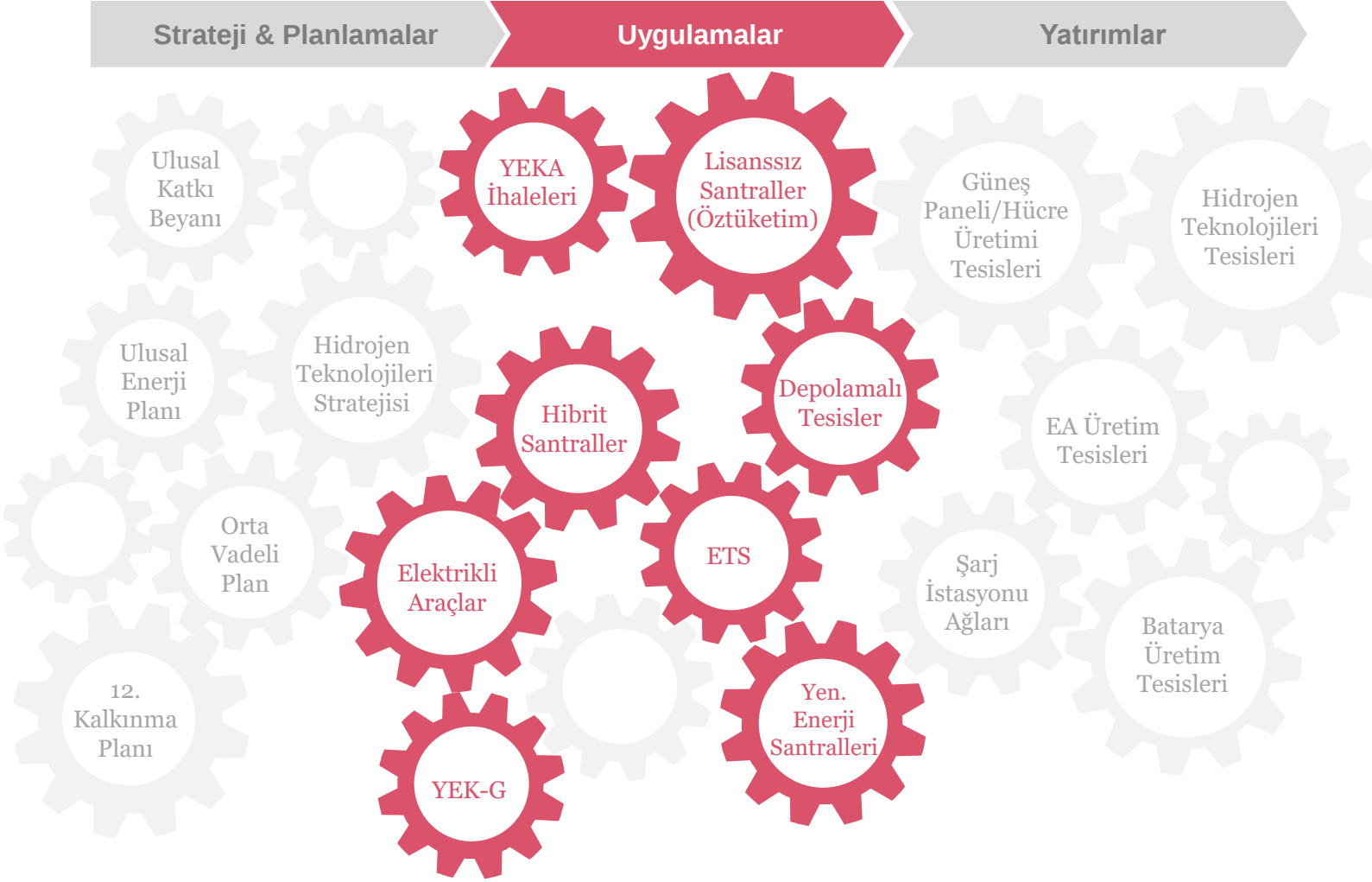


*2053 Net Sıfır Hedeflerine giden yolda Türkiye'nin elektrolizör kurulu gücünün **70 GW**'a ulaşması hedeflenmektedir.*

Kaynak: ETKB



2053 Net Sıfır emisyon hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kapasitesinin artırımına ek olarak karbon salımını azaltmak adına, elektrifikasyonu artırmaya yönelik uygulamalar ve yatırımlar hayata geçirilmiştir.



Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücünü Artırışını Destekleyen Uygulamalar

- 1 YEKA İhaleleri
- 2 Hibrit Santraller
- 3 Depolamalı Tesisler
- 4 YEK-G ve Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)



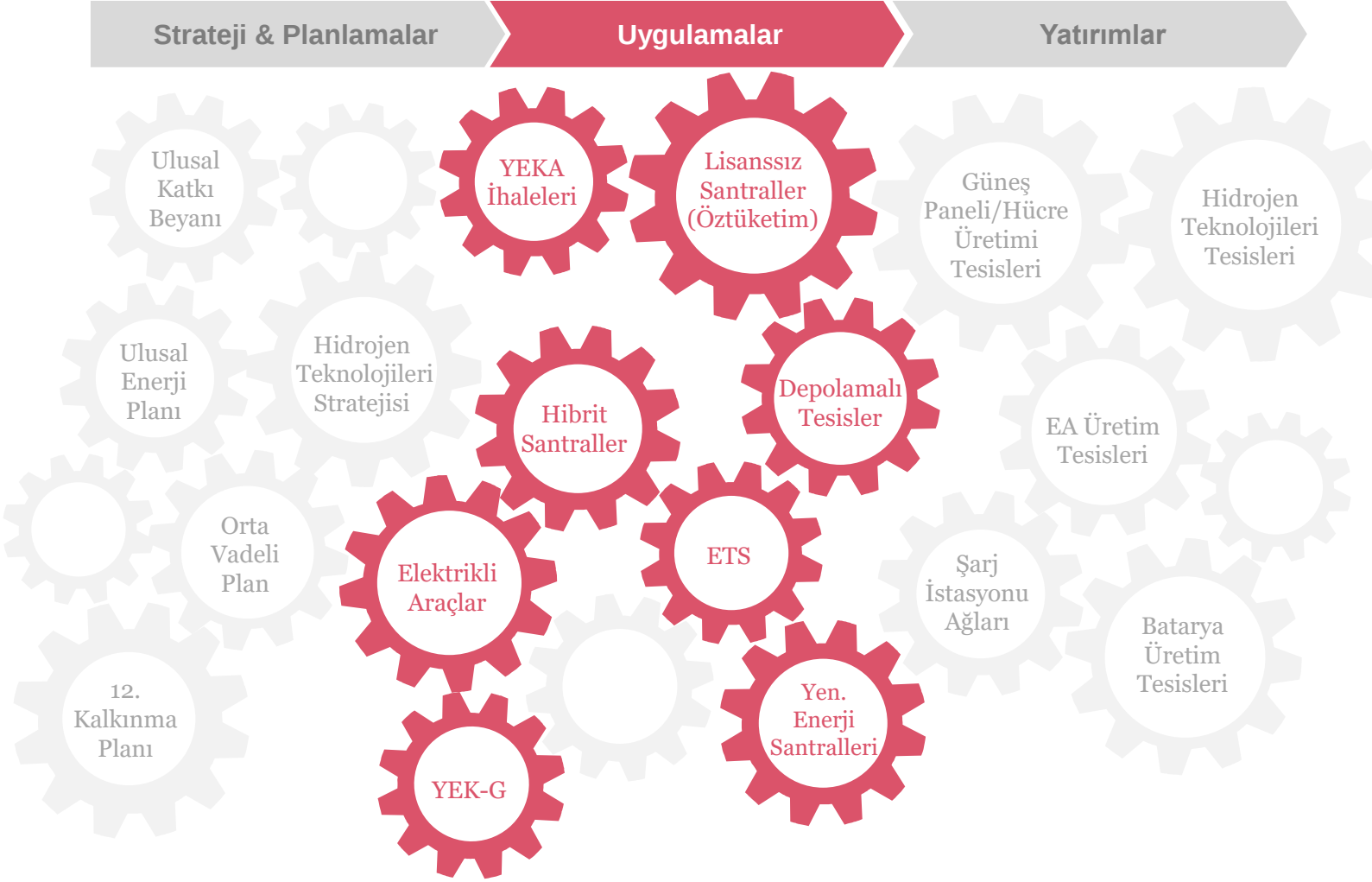
Elektriğin Daha Yaygın ve Dağıtık Kullanımını Desteklemeye Yönelik Uygulamalar

- 1 Lisanssız Santraller
- 2 Elektrikli Araçlar

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



2053 Net Sıfır emisyon hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kapasitesinin artırımına ek olarak karbon salımını azaltmak adına, elektrifikasyonu artırmaya yönelik uygulamalar ve yatırımlar hayata geçirilmiştir.



YEKA İhaleleri

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisanslı elektrik üretiminin en önemli artış kaynağı olarak son yıllarda ön plana çıkmış olan YEKA ihaleleri ilk olarak 2017 yılında gerçekleştirilmiş, 2021-2023 döneminde daha çok yatırımcıyı kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. YEKA ihaleleri kapsamında **RES için 3 ihale ve toplam 2,85 GW kurulu güç, GES için ise 3 ihale ve toplam 3 GW kurulu güç** tahsis gerçekleştirilmiştir.

OVP ve 12. Kalkınma Planı kapsamında YEKA ihalelerinde yerlilik oranı gözetilerek ihalelerin Türkiye'nin yeşil dönüşümündeki ana aktörlerden biri olması planlandığı vurgulanmıştır.



Hibrit Santraller

Hibrit santrallere ilişkin düzenlemeler Kasım 2022'de Resmi Gazete'de yayımlanan kararda ele alınmıştır.

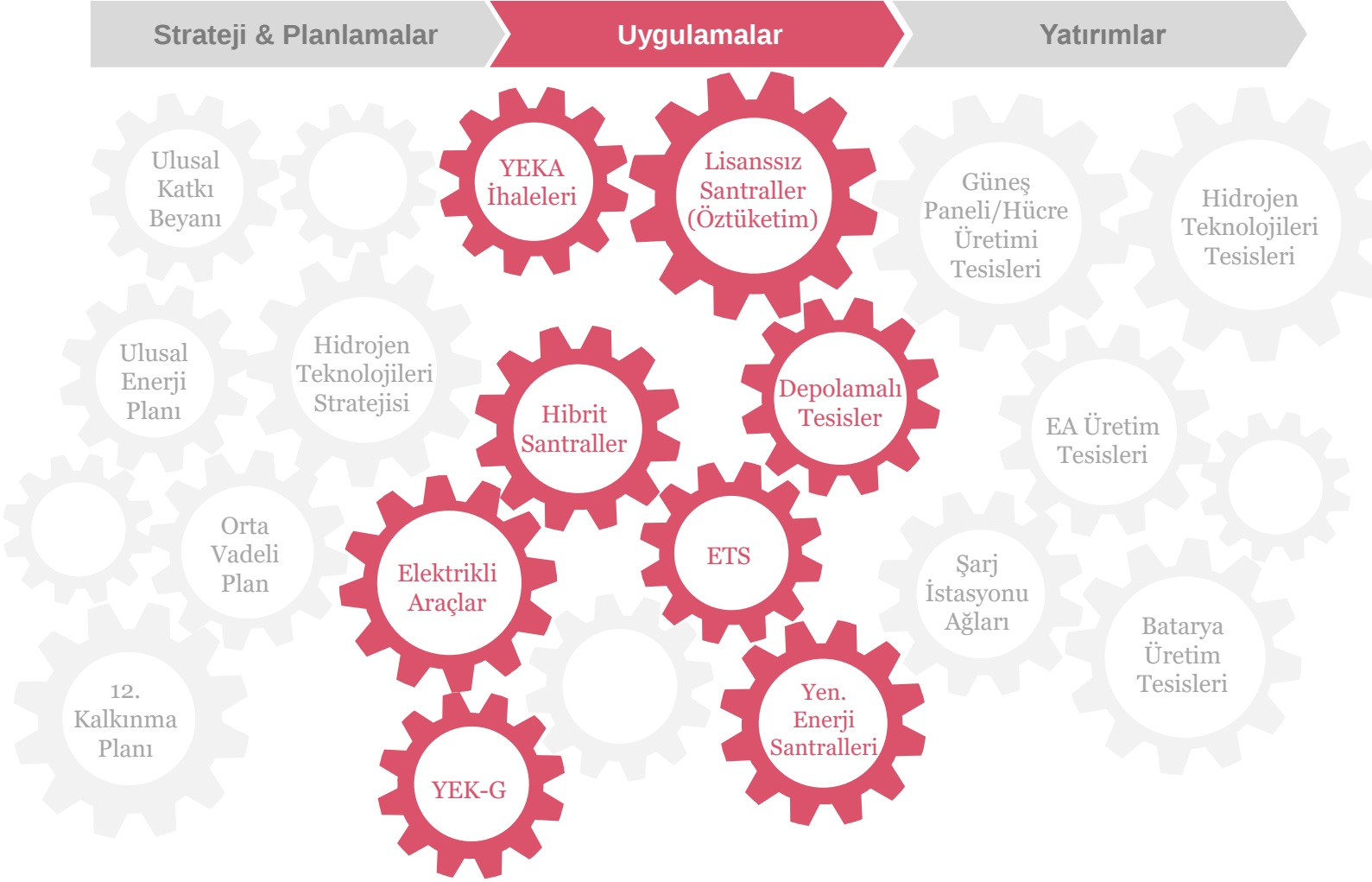
Şubat 2024 itibarıyla **lisanslı yürürlükte 247 hibrit santral** bulunmakta olup, bu santrallerin **246'sının** yardımcı kaynağı **güneş enerjisidir**.

Lisanslı yürürlükte olan hibrit santrallerin **toplam yardımcı kaynak kurulu gücü yaklaşık 2,5 GW'a** ulaşmıştır. Bu santrallerin **0,5 GW'lık kısmı faaliyette** olup, **~1,9 GW'lık kısmının faaliyete geçmesi beklenmektedir**.

Kaynak: ETKB



2053 Net Sıfır emisyon hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kapasitesinin artırımına ek olarak karbon salımını azaltmak adına, elektrifikasyonu artırmaya yönelik uygulamalar ve yatırımlar hayata geçirilmiştir.



Depolamalı Tesisler

Depolamalı tesisler için Kasım 2022'de ön lisans başvuruları EPDK tarafından kabul edilmeye başlanmış, Nisan 2023'de ilk önlisans verilmiştir.



>575

Toplam Ön Lisans¹



~ 355

Ön Lisanslı Depolamalı GES



~ 220

Ön Lisanslı Depolamalı RES

~ 13,6 GW

Ön Lisanslı Kapasite

~ 15,7 GW

Ön Lisanslı Kapasite



Lisanssız Santraller

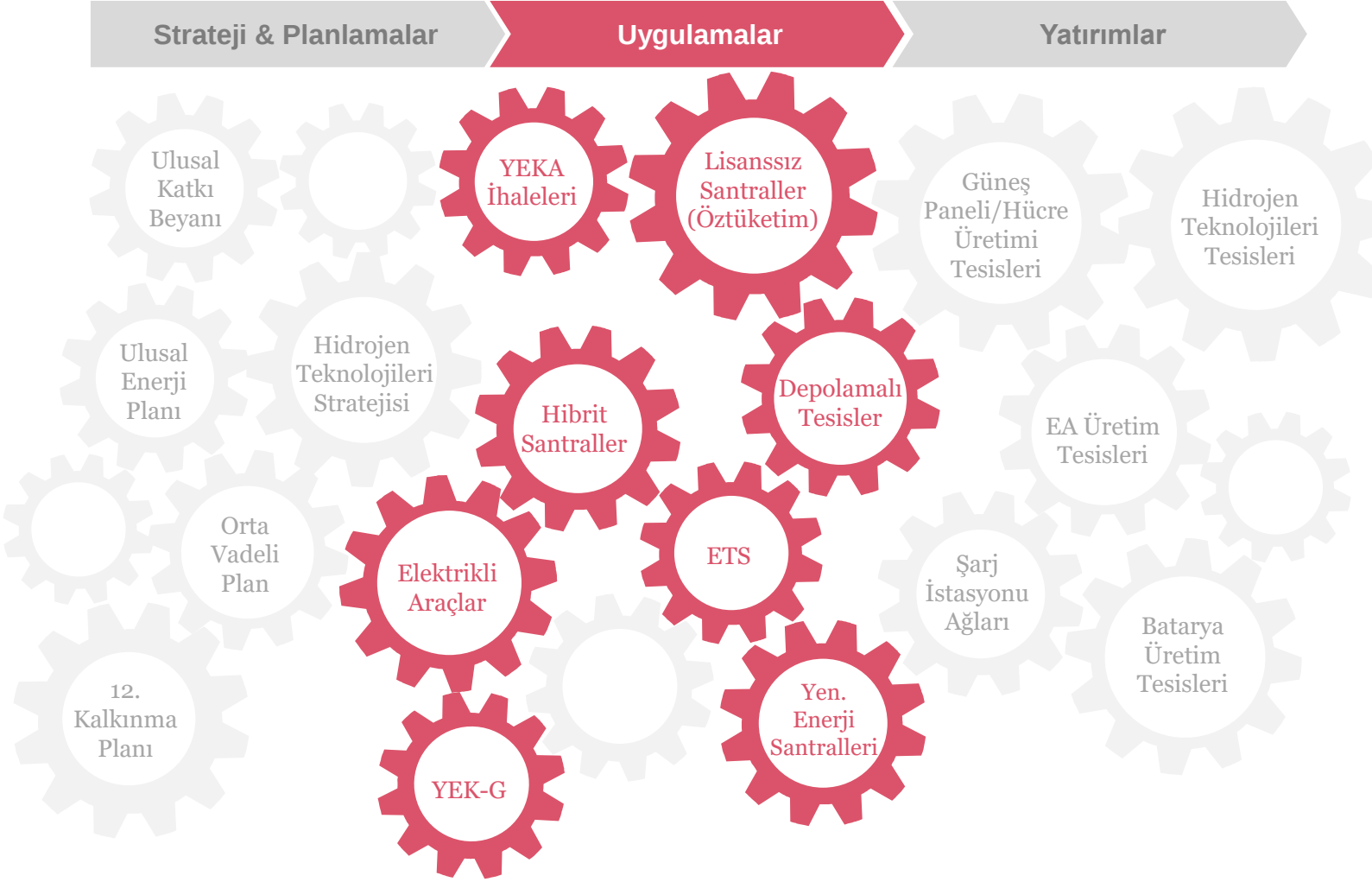
Türkiye'nin **toplam kurulu gücünün yaklaşık %10'unu** oluşturan lisanssız santraller **10,7 GW** kurulu güce sahiptir ve yaklaşık **%93'ü güneş enerjisidir**. 2019 – 2022 dönemindeki yönetmelik değişiklikleri ile lisanssız santrallerden elektrik üretiminin kişi ve kurumlarda öztüketim bazına indirgenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, elektrik maliyetlerinden tasarruf yapmak, fosil yakıt kaynağı olan emtialarda yaşanan fiyat dalgalanmalarından korunmak isteyen, karbon emisyonlarını azaltmayı hedefleyen ve gelişmiş ülke pazarlarında rekabetçi olmayı amaçlayan şirketler GES ağırlıklı lisanssız santral yatırımına öncelik vermektedir.

¹ Depolamalı tesis verileri Şubat 2024 itibarıyla gösterilmiştir.

Kaynak: ETKB



2053 Net Sıfır emisyon hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kapasitesinin artırımına ek olarak karbon salımını azaltmak adına, elektrifikasyonu artırmaya yönelik uygulamalar ve yatırımlar hayata geçirilmiştir.



Elektrikli Araçlar (EA) ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Türkiye'de ulaşım sektörünün karbon emisyonundaki payı yaklaşık %23 seviyelerinde olup, emisyonun %90'ından fazlası karayolu taşımacılığı sebebidir. Dolayısıyla, net sıfır emisyon hedeflerinde elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması önem taşımaktadır. Bu kapsamda, elektrikli araç ve batarya teknolojilerindeki ilerlemelerin yanı sıra **ÖTV indirimleri** gibi dönüşümü destekleyen teşvikler düzenlenmiş, Şarj Hizmeti Yönetmeliği Taslağı gibi düzenleyici yayımlamalar yapılmıştır.

Türkiye'de **elektrikli araç satışlarının toplam otomobil satışları içerisindeki payı 2021** yılında ortalama **%0,5** seviyelerinde iken, **2023** yılında **ortalama %7** seviyelerine yükselmiş, Eylül 2023'de ise en yüksek pay ile **%13** seviyelerine ulaşmıştır. Kasım 2023'te motor gücü 160 kW'ın altında olan elektrikli araçlar için **%10 ÖTV**'ye baz olarak alınan matrah 1,25 milyon TL'den 1,45 milyon TL seviyesine çıkartılmıştır. Aynı ay içerisinde yapılan bir diğer düzenleme ile ise AB ile Türkiye ile Serbest Ticaret Anlaşması bulunan ülkeler haricindeki tüm diğer ülkelerden Türkiye'ye ihraç edilecek elektrikli araçlar için Türkiye içi servis ile yerleşik temsilci bulundurma zorunluluğu getirilmiştir.

Ocak 2024 itibarıyla Türkiye'de satılmış olan toplam elektrikli araç sayısı 87.000'e yaklaşmıştır. Şubat 2024 itibarıyla Şarj istasyonu sayısı yaklaşık 6.700, bu istasyonlardaki toplam soket sayısı ise yaklaşık 15.000 adede ulaşmıştır ve 6 elektrikli araç başına 1 şarj soketi düşmektedir.

Ulusal Enerji Planı'nda ise elektrikli araçların pazar payının 2030 yılına kadar %25 seviyelerine ulaşacağı öngörülmüştür. Bu kapsamda elektrikli araç sayısının 1,6 milyona ulaşması beklenirken, elektrikli araç şarj istasyonu sayısının ise 100.000'e ulaşacağı öngörülmüştür.

Kaynak: ETKB, İPM, ODMD, Halka Açık Kaynaklar



Türkiye'nin Net Sıfır hedefleri kapsamında 2021'de başlayan ve elektriğin yenilenebilir kaynaklardan üretildiğini belgeleyen YEK-G uygulamasına ek olarak, karbon emisyonlarını sınırlamak amacı ile AB modelini baz alan ETS de oluşturulması planlanmaktadır.

YEK-G Sertifika Uygulaması

Haziran 2021'den bu yana faaliyette olan **YEK-G sistemi**, yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin tüm aşamalarını takip etmek üzere tasarlanmıştır. Yenilenebilir enerji üretim ve tedarik lisansına sahip şirketler gönüllülük esasına göre sisteme katılabilmektedir. YEK-G sertifikaları her 1 MWs elektrik için üretilebilmektedir, uluslararası tanınırlığa sahiptir ve karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılabilmektedir.

YEK-G Sertifikasının Takas Yöntemleri



İkili Anlaşmalar

Sertifikalar, sistem kullanıcıları arasında imzalanan ve EPIAŞ'a bildirilen anlaşmalar yoluyla devredilmektedir.



Organize YEK-G Pazarı

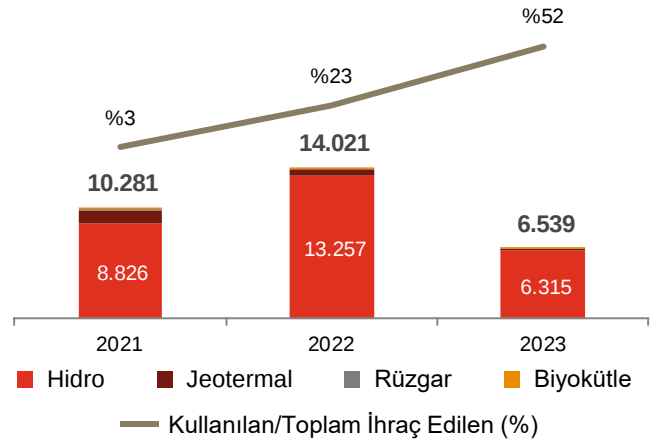
Sistem kullanıcıları, YEK-G sertifikaları için organize piyasa aracılığıyla takasta da bulunabilmektedir.



Bir YEK-G sertifikası, üretim döneminden itibaren 12 ay sonra kullanım için işleme alınmamışsa, o sertifika ilga edilir. Süresi dolan sertifikalar ise imha edilir ve başka bir kullanım için işleme alınamaz.

Grafik 9

Organize Piyasada İhraç Edilen YEK-G Belgelerinin Toplam Kapasitesi (GWs)



Yerli ETS Çalışmaları

EPDK, sera gazı emisyonlarının uygun maliyetli ve verimli bir şekilde azaltılmasını teşvik etmek amacıyla bir karbon piyasasının kurulmasını önermektedir. Bu kapsamda karbon emisyonu tahsisatlarının AB ETS'ye benzer şekilde Türkiye kapsamında oluşturulacak bir yerli ETS içerisinde dağıtılması planlanmaktadır.

EPDK, yerli karbon piyasası sistemi için 'Karbon Piyasalarının İşletmesine İlişkin Yönetmelik Taslağı' hazırlamıştır ve kamuoyunun görüş ve fikirlerini almayı amaçlamıştır. Hazırlanan taslak Yönetmeliğin ilerleyen aylarda nihai hale getirileceği ve sürecin devamında Türkiye karbon piyasasının oluşturulacağı tahmin edilmektedir.

YEK-G Sertifikası

Kullanılan elektriğin yenilenebilir enerji kaynağından üretilmiş olduğunu belgelemektedir, bu sebeple elektriğin kaynağını sertifikalayan bir uygulamadır.

Yerli ETS

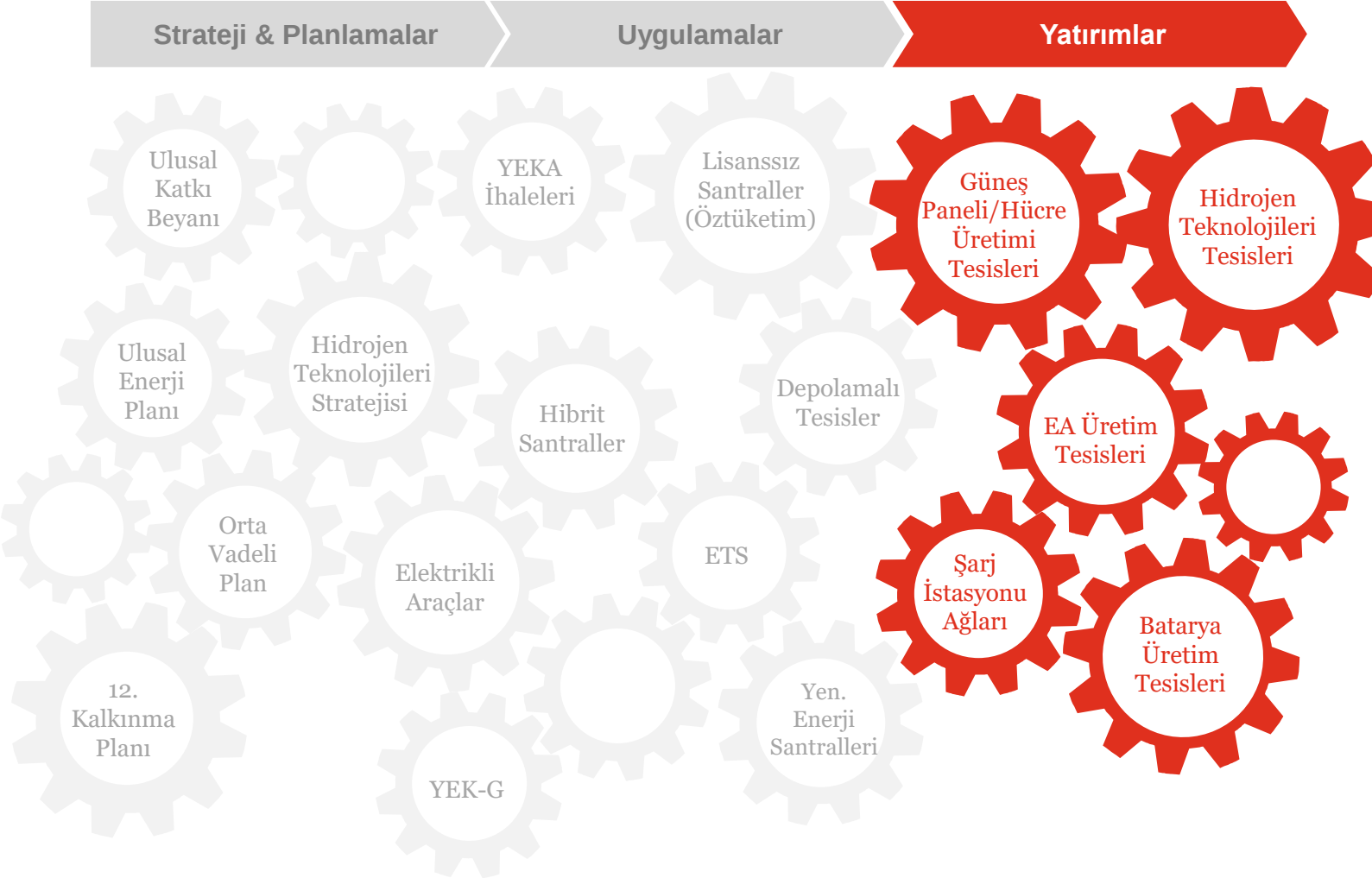
Bir karbon piyasası uygulaması olarak planlanmış, ve AB'nin ETS sistemi baz alınarak kurgulanmıştır. Karbon emisyonu özelinde oluşturulmuştur.

Hem YEK-G sertifika sistemi, hem de yerli ETS uygulamaları Türkiye'nin Net Sıfır hedeflerine ulaşma kapsamındaki yenilenebilir enerji dönüşümünün parçası olarak planlanmıştır. Bu kapsamda, iki uygulamanın sürecinin birbirlerini destekler nitelikte orta ve uzun vadede devam edeceği tahmin edilmektedir.

Kaynak: EPIAŞ, EPDK, PwC Analizi



2053 Net Sıfır emisyon hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kapasitesinin artırımına ek olarak karbon salımını azaltmak adına, elektrifikasyonu artırmaya ve hidrojen teknolojilerini geliştirmeye yönelik uygulamalar ve yatırımlar hayata geçirilmiştir.



Güneş Paneli/Hücre Üretim Tesisleri	Türkiye yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesinin artırılması ve onları destekleyen uygulamaların da etkisiyle hücre üretim yetkinliğine sahip tesislere kavuşmuştur. Sektör oyuncularının ek hücre ve panel yatırımları devam etmektedir.	
Hidrojen Teknolojileri Tesisleri	Hidrojen ekonomisine geçişte hidrojen teknolojilerinin ve üretiminin geliştirilmesi için farklı bölgeler ve ortaklıklar ile Ar-Ge çalışmaları devam etmekte, bu alanda yatırımlar hız kazanmaktadır.	
EA Üretim Tesisleri	Ulaşım sektöründe elektrifikasyonun artırılması kapsamında EA payının artırılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda başta yerli girişim TOGG faaliyete geçerken, Ford Otosan, Toyota ve TEMSA da Türkiye içerisinde EA üretimi gerçekleştirmektedir.	
Şarj İstasyonu Ağları	Elektrikli araç parkı artarken şarj istasyonu ağlarının gelişimi önem kazanmıştır. Türkiye'de farklı oyuncular toplamda 6.700 şarj istasyonuna sahip bir şarj ağı ekosistemi oluşturmaktadır.	
Batarya Üretim Tesisleri	Güncel durumda, Pomega ve Aspilsan batarya yatırımları faaliyete geçmiştir. Bu girişimlere ek olarak YEO/Reap Battery ve TOGG/Siro gibi diğer oyuncular da batarya üretim tesisi yatırımları yapmaktadır.	

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



Yenilenebilir enerji kurulu güç artışı göz önünde bulundurulduğunda güneş paneli ve batarya üretimine ilişkin yatırımlar dışa bağımlılığı azaltmak açısından önem taşımaktadır.

Öne Çıkan Güneş Hücresi ve Paneli Yatırımları

1

Kalyon PV

Kalyon PV, 2017 yılında gerçekleştirilen YEKA GES-1 ihalesini kapsamında, ihale şartnamesinde belirtilen **tam entegre bir güneş paneli üretim tesisinin** inşa edilmesi amacı ile Kalyon Holding tarafından Ankara'da kurulmuştur. Dünyadaki sayısı, Avrupa'daki tek entegre panel üretim fabrikası olup birçok Ar-Ge çalışması sürdürmektedir.

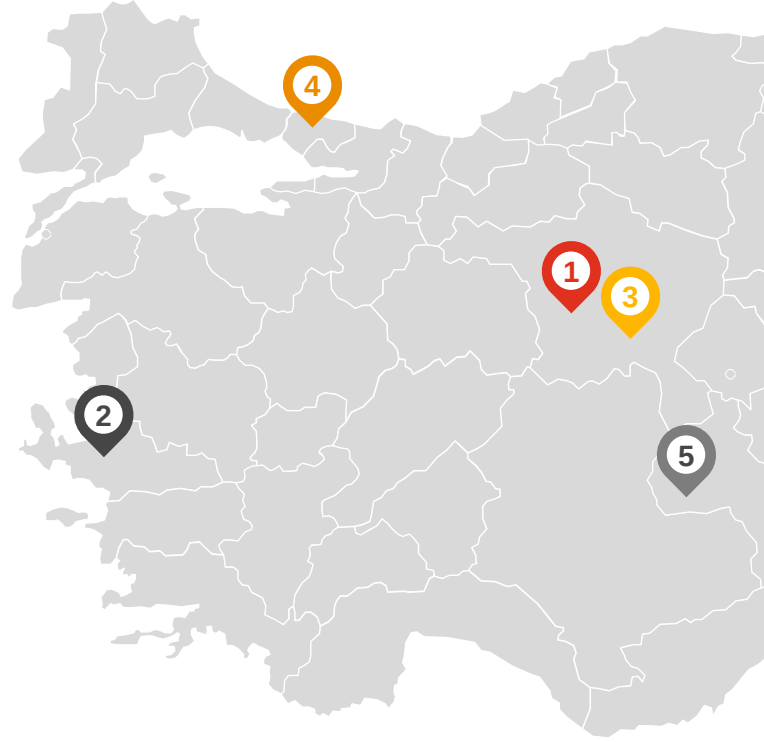


Türkiye'de birçok şirket güneş paneli üretimi yapmakta, bu üreticiler kapasite artırmaktadır. Ancak tam entegre güneş paneli üretim tesisi ile Kalyon PV diğer oyuncularından ayrılmaktadır.

2

Smart Güneş

Smart Güneş, 2014 yılında kurulmuş olup, Gebze ve Dilovası'nda bulunan üretim tesisleri ile panel üretimi yapmaktadır. Smart Güneş, İzmir/Aliağa'da kurulumu tamamlanmış olan yeni tesisinde panel üretiminin yanı sıra hücre üretimine de başlamayı hedeflemektedir.



Öne Çıkan Batarya Yatırımları

3

Pomega Enerji Teknolojileri

Kontrolmatik Technologies'in bir iştiraki olan Pomega, Ankara/Polatlı'da 3 GW kapasiteli LFP pil hücresi ve enerji depolama sistemleri yatırımı gerçekleştirmektedir. LFP pil hücresi/paketi, hibrit enerji çözümleri, elektrikli araç şarj destek sistemleri üretimi yapılması planlanan tesisin **2023** itibarıyla 0,7 GWs'lik 1. Faz'ı tamamlanmıştır.



Birçok enerji ve teknoloji şirketi batarya üretim tesislerine odaklanmaya başlamış ve Türkiye'deki tesis yatırımı süreçleri hızlanmıştır.

4

Reap Battery

Reap Battery, YEO Teknoloji'nin bir iştiraki olarak İstanbul/Tuzla'da yeni bir üretim tesisi yatırımı yaparak enerji depolama teknolojileri geliştirmek üzere kurulmuştur. Büyük ölçekli enerji depolama çözüm sistemleri sunmayı planlayan Reap Battery 2024 yılının ikinci yarısında seri üretime başlamayı, ilk yıl içerisinde 1 GWs kapasiteye ulaşmayı hedeflemektedir.



5

Aspilsan

Aspilsan Enerji tarafından Türkiye'nin **ilk lityum iyon pil üretim tesisi** Kayseri'de kurulmuştur. 220 MWs üretim kapasitesine sahip tesisin kurulumu Ekim 2020'de başlamış, Haziran **2022** itibarıyla ise tesis seri üretime geçmiş olup Avrupa'da lityum iyon pillerin seri üretimini yapan ilk firmadır.



Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



Ulusal Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası ile Türkiye'de yeşil hidrojene yönelik yatırımların ve odaklanmanın hızlanması beklenmektedir.

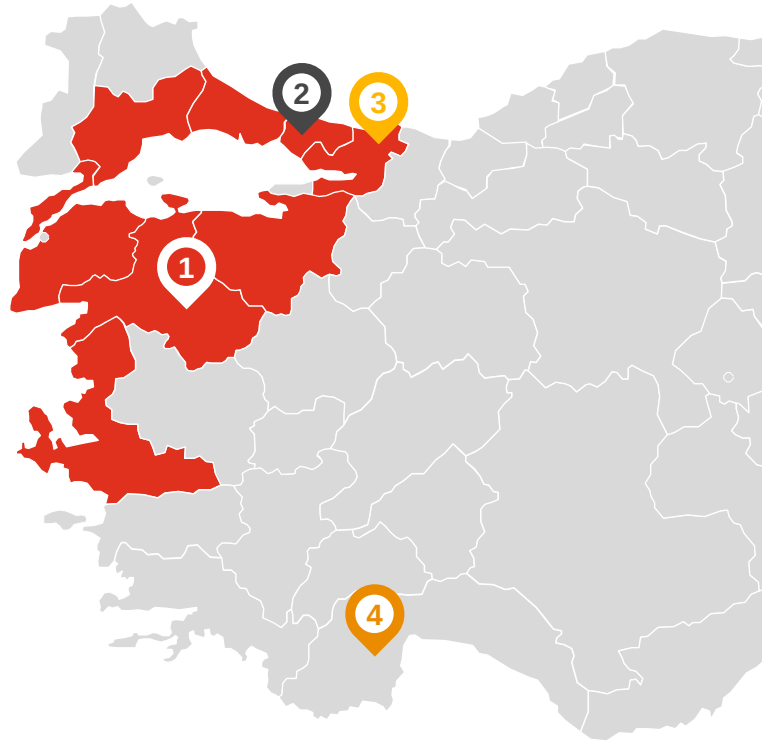
1 Güney Marmara Hidrojen Kıyısı & Güney Marmara Hidrojen Kıyısı Platformu

HYSouth Marmara Vadi Projesi olarak da bilinen proje, hidrojen ekonomisine geçişteki ilk adım olarak görülmekte ve projenin 5 yıl sürmesi planlanmaktadır. Enerjisa Üretim'in, Bandırma Enerji Üssü'nde, yılda 500 ton yeşil hidrojen üretimi hedeflenmiş olup, üretilen hidrojenin Güney Marmara'da yer alan tesislerde kullanılması planlanmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin dışa bağımlı olduğu metanol ve amonyağın da yeşil yöntemlerle üretilmesi hedeflenmektedir. Proje kapsamında Sodyum Borhidrür üretimi yatırımı da yapılarak katı fazda hidrojen depolama çalışmaları sürdürülecektir.

Güdümlü Projesi kapsamında ilk yerli yeşil hidrojen üretim tesisinin Bandırma Enerji Üssü'ne kurulması planlanmaktadır. Türkiye'nin ilk yeşil endüstrisi ve hidrojen eğitim merkezinin fizibilite çalışması yapılacaktır.



Güney Marmara Hidrojen Kıyısı (HYSouth Marmara Vadi Projesi) ve Güney Marmara Hidrojen Kıyısı Platformu Güdümlü Projesi Türkiye'de hidrojen üretimi ve teknolojileri alanında geliştirilen önemli projelerdir.



2 Hidrojen Teknolojisi Ar-Ge Projesi

SOCAR Türkiye Ar-Ge ve İnovasyon Merkezi ve Sabancı Üniversitesi işbirliği ile **Hidrojen bazı** teknoloji çalışmaları yapılmaktadır. Proje kapsamında elektrolizör maliyetinin düşürülmesi, verimlilik ve kullanım ömrünün artırılması amaçlanmaktadır.



3 TÜPRAŞ Yeşil Hidrojen Projesi

TÜPRAŞ, 2025 yılında **Kırıkkale** ve **Batman**'da bulunan güneş enerjisi santrallerinde **yeşil hidrojen üretmeyi**, üretilen yeşil hidrojenin **lojistik** ve **taşımacılık** sektörüne satılması planlanmaktadır.



4 GAZBİR Hidrojen Projesi

Hidrojen **Ar-Ge laboratuvarı** olan **Hyvillage** projesi 2021 yılında kurulmuştur. Araştırmalar, doğal gaz karışımının %20'ye kadarının hidrojenle oluşabileceğini göstermiştir. HyVillage **projesinin amacı**, **hidrojeni doğal gaza** belirli oranlarda karıştırmak ve karışım gazını konutlara, test laboratuvarlarına ve merkezi ısıtma sistemi test laboratuvarlarına tedarik etmektir.



Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



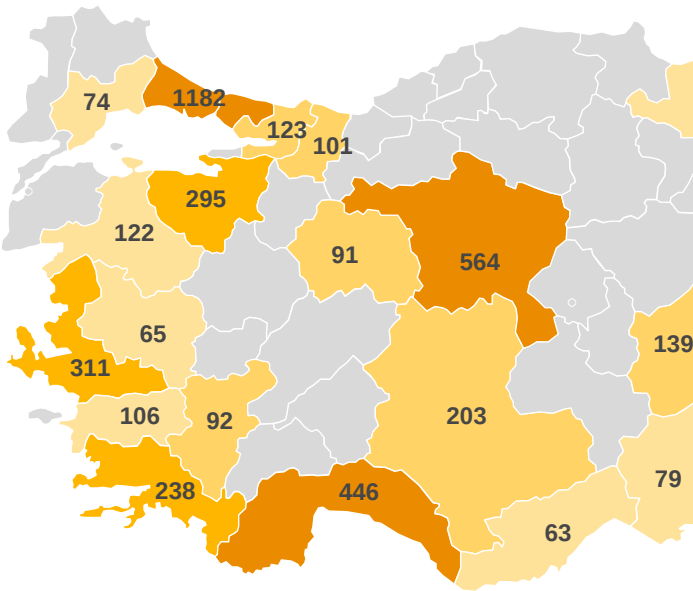
Elektrikli araç pazar payındaki artış göz önünde bulundurulduğunda elektrikli araç şarj istasyonu yatırımları kritik role sahip olmaktadır.

Zorlu Energy Solutions – ZES	Eşarj
2018 yılında faaliyete geçen ZES Türkiye'deki en yüksek şarj istasyonu sayısına sahip sağlayıcıdır. Eylül 2022'de ZES'in %51 hissesi Kuveyt Varlık Fonu tarafından satın alınmıştır. Kuruluş: 2018 Toplam Şarj İstasyonları¹: 1.689 AC Şarj Soketleri¹: 3.004 DC Şarj Soketleri¹: 429 Şarj İstasyonu Pazar Payı: ~%29	Eşarj 2008 yılında kurulmuş olup, 2018 yılında çoğunluk hissesi Enerjisa Enerji tarafından satın alınmıştır. Kuruluş: 2008 Toplam Şarj İstasyonları¹: 506 AC Şarj Soketleri¹: 255 DC Şarj Soketleri¹: 955 Şarj İstasyonu Pazar Payı: ~%9

Diğer Oyuncular

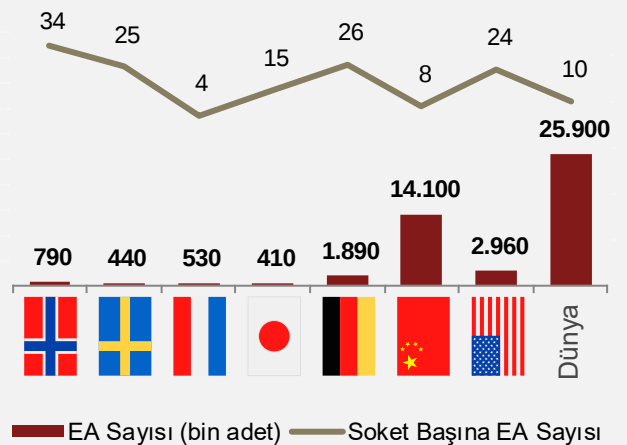


Şubat 2024 itibarıyla **toplam şarj istasyonu sayısı yaklaşık 6.700**, bu istasyonlardaki **soket sayısı 8.563 AC ve 4.413 DC olmak üzere toplam 15.000** adede ulaşmıştır. **1 şarj soketi başına 6 elektrikli araç** düşmekte olup soket yoğunluğu genellikle Türkiye'nin batısında konumlanmış durumdadır.



Soket başına araç sayısı araç parkına da bağlı da olarak değişiklik göstermektedir. Türkiye soket başına araç sayısı oranında 2022 itibarıyla dünya ortalamasının üstünde kalmaktadır.

Grafik 10



¹ Şubat 2024 itibarıyla gösterilmiştir.

Kaynak: IEA, Halka Açık Kaynaklar, EPDK



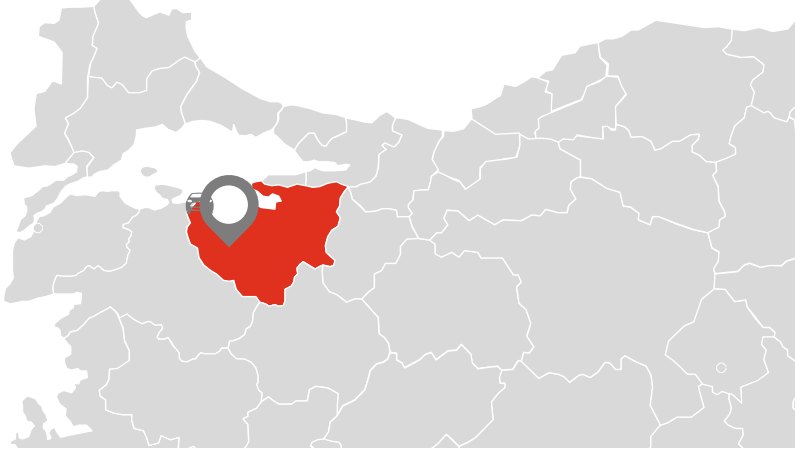
Türkiye'de ilk yerli elektrikli araç girişimi olan TOGG satışları başlamış, elektrikli araç batarya üretimi yatırımları hız kazanmıştır.



Türkiye'nin Otomobil Ortak Girişim Grubu (TOGG)

Türkiye merkezli elektrikli otomobil üreticisidir.

2018 yılında Anadolu Grubu, BMC, Turkcell, Zorlu Holding ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği ortaklığında kurulmuştur. Nisan 2023 itibarıyla bir modelinin satışlarını başlatmış olup **2030** yılına kadar **5 farklı model** üretmeyi ve 1 milyon üretim adedine ulaşmayı hedeflemektedir. TOGG, 2023 yılı ilk 6 ayında 808 adet satış gerçekleştirmiştir.



Trugo, %100 TOGG iştirakinde kurulmuş olan şarj istasyonu hizmet sağlayıcısıdır. Trugo, Ağustos 2023 itibarıyla Türkiye'de tüm illerde toplamda 272 istasyon ile hizmet vermektedir.



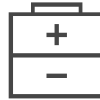
TOGG Eylül 2021'de Farasis Energy Inc. Ortaklığında **Siro Silk Road Temiz Enerji Depolama Çözümleri Teknolojileri**'yi kurmuştur. Siro otomotiv ve otomotiv dışı kullanım için enerji depolama çözümleri sunmak amacıyla kurulmuş, 2023 yılı

itibarıyla geliştirdiği batarya modül ve paketlerinin üretimine başlamıştır. 2026 yılında batarya üretimine de başlamayı ve 20 GWs üretim kapasitesine ulaşmayı hedeflemektedir. TOGG Siro, Ocak 2024'de makina ve ekipman yatırımında kullanmak üzere 400 milyon Yuan tutarında uzun vadeli yatırım kredisi anlaşması imzalamıştır.

Türkiye'de elektrikli araç batarya üretimi alanında faaliyet gösteren ve yatırım aşamasında olan farklı şirketler bulunmaktadır.



TEMSA, 2021 Adana'da kurulan üretim tesisinde Ar-Ge faaliyetleri yürütmekte ve EA bataryaları üretmektedir. TEMSA, 2025 yılında toplam otobüs hacimlerinin yarısından fazlasının elektrikli olmasını hedeflemektedir.



2024 yılı itibarıyla 1kg ve daha ağır olan prizmatik LFP pillerin Uzakdoğu ülkelerinden ithalatına %30 ek gümrük vergisi getirilmiştir. Bu değişiklik ile Türkiye'de bulunan batarya üreticileri ithalatlara karşı avantaj sahibi olmuştur.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



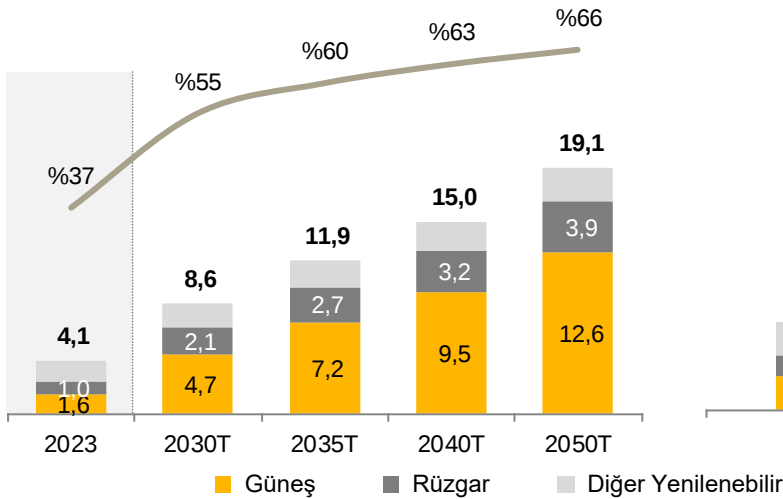
2050 Net Sıfır emisyon hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kurulu gücü hızla artış gösterirken, güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kurulu gücü içerisindeki payının 2050 yılında %66 seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir.

2022 yılı CO₂ emisyonu sektörel dağılımı gösterilmiştir. Endüstriyel üretim ve enerji sektörü başta olmak üzere, net sıfır hedefleri doğrultusunda **karbon emisyonu azaltımı** adına alınabilecek **temel aksiyonlar** belirlenmektedir.



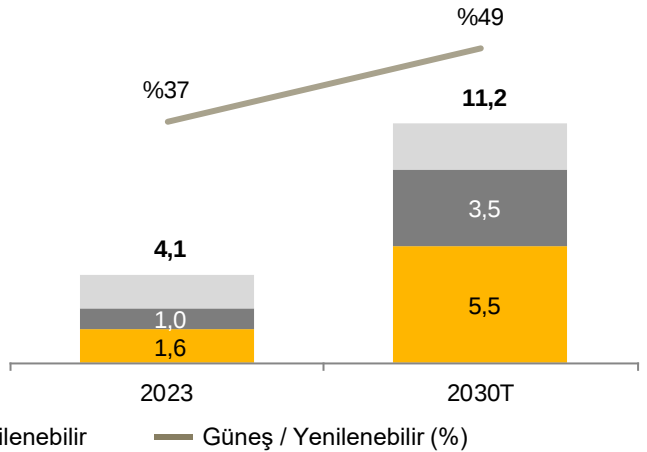
Grafik 11

Dünyada Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Tahminleri (IEA, TW)



Grafik 12

Dünyada Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Tahminleri (IRENA, TW)



Güneş Enerjisinin Diğer Yenilenebilir Kaynaklara Kıyasla Sağladığı Avantajlar



Düşük kurulum/işletme maliyeti ve kurulum kolaylığı



Dağıtık enerji sistemleri için uygun olması



Hibrit enerji sistemleri için en uygun teknoloji olması



Şehir ve arazi ekosistemlerine farklı uygulamalar ile entegrasyon imkanı (Çatı – Tarım – Yüzer GES sistemleri)

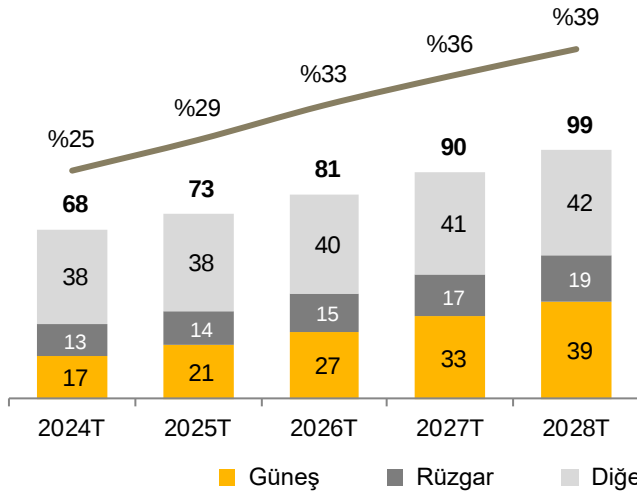
Kaynak: IPCC, IEA, IRENA



Türkiye’de yenilenebilir enerji kurulu gücü artarken, güneş enerjisinin yenilenebilir enerji içerisinde aldığı payın da artacağı öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kapasitesinin artırılmasına yönelik uygulamalarda güneş enerjisi en çok tercih edilen kaynak olarak öne çıkmaktadır.

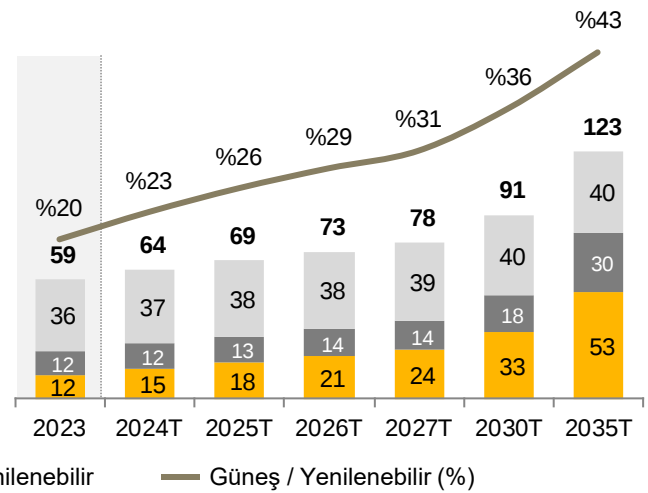
Grafik 13

Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Tahminleri (IEA, GW)



Grafik 14

Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Tahminleri (UEP, GW)



Yenilenebilir Enerji İçerisinde Güneş Enerjisinin Payı

Küresel yenilenebilir enerji artış trendlerine paralel olarak Türkiye’de de toplam yenilenebilir enerji kurulu güç tahminleri içerisinde güneş enerjisinin en yüksek paya sahip olan kaynak olacağı tahmin edilmiştir. ***Türkiye’de yenilenebilir enerjinin kurulu gücünü artırmaya yönelik uygulamalar ağırlıklı olarak güneş enerjisi kullanılmaktadır.***

Lisanssız Santraller



Türkiye'de Şubat 2024 itibarıyla faaliyette olan toplam 10,7 GW lisanssız kurulu gücünün 10 GW'ı lisanssız GES'lerden oluşmaktadır. Öztüketim kapsamında gerçekleştirilecek lisanssız GES yatırımları ile güneş enerjisinin payının daha da artacağı öngörülmektedir.

Hibrit Santraller



EPDK tarafından Şubat 2024 itibarıyla lisans almış **247 hibrit santralden 246 adedi** hibrit GES'tir. Yardımcı kaynağı güneş enerjisi olan hibrit santrallerin yardımcı kaynak kurulu gücü toplam 2,5 GW olup, ~540 MW'ı güncel olarak faaliyettedir.

YEKA ihaleleri



GES için 3 YEKA ihalesinde toplam 3 GW kurulu güç, RES için de 3 YEKA ihalesinde toplam 2,85 GW kurulu güç tahsis edilmiştir. YEKA GES-5, 1,2GW kurulu güç tahsisi ile planlanmakta olup, YEKA Deniz Üstü RES için ise planlama devam etmektedir.

Depolamalı Santraller



Depolamalı santral önlisans başvuruları kapsamında, depolamalı GES için yaklaşık 355 önlisans - 13,6 GW kapasite, depolamalı RES için ise 220 önlisans – 15,7 GW kapasite tahsis edilmiştir. Önlisans başvuruları Ekim 2023 itibarıyla durdurulmuştur.

Kaynak: IEA, Ulusal Enerji Planı

Güneş enerjisinden elektrik üretimi alanındaki yeni teknolojilerden olan Tarım ve Yüzer GES, dünyanın farklı noktalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.



Dünya nüfusunda gözlemlenen hızlı artış ile birlikte gıda ve enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bu alanda yüksek çözüm sunma potansiyeli taşıyan agrisolar, tarım uygulamalarını güneş enerjisi sistemleri ile entegre eder, tarım ve enerji sektörünü bir araya getirerek karşılıklı faydalanılabilir bir model sunar. Agrisolar (Tarım GES), tarım makinelerinin gücünün güneş enerjisinden sağlaması, tarım alanlarındaki çatılara güneş enerjisi panellerinin yerleştirilmesi gibi uygulamaları kapsamanın yanı sıra, Agrivoltaic (Agri-PV) çözümleri ile panel kurulumu ile tarımsal faaliyetlerin güneş ışığı yönetimi gibi farklı perspektifler gözetilerek entegre edilmesini de ifade eder. Bulundukları iklime göre panellerin gölgelemesi ile güneş ışığı yönetilerek gıda üretiminde verimlilik artırılabilirken, güneşlenme potansiyeli yüksek alanlara kurulum yapılması elektrik üretiminin artırılmasını da sağlar.

Güneş paneli kurulumu için güneşlenme potansiyeli yüksek alanlar sağlar, arazi kullanım verimliliğini artırır.



İyi güneşlenen alanlarda yüksek elektrik üretim potansiyeli yaratır. Tarımsal faaliyetlerde sürdürülebilirlik artışı sağlar.



Tarımsal faaliyetleri beklenmedik hava olaylarından koruyarak, yüksek verimlilik potansiyeli yaratır.



Aşırı güneş radyasyonundan korurken, topraklarda daha az su kaybı ile yüksek nemlilik sağlar, su tüketimini azaltır



Kırsal bölgelerin daha rekabetçi ve sürdürülebilir olmasına destek olur.



Birçok ülkede örneklerine sıkça rastlanmaya başlanan agrisolar, yüksek kurulum potansiyeli taşımaktadır. Sürdürülen tarım faaliyeti ile entegre edildiği sürece, yükseltilmiş güneş panelleri ile ekinlerde, seralarda; yere kurulum ile hayvancılık alanında agrisolar uygulamaları yapılabilmektedir.

Panel üreticileri agrisolar uygulamalarında kullanılması kapsamında Ar-Ge çalışmaları sürdürürken, ülkeler de agrisolar uygulamalarının gelişimini desteklemekte, bu konuda teşvik ve düzenleyici çerçeveler belirlemektedirler.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



Tarım ve enerji sektörünü entegre eden Tarım GES uygulamalarının Türkiye'de de yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Enel Green Power, İspanya'da Los Naranjos ve Las Corchas projeleri kapsamında her biri 50 MW, toplam 100 MW kurulu güce sahip, yaklaşık 60 milyon EUR yatırım ile tarım GES inşa etmiştir. Yılda 202 GWs elektrik üreten tesis, yaklaşık 25.500 hanenin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır.

Baofeng Group, Çin'in Ningxia şehrinde goji çileği tarımı yapılan bölgeye 1 GW'lık Tarım GES projesi planladığını duyurmuştur. Yaklaşık 640 MW'lık kısmı tamamlanmış ve şebekeye bağlanan projede yükseltilmiş güneş panelleri kullanılmış ve böylelikle tarım için optimal bakım şartları sağlanmıştır.

Almanya merkezli enerji şirketi BayWa, Hollanda'da toplamda 4500 tesis ile her yıl yaklaşık 400 haneye yetecek kadar yeşil enerji üretmesinin yanında 23 ton frenk üzümü hasat edecektir.

Enel Green Power, İtalya'nın Viterbo şehrinde 170 MW kapasiteleri tarım GES tesisinin çalışmalarına başladığını duyurmuştur. Proje İtalya'daki en büyük Tarım GES projelerinden biri olacaktır. Tesisin yıllık 280 GWs elektrik üretmesi ve 111.000 haneye elektrik sağlaması öngörülmektedir.

Canadian Solar'ın Avustralya Mildura yakınlarında geliştirdiği 121.6 MW'lık Carwarp Solar Farm ve İspanyol Fotowatio Renewable Ventures'ın geliştirdiği 98.8 MW'lık Winton Solar Farm, öne çıkan projelerdendir.

Türkiye'de Agrisolar Örnekleri

1 Ayaş Tarım GES

Ankara'da kurulan Ayaş Tarım GES, Türkiye'nin ilk güneş takip sistemli güneş enerjisi santralidir. Toplam 122 kW güce sahip sistemde yükseltilmiş paneller kullanılmış, elektrik üretimi ve tarım faaliyetlerinin bir arada sürdürülmesi sağlanmıştır. ODTÜ-GÜNAM tarafından yürütülen projeye Kalyon PV panel, CW Enerji ise invertör desteği sağlamıştır. Ayrıca ODTÜ – GÜNAM projeleri kapsamında 2024 yılında da Kayseri'de 1, Bursa'da 2 adet olmak üzere tarım GES projesi planlanmaktadır.

2 Komşuköy Projesi

Enerjisa Üretim, İstanbul'da 20 kW güce, 24 KWs depolama kapasitesine sahip Agrisolar sistem projesi Komşuköy'ü başlatmıştır. Komşuköy projesi kapsamında, sistemin kendi tüketimi için elektrik üretimi yapılırken, gölge toleransı yüksek bitkiler üzerinde ürün verimliliği açısından çalışmalar da yapılacaktır.

3 PV4Plants

Horizon projesi kapsamında Türkiye, İspanya ve Danimarka'da yürütülecek olan PV4Plants Kalyon PV koordinatörlüğünde, ODTÜ – GÜNAM, YTÜ ve diğer 14 kuruluş ile birlikte arazi kullanım verimliliği, mahsul verimliliği ve yenilenebilir enerji üretimini artırmayı hedeflemektedir.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



2022 itibarıyla küresel yüzer GES kapasitesi yaklaşık 5,7 GW seviyelerine ulaşmış olup, yüzer GES uygulamalarının yaygınlaşması beklenmektedir.

Yüzer GES, güneş panellerinin, su yüzeyinde yüzen platformlar üzerine monte edilmesi ile oluşturulan güneş enerjisi sistemleridir. Arazisi kısıtlı olan ülkelerde alan potansiyelinde artış sağlarken, hidroelektrik barajlar gibi mevcut şebekelere yakın su alanlarına kurulum yapılması ile karaya kurulan güneş enerji santrallerine göre farklı avantajlar sağlayabilmektedir. Sağladığı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda yüzer güneş enerji santralleri, sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmak ve enerji üretiminde güneş enerjisinden daha çok faydalanabilmek adına yüksek potansiyel taşıyan teknolojilerdir.



İlk yüzer GES 2007 yılında Japonya'da inşa edilmiş olup, günümüzde Asya yoğunluklu olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde de faaliyet gösteren yüzer GES bulunmaktadır. Toplam yüzer GES kapasitesinin %68 artış göstererek **2022** yılı itibarıyla yaklaşık **5,7 GW**'a ulaştığı tahmin edilmektedir. Toplam kapasitenin **%70'i** ile **Çin**'de olup, geri kalan kısmı büyük ölçüde **Japonya**, **Kore** ve **Avrupa**'da bulunmaktadır.



Küresel yüzer GES kapasitesinin 2030 itibarıyla 60 GW'a ulaşması beklenmektedir.



Kullanılabilir alan potansiyelini artırır, GES için arazi kullanımını azaltır



Kurulduğu yüzeyinde su buharlaşma oranını azaltır, su tasarrufu sağlar



Hidroelektrik santraller ile entegre edildiğinde santralin verimliliğini artırır



Hidroelektrik santraller ile birleştirildiğinde üretim maliyetlerinde düşüş sağlar



Kara üzerinde kurulumla göre paneller sıcaklıktan daha az etkilenir, panellerin performans ve verimliliğinde artış sağlar

Kaynak: IEA PVPS, SolarPower Europe



Dünyada yüzer GES kapasiteleri artış gösterirken, Türkiye’de ise Şubat 2024’te yüzer GES kurulumuna ilişkin düzenlemelerin de bulunduğu kanun teklifi ile yüzer GES örneklerinin artış göstermesi beklenmektedir.

Huaneng Power International, en büyük Yüzer Ges projelerinden birini tamamlamış ve Çin'in Shandong (Dezhou) şehrindeki 320 MW'lık tesisini duyurmuştur. Tesisin yılda 550 milyon kWs elektrik üretmesi bekleniliyor.

Türkiye’de Yüzer GES Örnekleri



Aydem Yenilenebilir Enerji

- 1 Adıgüzel HES için **24,1 MW** yüzer GES
 - 2 Göktaş HES için **5,6 MW** yüzer GES
 - 3 Dalaman HES için ise **1,4 MW** yüzer GES
- yatırımı planladığını açıklamıştır.

Hibrit yüzer GES santrallerinin 2024 yılında devreye alınacağı öngörülmektedir.

Türkiye Yüzer GES Kanun Tasarısı

Şubat 2024'te sunulan, enerji alanında düzenlemeler de içeren *Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi* kapsamında, **içme-kullanma suyu temin edilen rezervuarlar ve sulak alanlar ile Kıyı Kanunu kapsamında kalan kıyı ve sahil şeritleri hariç olmak üzere** denizler, baraj gölleri, suni göller ve tabii göllerin **ETKB tarafından YEKA olarak ilan edilen alanlarında** imar planı yapılmaksızın yenilenebilir enerji üretim santralleri kurulabileceği belirtilmiştir.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



2

Dünyada Güneş Enerjisi ve Güneş Paneli Pazarı



Panel üretiminde kullanılan hücreler ağırlıklı olarak Silisyum bazlı hücre teknolojileri kullanılarak oluşturulmaktadır. Kristal silisyum hücre üretim süreci aşağıda özetlenen aşamalar ile gerçekleşmektedir.

Hücreye Yolculuk



Kum

Güneş paneli hücresi üretiminin hammaddesi olan polisilikon kumdan üretilir. Kum 2.000°C sıcaklıktaki fırınlarda karbon ile birlikte işlenerek ham silikon elde edilir. Daha sonra, ham Silikon **Siemens** yöntemi olarak adlandırılan bir işleme tabi tutulur. Bu yöntemde, ham Silikon gaz haline getirilip distilasyon kolonlarında saflaştırma işlemleri gerçekleştirilir.

Polisilikon

Polisilisyum olarak da bilinen polisilikon, küçük kristalitten oluşan Silikon malzemedir. Güneş hücrelerinin üretiminde en çok kullanılan teknolojinin hammaddesidir. Hücre üretiminde polisilikonun saflık derecesi hücre verimini doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu için yüksek saflıkta polisilikon kullanımı tercih edilir.

Ingot

Ingot üretiminde ilk olarak polisilikon 1.450°C sıcaklıktaki özel fırınlarda eritilir. Bir çubuğun eritilmiş polisilikona batırılması ve kendi etrafında döndürülmesi ile ingot oluşturulmaktadır. Hem tek (mono) hem de çoklu (multi) kristal yapıda ingot üretmek mümkündür. Günümüzde tek kristal yapıli ingot üretimi daha verimli olması sebebi ile tercih edilmektedir.

Wafer

Elde edilen silindir yapıdaki ingotların baş ve uç kısımları kesildikten sonra ingotun kenarları da kesilerek köşeli bir form (külçe) oluşturulur. Oluşturulan külçe yapı, elmas kaplı tel testereler ile dilimlenerek hücre üretiminde kullanılmak üzere wafer elde edilir.

Hücre

Wafer dilimlerinin 30'a yakın kimyasal ve fiziksel işleme tabi tutulması ile hücre elde edilir. Günümüzde güneş hücreleri, 5 farklı teknoloji bulunmakta olup aktif olarak 3 tanesi kullanımdadır. Piyasaya en hakim hücre teknolojisi, hammaddesi Polisilikon olan ve kristal Silisyum teknolojisi ile üretilen hücrelerdir.

Kaynak: PwC Analizi



Polisilikon üretiminde, hücre ve panelde de olduğu gibi Çin menşeli firmalar öne çıkmaktadır.

Polisilikon

Ingot

Wafer

Hücre

Polisilikon, güneş fotovoltaik tedarik zincirinde önemli bir hammadde olan yüksek saflıkta bir silikon formudur. Sıcaklık dalgalanmalarına karşı oldukça dirençlidir ve yüksek yalıtım özelliğine sahiptir.

Polisilikon üretiminde **üç ana teknoloji** bulunmaktadır. **Siemens** yöntemi dünyanın en büyük kapasiteli polisilikon üreticisi olan Çin'de en çok kullanılan yöntemdir. Diğer iki teknoloji ise FBR ve UMG işlemleridir.

Siemens yöntemi kullanılarak farklı saflık seviyelerinde polisilikon üretilebilmektedir. Günümüzde hücre üretimi için 9N ve 11N aralığında saflıkta polisilikon üretimi yapılmaktadır.

Polisilikon Kullanım Alanları



Solar Fotovoltaik



Yarı-iletkenler



Silisyum (kozmetik, inşaat, tıp)



Alüminyum (PFA, döküm, otomotiv için ekstrüzyonlar)

Standart bir güneş paneli, genellikle 60 veya 72 hücrelidir (full-cut) ve yaklaşık olarak 1,7-2 metre genişliğinde ve 1 metre uzunluğundadır. Standart bir panelde kullanılan **polisilikon miktarı** ortalama her bir Watt için yaklaşık 2 gramdır¹. Panel gücü genellikle 250 ve 400 Watt aralığında değişmekle beraber daha yüksek güce sahip paneller de üretilebilmektedir. İlgili panel gücü aralığı için yaklaşık olarak her bir panel için **0,5 ile 0,8 kilogram** arasında polisilikon miktarına denk gelmekle beraber bu rakamlar panel tasarımı ve verimliliğine göre değişebilmektedir.

Yeni teknolojiler ile birlikte 150 – 180 mikron aralığında daha ince hücreler yaygınlaşmıştır. Daha ince hücreler, aynı alanda daha az polisilikon kullanılması anlamına gelmektedir.



Panel ve hücre üretimine benzer şekilde polisilikon üretiminde de önde gelen firmaların çoğunluğunun Çin menşeli olduğu görülmektedir.

Tablo 6

(Ton)	2023
TW SOLAR	350.000
GCL	250.000
DAQO NEW ENERGY CORP.	205.000
WACKER	80.000
HSC	18.000 ²

¹ Kullanılan hücre tipine göre değişiklik gösterebilmektedir.

² HSC Hemlock Semiconductor 2023 kapasite bilgisine ulaşamadığı için 2022 kapasite bilgisi gösterilmektedir.

Kaynak: PwC Analizi, Halka Açık Kaynaklar



Polisilikondan elde edilen ingot, külçe formuna getirildikten sonra farklı kalınlıklarda dilimlenerek hücrenin tabanını oluşturacak wafer formuna getirilmektedir. Wafer kalınlığı, hücre aşamasındaki verimliliği etkileyen etmenlerden biri olarak öne çıkmaktadır.



Ingot üretimi hem tek kristal hem de çoklu kristal şeklinde gerçekleştirilebilmektedir. Üretim sırasında kullanılan tek kristalli polisilikonun kullanılması ile tek kristal (monocrystalline) ingot, düzensiz ve farklı kristal yapıları polisilikonun bir arada kullanılması ile çoklu kristal (multicrystalline) ingot üretilmektedir.

Tek kristalli ingot üretimi **Czochralski Süreci** adı verilen yöntem ile üretilmektedir. Bu yöntemde ingot, polisilikonun 1.450°C sıcaklıktaki fırınlarda eritilmesinin ardından, eritilmiş polisilikona daldırılan Tungsten çelik çubuğun kendi etrafında döndürülerek büyütülmesi ile elde edilir. Çoklu kristal ingot üretim sürecinde ise eritilen polisilikon, kübik kaplara külçeler halinde dökülerek soğumaya bırakılmaktadır. Üretim süreci tek kristalli ingota göre daha basit olmasına rağmen, kap gibi başka maddeler ile temasından dolayı yüzey kusurları oluşması ihtimali daha yüksektir ve yüzeyde oluşan kusurlar hücre verimliliğini olumsuz etkilemektedir.

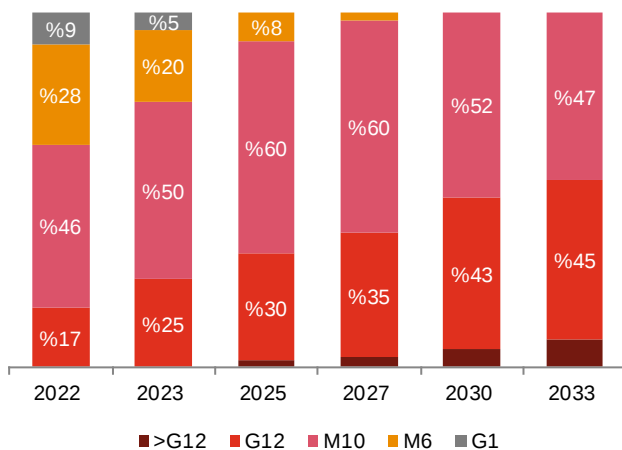
Günümüzde tek kristalli ingot üretimi çok kristalli ingot üretimine göre daha yüksek verimlilik sağlaması sebebiyle daha çok tercih edilmektedir.

Üretim sürecinin bir sonraki aşaması ise üretilen silindirik yapıdaki ingotun soğutulmasının ardından baş ve uç kısımlarının kesilmesidir. Ingotun kenarlarının da kesilmesi ile elde edilen bu yapıya külçe adı verilmektedir.

Wafer, ingotun külçe formuna getirilmesini takiben elmas kaplı tel testereler ile yüksek hızda kesilmesi ile elde edilen dilimlere verilen isimdir.

Grafik 15

Tek Kristal Wafer Türleri Bazında Pazar Payı (%)



Ingot, önce külçe formuna getirilirken, daha sonra da dilimlenme sürecinde yaklaşık %50'ye yakın malzeme kaybına uğramaktadır. Kayıp malzeme, sürecin en başına geri getirilerek ingot üretimine tekrar dahil edilebilmektedir.

Güneş paneli üretiminde farklı boyutlarda wafer kullanılabilir. En çok kullanılan boyut M10 olmakla birlikte, G12 tip wafer payının önümüzdeki 10 senede artacağı öngörülmektedir.

G12	210 x 210 mm	M10	182 x 182 mm
M6	166 x 166 mm	G1	159 x 159 mm

Kaynak: ASES, ITRPV, PwC Analizi, Halka Açık Kaynaklar



Günümüzde güneş hücresi üretimi için kullanılan 5 farklı teknoloji bulunmaktadır. Ancak, küresel hücre pazarı ağırlıklı olarak kristal silisyum bazlı üretim teknolojisinin hakim olduğu hücrelerden oluşmaktadır.



Hücre, güneşten yayılan fotonları yarı iletken bir malzeme üzerinde toplayıp soğurarak elektrik akımına dönüştüren ve bir güneş panelinin çalışmasını sağlayan en önemli elektronik aksamdır.

Dilimlenme aşamasından sonra oluşan wafer'ların 30'u aşkın kimyasal ve fiziksel yarı iletken üretim sürecinden geçirilmesi ile elde edilmektedir.

Kristal Silisyum
Hücreler

Günümüzde farklı hammaddeler kullanılarak güneş hücreleri elde edilebilmektedir. Farklı hücre türleri, güneşten gelen ışığı elektrik enerjisine dönüştürme oranı olan **hücre verimliliği** ile karşılaştırılmaktadır.

Hücre verimliliği, hücre için kullanılan hammadde ve elektrik üretebilen p-n jonksiyon sayısına, güneşten alınan ışınım ve ısı miktarına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Tek bir p-n jonksiyonuna sahip kristal Silisyum hücreler için (güncel durumda en yaygın olan hücre türü) teorik maksimum verimlilik limiti Shockley-Queisser Limiti olarak adlandırılıp %33 seviyesindedir.

İnce Film
Hücreler

Farklı yarı iletken malzemelerin tek başlarına veya hibrit şekilde birleştirilmesi ('çoklu eklem') ile k-Si hücrelerin teorik verimlilik limiti aşılabilmektedir. Hücre verimliliğini artırmak amacıyla yeni hücre teknolojileri laboratuvar ve yaygın kullanım için denenmeye devam etmektedir.

Gelişmekte Olan
FV Hücreler

Hücre teknolojileri **5 farklı** başlıkta **kategorize** edilmektedir.

1. Kristal Silisyum (k-Si) Hücreler

Bir yarı-iletken element olan Silisyum'un saflaştırılmış hali olan polisilikonu hammadde olarak kullanan hücrelerdir. k-Si teknolojisi geliştirilmiş ilk fotovoltaiik (FV) teknoloji durumundadır. Güncel durumda, k-Si hücreler en yaygın olarak kullanılan hücre teknolojisidir ve küresel hücre piyasasının ~%95'ine sahip olduğu tahmin edilmektedir. k-Si hücreler, güneş ışığından elektrik üretebilen tek bir p-n jonksiyonuna (eklemine) sahiptir.

Verimlilik Aralığı¹

● Min: %21,2

● Maks: %27,6

k-Si Teknolojisinin Alt Kırılımları:

- **Tek Kristal (Monocrystalline):** Ingot aşamasında kullanılan silisyumun bozulmadan tek bir kristal yapıya sahip olması ile elde edilmektedir. *En çok tercih edilen hücre türüdür.*
- **Çoklu Kristal (Multicrystalline):** Çoklu kristal yapıda olan Silisyum ile oluşturulan ingotlar üzerinden elde edilmektedir. *Tek kristal hücrelerden verimliliği daha geridedir.*
- **Silisyum Heteroeklem (HIT):** Tek kristal silisyum üzerine ince amorf silikon (a-Si) tabakaların eklenmesi ile oluşur. *Pazarda ilerleyen yıllarda payının artması beklenmektedir.*
- **İnce Film Kristal:** k-Si tabanı üzerine ince film teknolojisinin eklenmesi ile oluşmaktadır. *Verimliliği düşük olup, kullanımı yaygın değildir.*

¹ NREL tarafından laboratuvar ortamında sağlanan verilere dayanmaktadır.

Kaynak: VDMA – ITRPV 2023, NREL, Halka Açık Kaynaklar



Günümüzde güneş hücresi üretimi için kullanılan 5 farklı teknoloji bulunmaktadır. Ancak, küresel hücre pazarı ağırlıklı olarak kristal silisyum bazlı üretim teknolojisinin hakim olduğu hücrelerden oluşmaktadır.



2. İnce Film Hücreler

İnce film hücreler, teknolojik olarak polisilikondan hücreye gidiş prosesinden farklı olarak elde edilmek ile birlikte, fotovoltaiik özellikler barındıran ince film kaplamaların cam bazlı bir taban üzerine eklenmesi / püskürtülmesi ile elde edilmektedir. Kristal Silisyum hücrelerden sonra ortaya çıkan 2. jenerasyon hücre teknolojisidir. Polisilikon fiyatları düşüşe geçmeden önce daha sık tercih edilmiştir, ancak günümüzde pazar paylarının ~%5 ile sınırlı olduğu düşünülmektedir.

Verimlilik Aralığı¹

● Min: %14,0

● Maks: %23,6

İnce Film Teknolojisinin Alt Kırılımları:

- **CIGS (Bakır İndiyum Galyum Selenid):** Cam bir taban üzerine katı solüsyon halinde CIGS eklenmesi ile elde edilir. **Hammadde yetersizliği ve panel aşamasında verimlilik düşüşü gözlemlendiği için pazarda kullanımı k-Si hücrelere göre daha sınırlıdır.**
- **CdTe (Kadmiyum Tellür):** CdTe'nin bir yarı-iletken malzeme olarak cam tabanlı bir hücreye eklenmesi ile oluşmaktadır. **Toksik materyal kirliliği yaratabilmektedir, ancak kullanımı başta First Solar olmak üzere küresel pazarda mevcuttur.**
- **Amorf Silisyum (a-Si):** Amorf (düzgün olmayan yapıda) silisyumun tek başına yarı-iletken malzeme olarak kullanılması ile elde edilir. **Amorf Silikonun k-Si dahil edilmeden kullanılan versiyonları verimlilik olarak daha düşük seviyelerde kalmaktadır.**

3. Gelişmekte Olan FV Teknolojileri (Emerging PV)

Fotovoltaiik güneş hücre ve panel uygulamalarının devamlı olarak gelişmesi sonucunda kullanılan ilk 2 teknolojiye alternatif olarak 1990 yılı ve sonrasında yeni kullanılmaya başlanan ve daha çok araştırma safhasında veya laboratuvar ortamında uygulamaları gerçekleştirilip, küresel hücre piyasasında henüz çok fazla yer almayan hücre teknolojileri grubunun tümüne Gelişen FV (Emerging PV) olarak hitap edilmektedir.

Verimlilik Aralığı¹

● Min: %13,0

● Maks: %33,9

Geliştirilmekte Olan Farklı Hücre Teknolojileri:

Kesin bir sınıflandırma olmamakla birlikte, gelişen FV hücre türleri arasında:

- **Organik veya İnorganik tabanlı,**
- **Perovskit,**
- **Boyaya duyarlı hücreler,**
- **Kuantum noktalı hücreler ve**
- **Tandem (birden fazla teknolojinin hibrit olarak kullanılması) bulunmaktadır.**

Gelişmekte olan bir alan olması sebebi ile ilerleyen yıllarda yeni teknolojilerin dahil olması olasıdır.

Perovskit ve Perovskit/Si Tandem

Kalsiyum Titanyum Oksit Mineral'den oluşan organik bir yapı olan Perovskit, hem tek başına, hem de silisyum ile beraber hibrit şekilde ('tandem') hücre olarak kullanılabilir. Perovskit malzemenin yüksek verimliliği ile silisyumun uzun faydalı ömrünün birleştirildiği Perovskit/Si Tandem hücrelerin (%33,9 verimlilik) daha çok geliştirilerek 2027 ve sonrasında hücre piyasasındaki hakim teknolojilerden biri haline gelmesi beklenmektedir.

¹ NREL tarafından laboratuvar ortamında sağlanan verilere dayanmaktadır.

Kaynak: VDMA – ITRPV 2023, NREL, Halka Açık Kaynaklar



Günümüzde güneş hücresi üretimi için kullanılan 5 farklı teknoloji bulunmaktadır. Ancak, küresel hücre pazarı ağırlıklı olarak kristal silisyum bazlı üretim teknolojisinin hakim olduğu hücrelerden oluşmaktadır.



4. Çoklu Eklem (Multijunction) Hücreler

Verimlilik Aralığı ¹	Min: %32,9	Maks: %47,6
---------------------------------	------------	-------------

5. Tek Eklem GaAs Hücreler

Verimlilik Aralığı ¹	Min: %27,8	Maks: %30,8
---------------------------------	------------	-------------

Çoklu Eklem ve Tek Eklem GaAs hücreler, birden fazla p-n jonksiyonunun kombine edilmesi veya tek p-n eklemi ile Galyum Arsenik (GaAs) kombine edilmesi ile oluşturulmaktadır. Çoklu p-n jonksiyonuna sahip olmaları sebebi ile standart k-Si hücrelere göre çok daha yüksek verimlilik seviyelerine ulaşabilmekte olmalarına rağmen iki teknolojinin de kullanımları laboratuvar veya çok sınırlı uzay uygulamaları ile kısıtlıdır.

Pazar Payı ve Verimliliği En Yüksek Hücreler

Küresel hücre pazarında güncel durumda k-Si teknolojisi kullanan ve tek kristalli yapıdan üretilen PERC (Pasifleştirilmiş Yayıcı Arka Kontak) hücreler en yaygın durumda olup, yine tek kristal Si teknolojisine sahip TOPcon (Tünelleme Oksiti Pasifleştirmesi) hücrelerin gelecek 10 yıl içerisinde en yaygın hücre türü olacağı öngörülmektedir.

PERC Hücreler

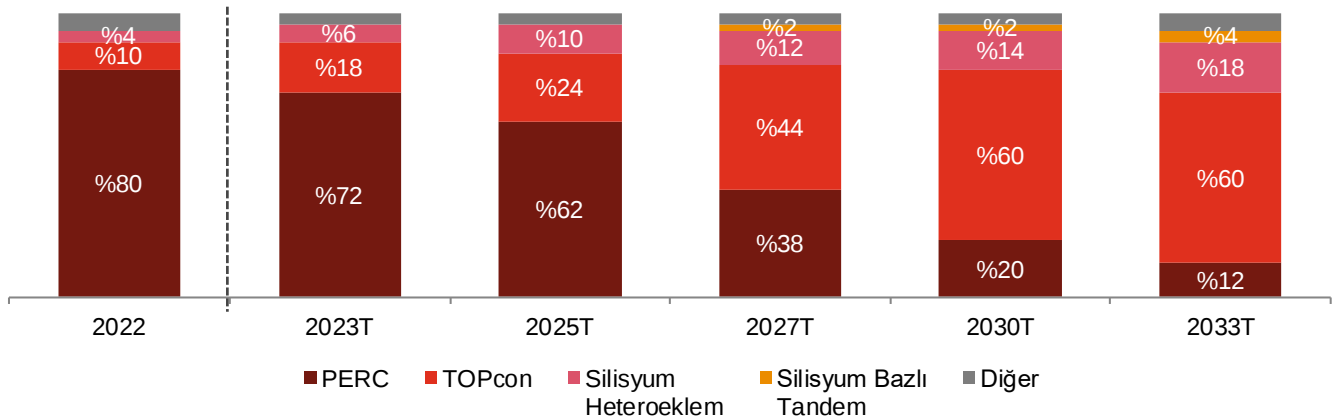
Kristal Silisyum yapıdan üretilen hücrenin en alt tabakasına lazer ile eklenen bir katman ile diğer katmanlardan sızan ve elektriğe dönüştürülemeyen ışınların tekrar kullanılmasını sağlayan hücre türüdür.

TOPcon Hücreler

TOPcon teknolojisi ilk olarak 2010'ların başında Fraunhofer ISE tarafından denenmiştir. TOPcon hücrelerde verimliliği artırmak amacıyla c-Si tabaka ile transparan oksit tabaka arasına güneş ışınımını artırmak amacıyla tünel oksit bir tabaka eklenmiştir.

Grafik 16

Hücre Türleri Bazında Küresel Pazar Payı (%)

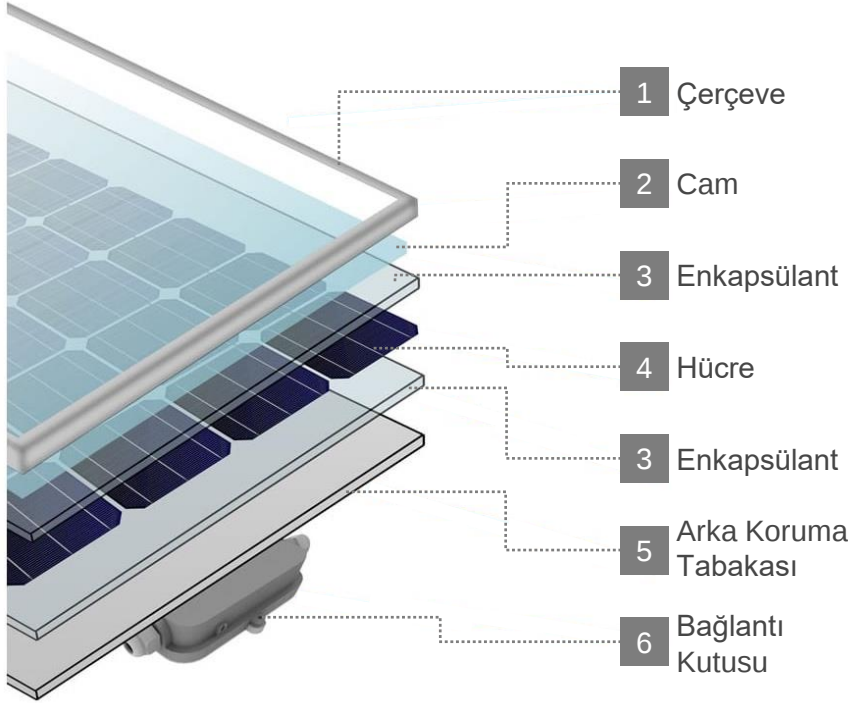


¹ NREL tarafından laboratuvar ortamında sağlanan verilere dayanmaktadır.

Kaynak: VDMA – ITRPV 2023, NREL, Halka Açık Kaynaklar



Hücreler, bir güneş panelini oluştururken birden fazla katman içeren bir yapının parçası haline gelmektedir.



1 Çerçeve, panelin yapısal dayanıklılığını sağlamaktadır. Darbelere ve sert hava koşullarına karşı paneli korumaktadır. Panel kurulumunun kolay yapılmasına da olanak sağlamaktadır.

2 Güneş paneli camı, panelin dış katmanıdır ve panelin daha iyi performans vermesi için sağlam ve parlak olmalıdır. Güneş hücrelerini sert hava koşullarından, kir ve tozdan korumaktadır.

3 Enkapsülant, panelin belirli parçalarını bir araya getirerek mekanik bütünlük sağlamaktadır. Aynı zamanda güneş hücrelerinin elektriksel izolasyonunu da gerçekleştirmektedir ve dışarıdan gelen darbelerin etkisini azaltmaktadır.

4 Panel içerisinde elektrik üretiminin gerçekleştiği ana merkezlerdir. Bu merkezler metalik iletkenler yardımı ile birbirlerine seri ve paralel bağlanarak panelin toplam gücü elde edilmektedir.

5 Arka koruma tabakası en arka katmandır ve hem mekanik koruma hem de iç devrelere dış ortam için elektriksel yalıtım sağlamaktadır.

6 Panelleri birbirine bağlamayı sağlayan bağlantı kutusu, güneş panelinden çıkan tüm elektrik uçlarını bir panel üzerinde toplayarak onları çevreden korumaktadır. Ayrıca, güneş panelinde üretilen doğru akımın (DC) iletildiği aksamdır.



En sabit maddenin cam olmasından dolayı üretim hattına ilk olarak cam yüklenir.



Cam yüzeyin üzerine enkapsülant serilir.



Bunun üzerine seri olarak bağlanmış hücrelerin dizimi yapılır.



Dizili hücrelerin seri ya da paralel bağlantıları yapılarak panel içi devre tamamlanır.



Devre kurulumunun üzerine enkapsülant ve arka koruma tabakası yerleştirilir.



Serim sonrasında panel EL istasyonuna girerek hücre ya da lehimler kontrol edilir.



Kontrol sonrasında katmanlara sıcaklık ve basınç uygulanarak birbirlerine entegre edilir.



İşlem sonrası dışarı taşan enkapsülant ve arka koruma malzemeleri kesilir.



Alüminyum çerçeveler montajlanarak panel hazır hale getirilir.



Panelin kaçak, direnç, IV, EL ve elektrik bağlantısı testleri yapılır.

Kaynak: PwC Analizi



Güneş panelleri de hücre teknolojisine benzer şekilde birden fazla tür bazında sınıflandırılabilir. En yaygın kullanılan paneller, kristal Silisyum hücrelerden üretilen paneller ile ince film hücre teknolojisini kullanan paneller olarak öne çıkmaktadır.

Panel Türlerine Genel Bakış:

Hücre teknolojilerine benzer şekilde, farklı teknoloji ile üretilen hücreler ile oluşturulan güneş panelleri de farklı türlerde değerlendirilmektedir. Günümüzde en yaygın olan panel türleri, hücre teknolojisinin ~%95'ini kapsayan **Silisyum** bazlı hücreleri içeren panellerdir. Panel türleri, bu bağlamda panel içerisindeki hücrenin kullandığı teknolojilere paraleldir.



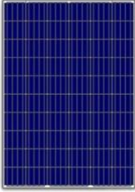
Silisyum-Tabanlı Paneller

Kristal Silisyum teknolojisi ile üretilen farklı hücre türlerini içeren panellerdir. Hem hane, hem ticari, hem de endüstriyel kullanıma uygun boyutlar içermektedir.



Tek Kristal (Monocrystalline) Paneller

Tek bir kristal silikondan oluşturulan hücreleri içermektedir. **25 yıl** kullanım ömrü ve en yüksek verimlilik aralığını (**%22,7-24,7**) sağlamaktadır. Diğer Silisyum tabanlı panellere göre maliyeti daha yüksek kalmaktadır.



Çoklu Kristal (Polycrystalline) Paneller

Çoklu kristal silikondan oluşturulan hücreleri içermektedir. **25 yıl** kullanım ömrü olmasına rağmen tek kristal panellere göre daha düşük verimlilik (**%20,4**) sağlamaktadır. Kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilirliği tek kristal panellere göre daha yüksektir.

En Yaygın Kullanılan

Verimlilik Aralığı¹

● Min: %8,2

● Maks: %24,7



Kalcojenit Paneller

Kalcojenit (Chalco-genide) Paneller, İnce Film teknolojisi ile üretilmiş hücreler ile oluşturulmaktadır. Bu teknolojiye sahip paneller, ince film paneller olarak da bilinmektedir.



İnce Film (Thin Film) Paneller

İnce film hücre teknolojisi ile oluşturulan hücreleri içermektedir. Kristal Silisyum tabanlı panellere göre daha düşük verimlilik aralığına (**%19,2-20,3**) sahiptir. Çok esnek bir panel türü olması sebebiyle pek çok farklı alan üzerinde kullanılabilmektedir.

En Uygun Maliyetli

Verimlilik Aralığı¹

● Min: %19,2

● Maks: %20,3

Diğer Panel Türleri

En çok kullanılan 3 panel türü olan tek kristal, çoklu kristal ve ince film paneller dışında **Amorf Silisyum, Galyum Arsenik, Hibrit ve Gelişmekte Olan (Emerging)** olarak sınıflandırılan farklı panel türleri de mevcuttur. Ancak, Silisyum veya İnce Film dışındaki teknolojileri kullanan paneller genellikle sınırlı alanlarda kullanılmaktadır.

¹ NREL tarafından laboratuvar ortamında sağlanan verilere dayanmaktadır.

Kaynak: VDMA – ITRPV 2023, NREL, Halka Açık Kaynaklar



Güneş panellerinin verimliliklerinin artırılması için farklı teknolojiler kullanılmaktadır.

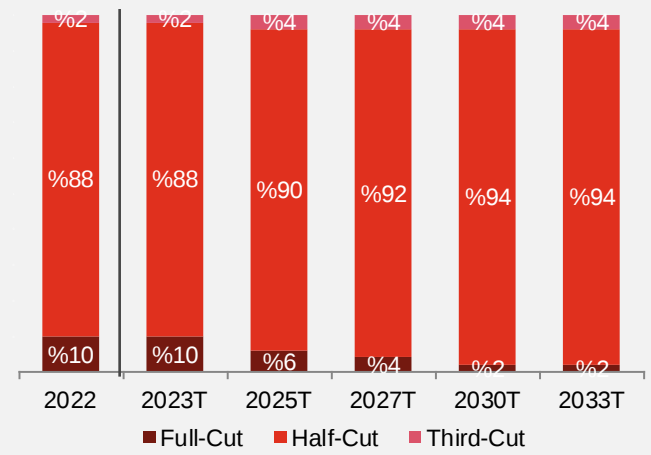
1 Half-Cut (Yarım Hücre) Teknolojisi:

Panelde kullanılan hücreler ikiye kesilerek yarım hücreler halinde panel üzerine dizilmektedir. Bu teknoloji ile, gün ışığı alamama veya bir hücrenin bozulması durumlarında panelin etkilenmesi daha az olmakta ve artan devre sayısıyla panel verimliliği artmaktadır.

Third-cut (üçte bir) hücreler ile de aynı teknoloji denenmiş olsa da, istenilen verimlilik sağlanamamıştır. Günümüzde yarım hücre teknolojisi M10'dan (182 mm²) küçük wafer'dan üretilen hücreler için en hakim teknoloji halindedir. *M10 ve daha büyük wafer'dan üretilen hücrelerde ise full-cut (tam hücre) teknolojisi kullanılmamaktadır.*

Grafik 17

< M10 Wafer'dan Oluşturulan Hücreler İçin Hücre Boyutu Bazında Kırılım (%)



2 Bifacial (Çift Yüz) Teknolojisi:

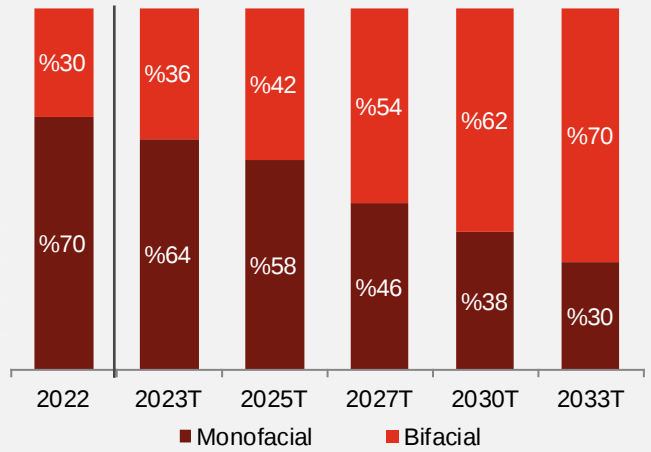
Günümüzde güneş panelleri üzerinde oldukça sık kullanılan teknolojilerden biri olan bifacial modüller hem arka hem de ön yüzeyinden elektrik üretebilmektedir.

Panelin arka kısmında cam ya da transparan yüzey kullanılarak yansıtılan güneş ışığı tekrar değerlendirilmektedir.

Güncel durumda üretilen panellerin çoğunun halen monofacial (tek yüz) teknolojisi kullandığı görülse de, 2027 ve sonrasında bifacial panellerin piyasadaki oranının %50'nin üzerine çıkacağı öngörülmektedir.

Grafik 18

Çift/Tek Yüzlü Paneller (%)



3 Multibusbar Teknolojisi:

Hücreleri birbirlerine seri bağlamak ve hücreden elektronu daha efektif şekilde çekmek için lehimlenen ribonların sayısı artırılmaktadır.

Bu kapsamda panelde oluşabilecek çatlaklar da azaltılarak panelin verimliliği artırılmaktadır.

4

Takip (Tracker) Teknolojisi:

Güneş panellerinin güneş hareketini takip etmelerine olanak tanıyarak panel verimliliğini arttırmak daha fazla güneş enerjisi üretilmesini sağlamaktadır. Bu modüller bulutlanmanın daha çok olduğu aylarda hücre verimliliğine önemli katkıda bulunmaktadır.

NREL, Bifacial panellerde Tracker teknolojisi kullanıldığında %4-11 arasında enerji kazanımı oluştuğunu gözlemlemiştir.

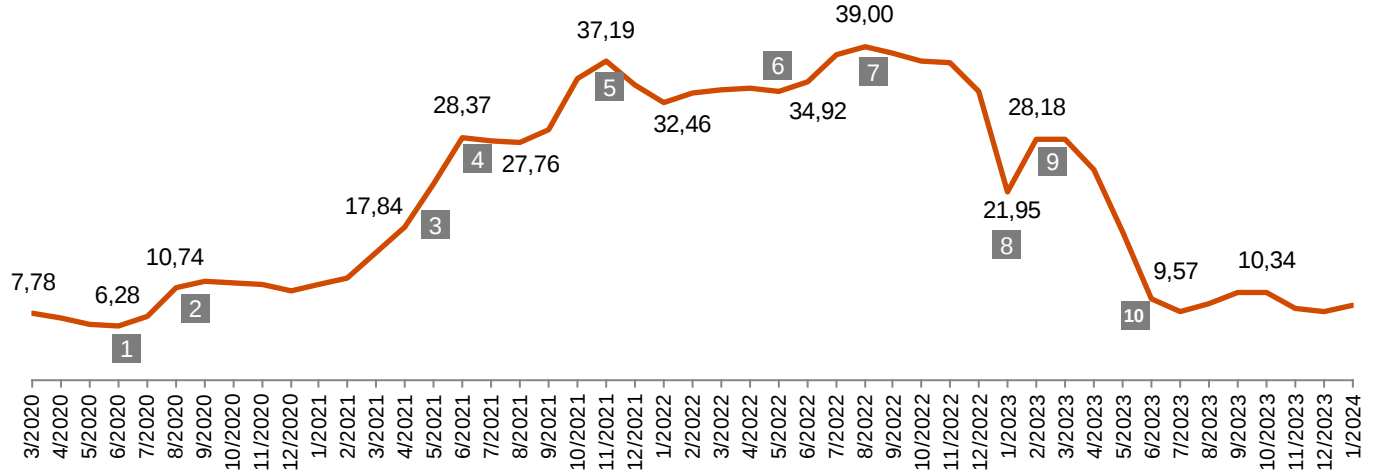
Kaynak: VDMA – ITRPV 2023, NREL, Halka Açık Kaynaklar



Polisilikon, güneş hücrelerinin, dolayısıyla da güneş panellerin ana bileşenlerinden biridir ve bu nedenle güneş paneli üretim maliyetlerini büyük ölçüde etkilemektedir.

Grafik 19

Polisilikon Fiyatı (Çin, ABD\$/kg)



- 1 Covid-19 nedeniyle azalan talebin fiyatlar üzerinde ciddi oranda düşüşe sebep olması.
- 2 Çin/Sincan bölgesinde meydana gelen patlamalar ve Yongxiang'daki sel sebebiyle geçici olarak 68.000MT kapasite düşüşü.
- 3 Wafer, hücre ve panel üreticilerinin stok yapma eğilimi ile gerçekleştirdikleri alımların etkisi.
- 4 Büyük ölçekli enerji projelerinin 2022'ye ertelenmesi.
- 5 Küresel bazda yaşanan kurulu güç artışı ve büyük panel üreticilerinin kapasitelerini ve polisilikon taleplerini artırması.
- 6 Çin'de yaşanan sıcak hava dalgası sebebiyle polisilikon tesislerinin üretimi durdurması.
- 7 Fiyatlardaki yüksek artış sonrası, Çin hükümetinin, bölgesel yetkilileri polisilikon fiyatlarını düşürmeye davet etmesi.
- 8 Çin menşeli polisilikon üreticilerinin kapasite artırımını takiben gerçekleşen yüksek wafer üretimi sebebiyle talep düşüşü.
- 9 Polisilikon ve wafer üreticilerinin kapasite kullanım oranlarının azalması.
- 10 Yüksek arz sebepli fiyat düşüşleri ve Çin menşeli polisilikon üreticilerinin 2023'te kapasitelerinde yaşanan artış.



Güneş panellerinin hammaddesi olan **polisilikon fiyatları** ile **hücre ve panel fiyatları** arasında **yüksek seviyede korelasyon** gözlemlenmektedir. Polisilikon fiyatlarında oluşan yukarı veya aşağı yönlü hareketler hücre ve panel fiyatlarına doğrudan etki etmektedir.

R²

Polisilikon ↔ Hücre
0,78

Polisilikon ↔ Panel
0,71

Hücre ↔ Panel
0,88

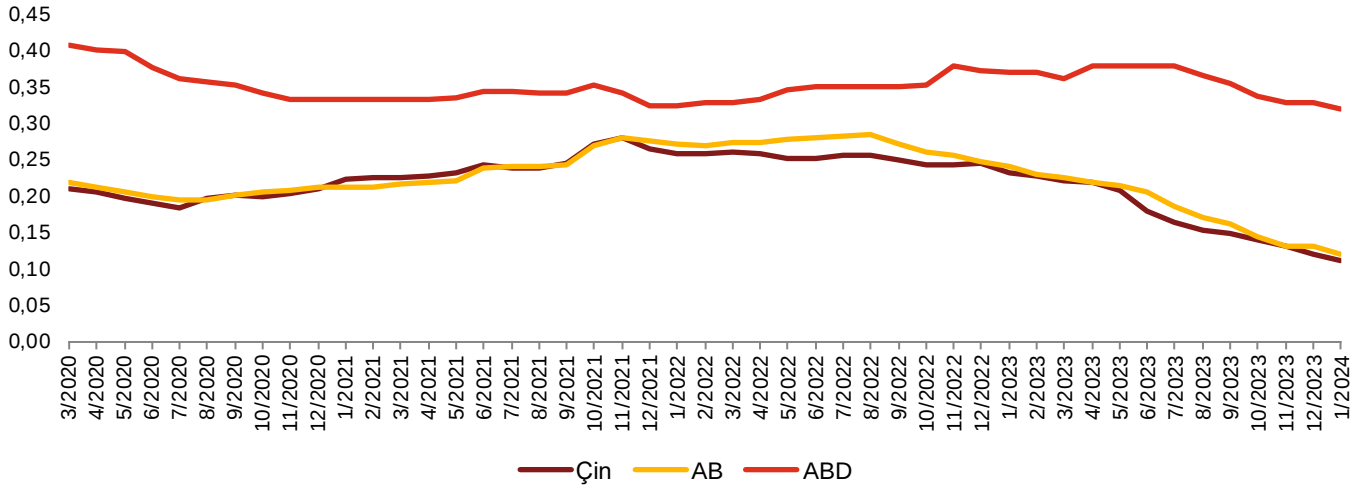
Kaynak: Bloomberg, PwC Analizi



Panel fiyatları Çin ve ağırlıklı olarak Çin menşei panelin kullanıldığı AB ülkelerinde ABD'deki fiyatlara kıyasla çok daha düşük seviyelerdedir.

Grafik 20

Çin, AB ve ABD'deki Panel Fiyatları (ABD\$/W)



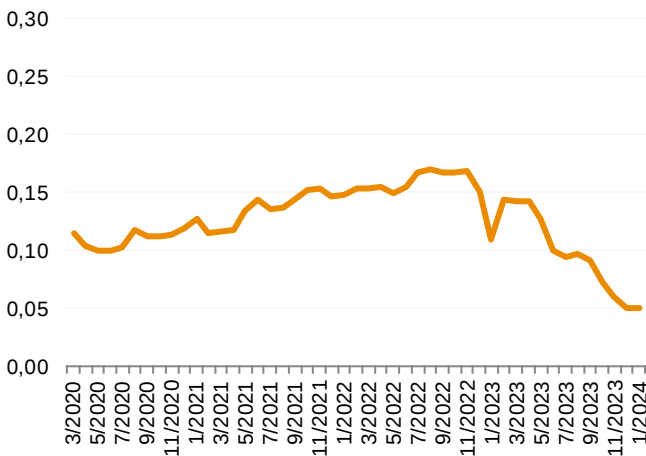
Çin ve AB'deki panel fiyatlarının küresel panel fiyatı ortalamasına yakın seyretmesinin sebebi hem Çin hem de AB'deki en büyük panel tedarikçilerinin küresel panel pazarındaki en dominant oyuncu olan Çin menşei olmasıdır.



ABD pazarında panel fiyatlarının Çin/AB ortalamasının **yaklaşık 2,5 katı** daha yüksek olmasının başlıca sebepleri arasında ABD'nin Çin menşei panel ve hücrelere uyguladığı anti dumping önlemleri bulunmaktadır. Ek olarak, IRA teşviklerinin etkisiyle ABD'de panel talebinin önemli ölçüde artış göstermesi ve ABD içi panel üretiminin güncel durumda talebi karşılama açısından yetersiz kalması ile panel ithalatlarının devam etmesi de ABD'deki panel fiyatlarının daha yüksek seviyede kalmasına sebep olmuştur.

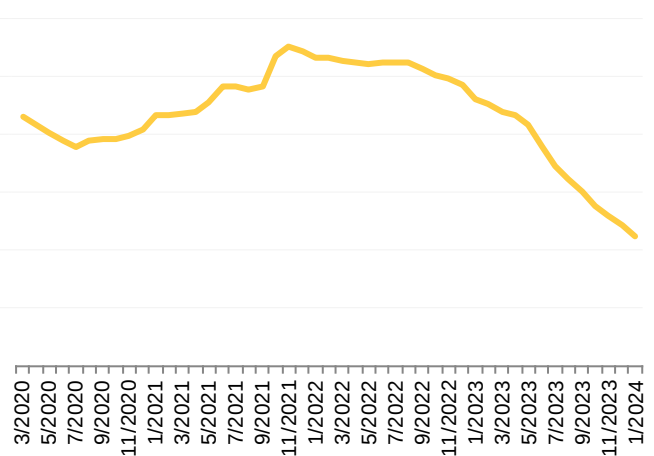
Grafik 21

Küresel Ort. Hücre Fiyatı (ABD\$/W)



Grafik 22

Küresel Ort. Panel Fiyatı (ABD\$/W)



Kaynak: Bloomberg, PwC Analizi



Son yıllarda fosil yakıt maliyetlerinde yaşanan artış sonrası, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi maliyetlerinde gözlemlenen düşüş, yenilenebilir enerji kaynaklarının rekabet gücünü artırmıştır.

Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyeti (LCOE)

Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE), bir üretim tesisi için faaliyet ömrü boyunca beklenen elektrik üretiminin ortalama maliyetinin hesaplanmasıdır. Üretim tesisinin toplam maliyetinin, tesisin ömrü boyunca üretmesi öngörülen elektrik miktarına bölünmesi ile elde edilir. Sermaye maliyetini de dikkate alan bu hesaplama, bir projenin değer yaratması için gerçekleştirmesi gereken ortalama elektrik fiyatını temsil etmekle birlikte genellikle yatırım planlaması ve farklı elektrik üretim yöntemlerinin karşılaştırılması için kullanılmaktadır.

Tablo 7

Ortalama Elektrik Üretim Birim Maliyeti¹ (ABD\$/kWs)

	2010	2022	%
 Biyoenerji	0,082	0,061	↓ %25
 Jeotermal	0,053	0,056	↑ %6
 Hidroelektrik	0,042	0,061	↑ %47
 Güneş	0,445	0,049	↓ %89
 Rüzgar (Onshore)	0,107	0,033	↓ %69
 Rüzgar (Offshore)	0,197	0,081	↓ %59



Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi giderek daha düşük maliyetli hale gelmektedir.

Teknolojik gelişmelerle verimlilik artışları, üretim optimizasyonu, rekabetçi tedarik zinciri ve üretici deneyiminin gelişmesi ile birlikte 2010 – 2022 yılları arasında hızlı bir düşüş olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle güneş ve rüzgar enerjisi elektrik üretim maliyetinde önemli ölçüde düşüş yaşanmıştır.

Yenilenebilir enerjiden elektrik üretim teknolojileri incelendiğinde, güneş enerjisinden ortalama üretim maliyetinin **2010** yılından **2022** yılına kadar **%89** düşüş gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu düşüşün ana sebebi **panel fiyatlarında** gözlemlenen düşüştür.



Tedarik zincirindeki aksaklıklarının ve artan emtia fiyatlarının birçok bölgede maliyetler üzerinde oluşturduğu baskıya rağmen, **Çin**'in kapasite artışlarını domine etmesi sebebiyle **2022** yılında da küresel güneş enerjisi ortalama üretim maliyeti **%2** düşüş göstermiştir.



Son yıllarda fosil yakıt fiyatlarında yaşanan artış sonrası, yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi ortalama maliyetinde gözlemlenen düşüş daha da önem kazanmış, yenilenebilir enerjiden elektrik üretiminin sağladığı **çevresel faydaların** yanı sıra **maliyet düşüşleri** de yenilenebilir enerjinin rekabet gücünü artırmıştır.



⁽¹⁾ Grafikte yer verilen bilgilerin kaynağı olan IRENA'nın maliyet veri tabanı, Çin, Amerika, Brezilya ve Almanya başta olmak üzere çeşitli ülkelerde faaliyet gösteren toplam **2.317 GW** kurulu güce sahip yaklaşık **22 bin** yenilenebilir enerji üretim projesinin verilerini kapsamaktadır.

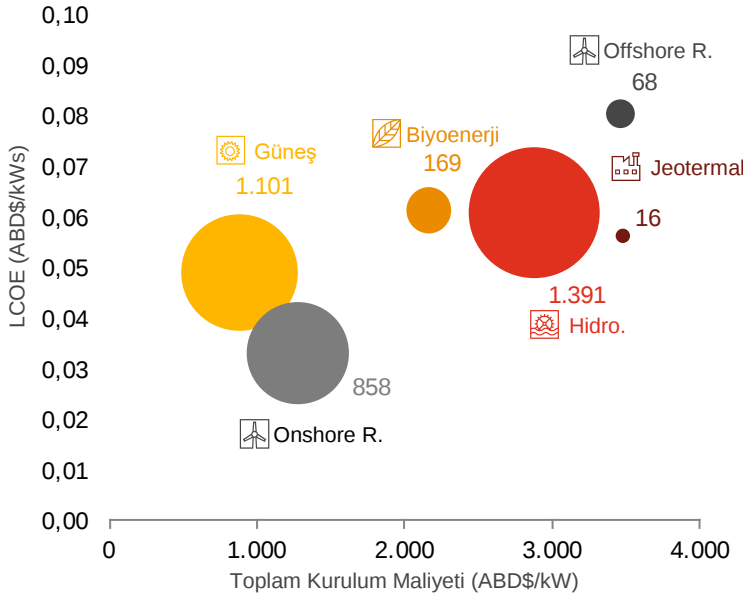
Kaynak: IRENA, PwC Analizi



Yenilenebilir enerji santralleri arasında 2010 – 2022 yıllarında ortalama elektrik üretim maliyetinde en çok düşüş gözlemlenen teknoloji %89 düşüş oranı ile güneş enerjisi santralleri olmuştur.

Grafik 23

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Karşılaştırması¹ (ABD\$, 2022)



2021 ve 2022 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynakları bazında ortalama elektrik üretim maliyetleri aşağıdaki gibi değişim göstermiştir.



%13 ↓



%18 ↑



%22 ↓



%4 ↓



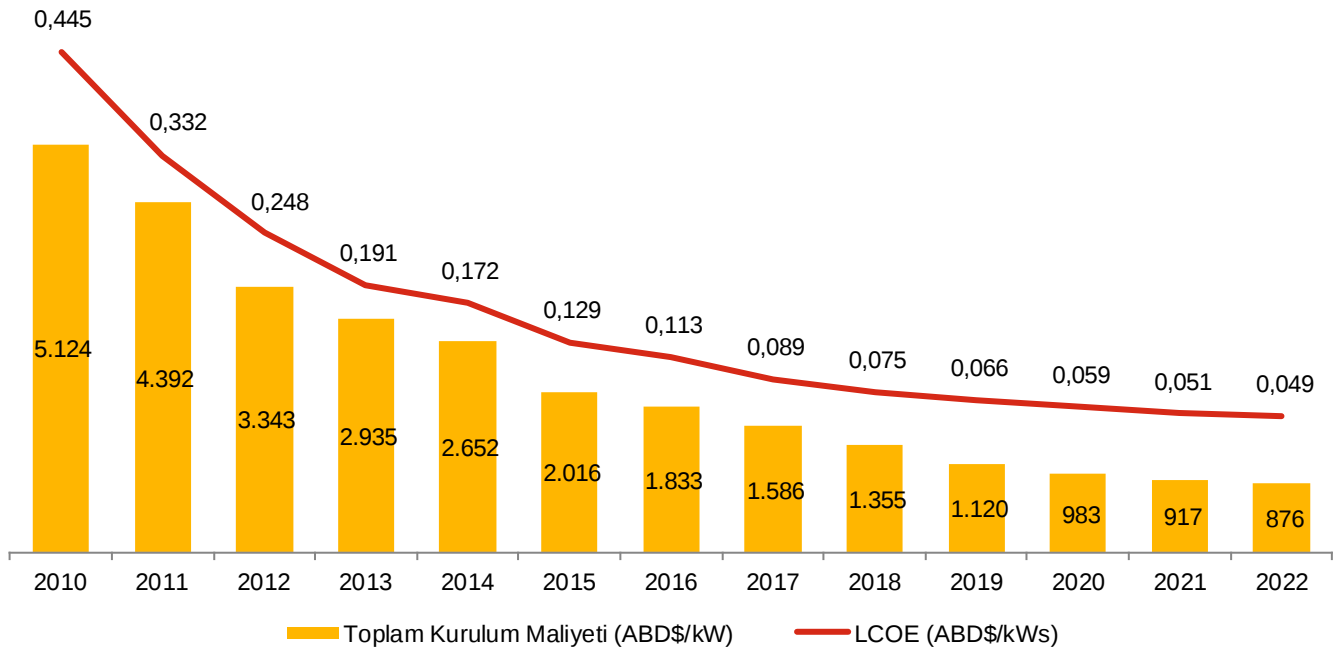
%5 ↑



%2 ↓

Grafik 24

Küresel Güneş Enerjisi Toplam Kurulum Maliyeti (ABD\$/kW) ve LCOE (ABD\$/kWh)



¹ Balon büyüklüğü kurulu güç büyüklüğünü temsil etmektedir.

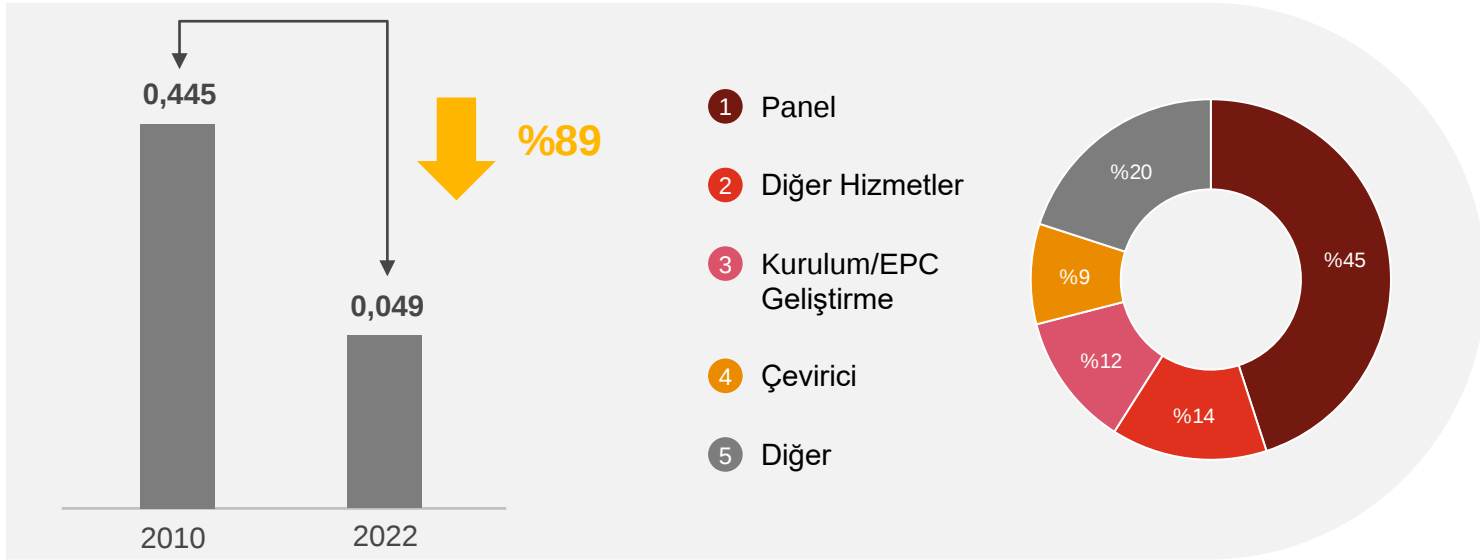
Kaynak: IRENA



Güneş enerjisinden elektrik üretimi ortalama maliyetini etkileyen en büyük faktör teknolojinin gelişimi ve panel fiyatlarında yaşanan düşüştür.

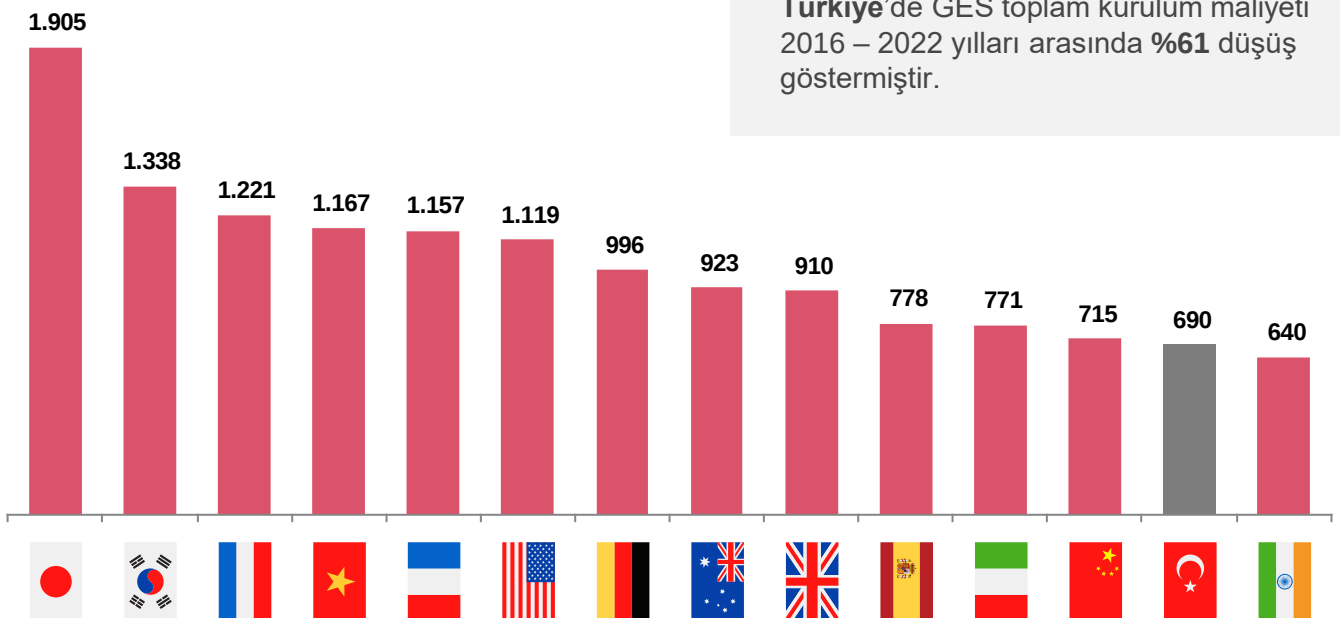
Grafik 25

Güneş Enerjisi Ortalama Elektrik Üretimi Birim Maliyetini Etkileyen Faktörler (2010 - 2022)



Grafik 26

Ülkelere Göre Şebekeye Bağlı GES Toplam Kurulum Maliyeti (ABD\$/kW, 2022)



Türkiye'de GES toplam kurulum maliyeti 2016 – 2022 yılları arasında %61 düşüş göstermiştir.

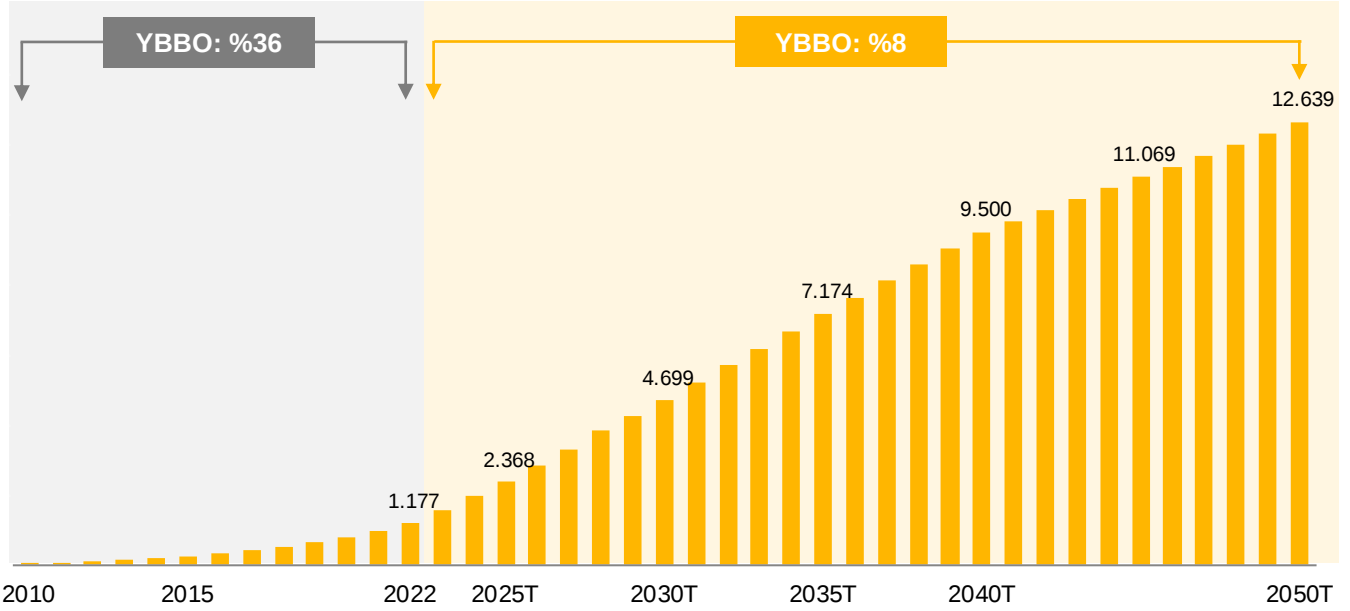
Kaynak: IRENA



Uluslararası Enerji Ajansı'nın yayımlamış olduğu rapora göre, küresel güneş enerjisi kurulu gücünün 2030 yılında 7.639 GW'a, 2050 yılında ise 12.639 GW'a ulaşması beklenmektedir.

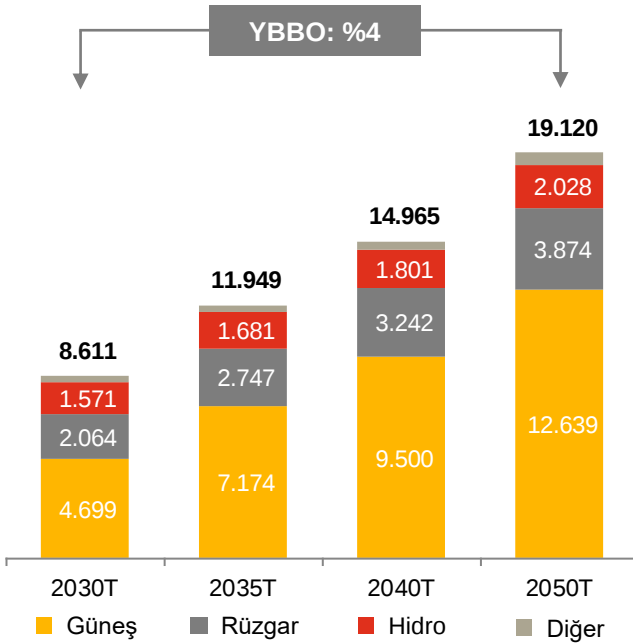
Grafik 27

Küresel Toplam Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (GW)



Grafik 28

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Güç Tahminleri (GW)



2050 yılında, **güneş enerjisi kurulu gücünün** yenilenebilir enerji kurulu gücü içerisinde **%66 paya** sahip olacağı öngörülmektedir.

Ayrıca 2023 – 2050 yılları arasında **%8 YBBO** ile büyüyeceği tahmin edilen güneş enerjisi kurulu gücü **en çok büyüme** öngörülen yenilenebilir enerji teknolojisidir.

			
YBBO ¹	%8	%5	%1
YE Payı (2050 Tahmini)	%66	%20	%11

¹ 2023 – 2050 yılları arası YBBO gösterilmektedir.

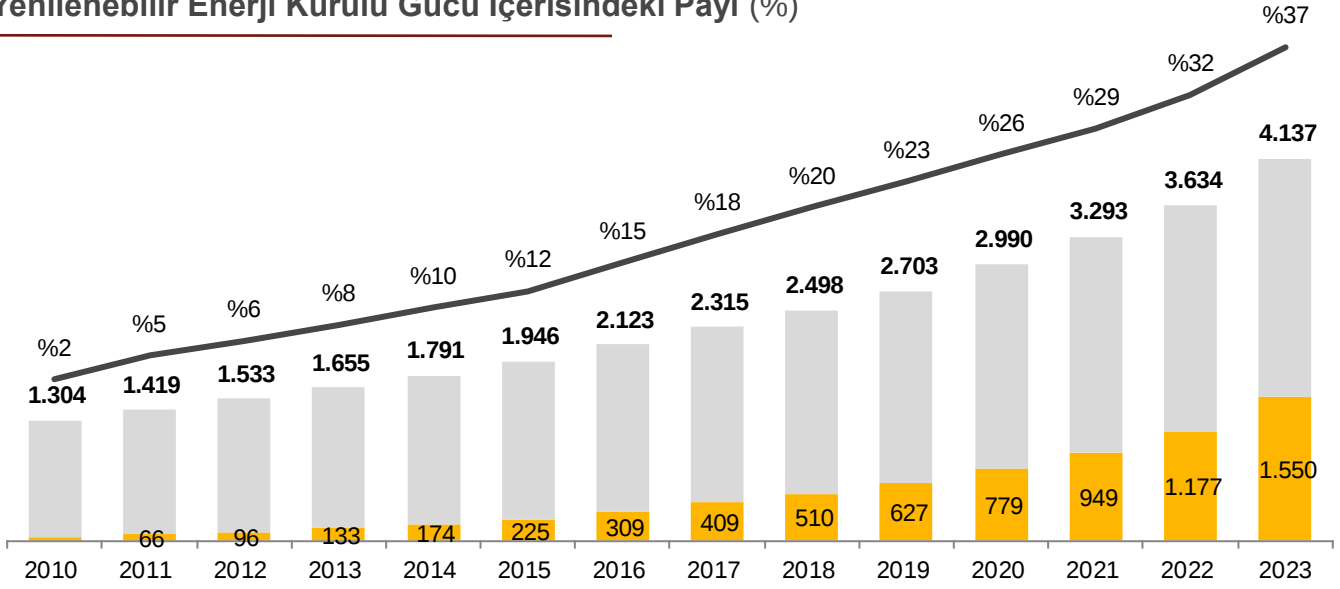
Kaynak: IEA, Halka Açık Kaynaklar



2015 yılından bu yana güneş enerjisi kurulu gücünün yenilenebilir enerji kurulu gücü içerisindeki payının önemli ölçüde artış gösterdiği gözlemlenmektedir.

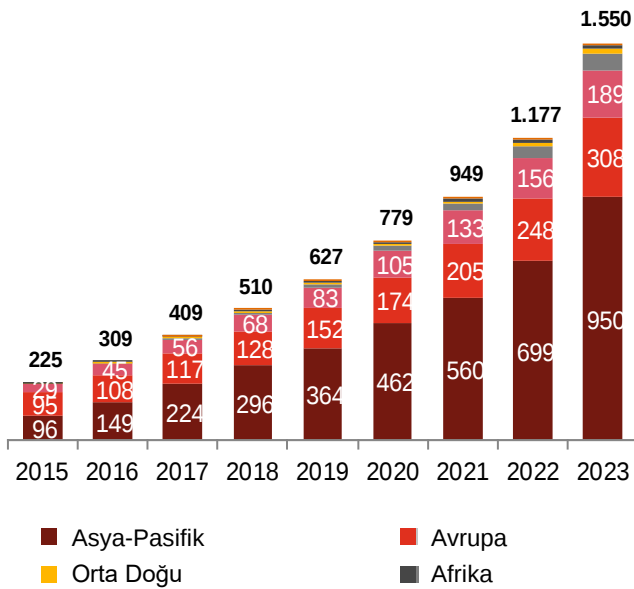
Grafik 29

Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (GW) ve Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü İçerisindeki Payı (%)



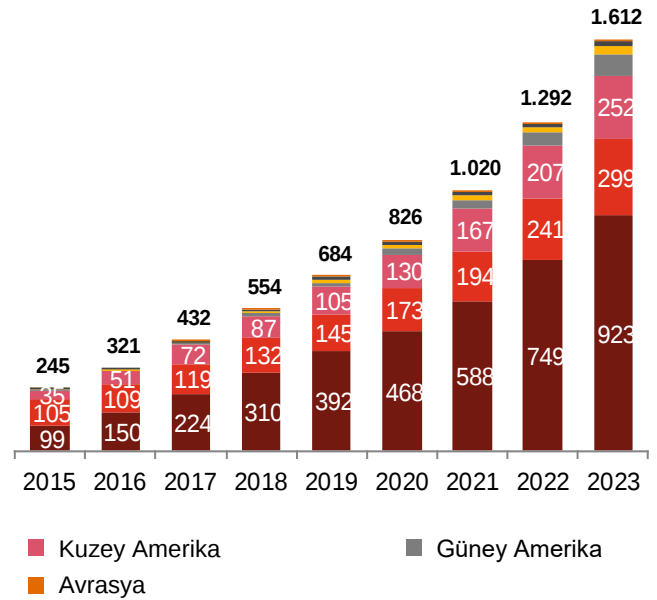
Grafik 30

Küresel Güneş Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı (GW)



Grafik 31

Küresel Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi Dağılımı (TWhs)



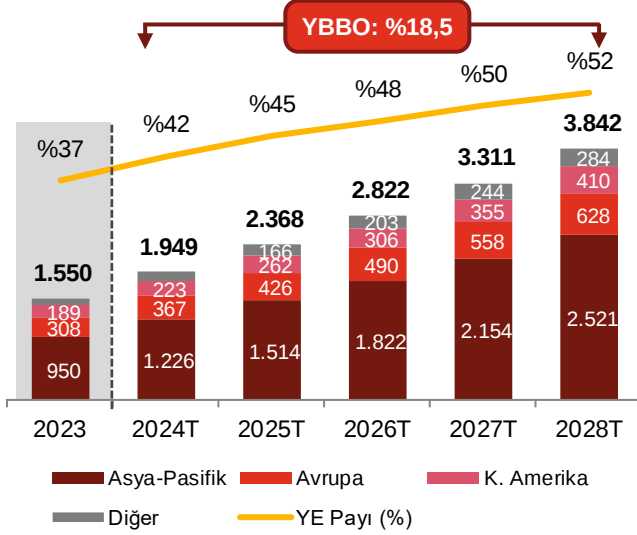
Kaynak: IEA



Dünyada güneş enerjisi kurulu gücü artışının başlıca Çin, Avrupa Birliği ve ABD özelinde gerçekleşmeye devam edeceği tahmin edilmektedir.

Grafik 32

Küresel Güneş Enerjisi Kurulu Güç Artış Tahmini (GW)



2015-2023 yılları arasında yılda ortalama %27 büyüme gösteren küresel güneş enerjisi kurulu gücünün, 2023 ve takip eden 5 yıl boyunca da yılda ortalama %18,5 büyüyeceği ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payının kademeli şekilde artmaya devam ederek %50 seviyesini aşacağı öngörülmüştür.

2023-28 arasındaki kurulu güç artışının yaklaşık olarak %90'ının Asya-Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika bölgelerinden kaynaklanacağı varsayılmıştır.

En Yüksek Kurulu Güç Artışı Öngörülen Bölge ve Ülkeler

IEA tahminlerine göre dünyada en çok güneş enerjisi kurulu gücüne sahip olan bölgeler hem geçmiş, hem de gelecek tahminlerinde Asya-Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika bölgeleri olarak öne çıkmaktadır. Ancak, 3 bölgenin de güneş enerjisi hakimiyeti tek bir ülke/ülke topluluğu üzerinde bulunmaktadır.

- 1 Asya-Pasifik**
Çin
2024-28 Artış: 1.571 GW
+1.306 GW **%83**
Çin, hücre/panel üretiminde lider olması ve sağladığı 60mr ABD\$+ teşvikler ile güneş enerjisinde dünyada en büyük kurulu güce sahip ülkedir.
- 2 Avrupa**
AB
2024-28 Artış: 321 GW
+265 GW **%83**
AB, fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmak ve GHG emisyonlarını sıfırlamak için güneş enerjisi atılımlarını sürekli olarak artırmaktadır.
- 3 Kuzey Amerika**
ABD
2023-27 Artış: 221 GW
+211 GW **%95**
2022'de yürürlüğe giren IRA kapsamındaki yenilenebilir enerji teşvikleri ile ABD güneş enerjisi sektörünün gelecek 10 yıl boyunca ciddi seviyede büyüyeceği varsayılmaktadır.

Diğer Bölgeler

Çin, ABD ve AB haricinde dünyada güneş enerjisi kurulu güç artışının en çok Güney Amerika bölgesi ile Orta Doğu bölgelerinde gerçekleşmesi öngörülmektedir. 2024-28 arasında kurulu güç artışının Güney Amerika'da ~100 GW'ı, Orta Doğu bölgesinde ise ~40 GW seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir.

Kaynak: IEA, PwC Analizi



Güneş enerjisinde en büyük 3 pazar olan Çin, Avrupa Birliği ve ABD, farklı pazar dinamikleri ile panel ihracat uygunluklarına sahiptir.

Güneş Enerjisinde En Büyük Kurulu Güce Sahip 3 Pazarın Pazar Koşulları ve Panel İhracatına Uygunluğunun Karşılaştırmalı Analizi

	Çin	AB	ABD
 Kurulu Güç Artışı (2024-28)	1.306 GW	265 GW	211 GW
 Destekleyici Politikalar	Güneş enerjisi sektörü, Çin'de 2010 yılından beri stratejik sektör olarak özel teşvik alımına uygundur.	AB Yeşil Mutabakat kapsamında öncelik verilen ve desteklenen sektörlerden biri halindedir.	IRA'nın sağladığı teşvikler ile güneş enerjisine yatırımın ciddi ölçüde artırılması planlanmaktadır.
 Panel İthalatı Kısıtlamaları	Güneş paneli / hücresi ithalatına özel kısıtlama bulunmamaktadır.	Çin menşei panelere uygulanan anti-damping uygulaması 2018'de kaldırılmıştır.	Çin, Vietnam, Malezya, Tayland ve Kamboçya menşei panel ve hücrelere anti damping vergileri uygulanmaktadır.
 Panel Üretim Faaliyetleri	Küresel panel/hücre üretiminde lider konumda olması sebebiyle iç pazara da yerel üreticiler hakimdir.	Ağırlıklı olarak Çinli üreticilerin hakimiyetindedir. AB içi panel üretimi ilerleyen yıllar için planlanmaktadır.	IRA kapsamında açıklanan yatırımlar ile +100GW panel üretim kapasitesi hedeflenmektedir.
 Ortalama Panel Fiyatları	2023 Ortalama: 0,18 ABD\$/W	2023 Ortalama: 0,19 ABD\$/W	2023 Ortalama: 0,36 ABD\$/W
 Panel İhracat İmkânları	Çinli üreticilerin Güneydoğu Asya şubelerinden yapılan ithalat haricinde materyal panel ithalatı yoktur.	AB dışından panel ihracatı gerçekleştirilebilmektedir. İç pazardaki atılımlarla dışa bağımlılığın uzun vadede azalacağı öngörülmektedir.	İhracata uygunluk için UL sertifikası ¹ ile panel ve hücrelerin Çin ve 4 GD Asya ülke menşei olmaması gerekmektedir.
Panel İhracatına Uygunluk Seviyesi	Uygun Değil	Sınırlı Uygunluk	İhracata Uygun

Panel İhracatı İçin En Uygun Pazar: ABD



ABD pazarı, 2022 yılında yürürlüğe girmiş olan Enflasyonu Azaltma Yasası (IRA)'nın içerdiği teşviklerin de etkisiyle Çin'in ardından en çok güneş enerjisi kurulu güç artış hedefi olan 2.ülke haline gelmiştir. IRA kapsamında ABD içi panel üretim faaliyetlerinin artış göstermesi beklenmektedir, ancak IRA sürecinde ve sonrasında ABD'nin ithal güneş paneli ihtiyacının devam edeceği belirtilmektedir. **ABD'deki talep artışı ve ABD'deki yüksek panel fiyatları, ülkeyi güneş paneli ihracatı için en uygun ve erişime açık pazar haline getirmektedir.**

¹ UL sertifikası, bir güneş panelinin ABD'de kullanılabilmesi için gerekli kalite ve yeterlilik testlerini geçtiğini belgelemektedir.

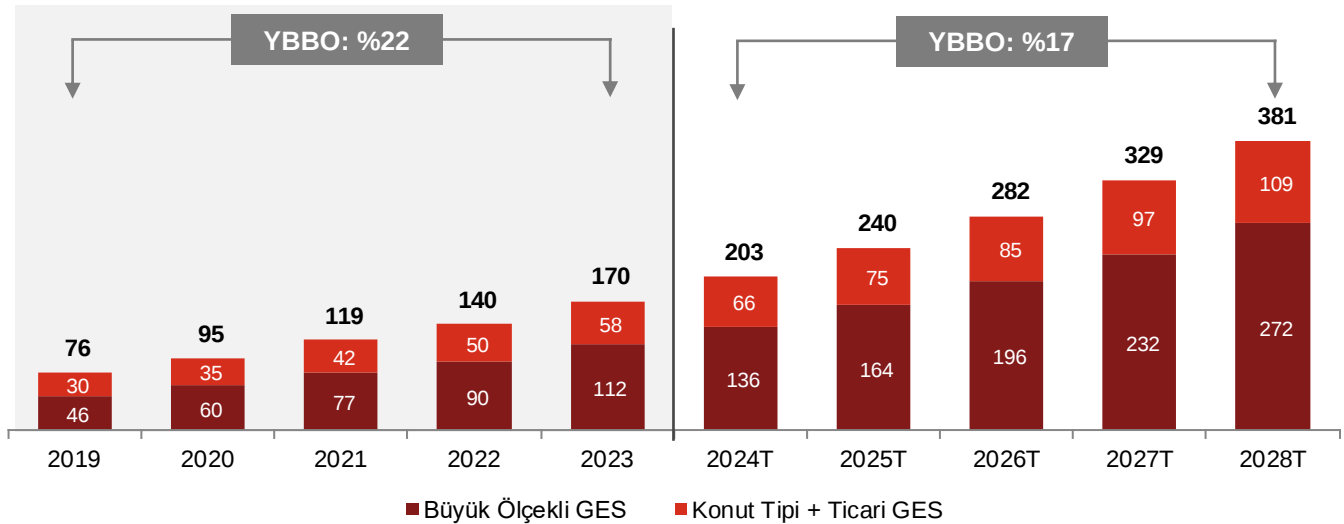
Kaynak: IEA, Bloomberg, Halka Açık Kaynaklar, PwC Analizi



Güneş enerjisinin maliyetlerinde yaşanan düşüş ile ABD'nin Enflasyonu Azaltma Yasası (IRA) ile yenilenebilir enerjiye sağladığı teşvikler, ABD'deki güneş enerjisi kurulu gücünün güçlü artışını tetikleyen faktörlerdir.

Grafik 33

ABD'de Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (GW)



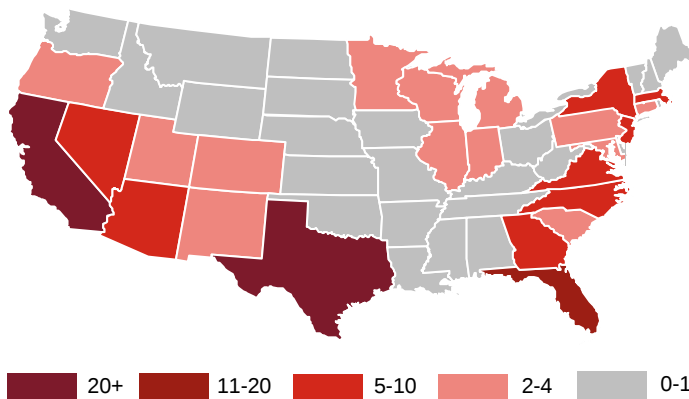
Güneş Enerjisinin ABD'deki Gelişimi

ABD’de güneş enerjisine olan talep, güneş enerjisinin finansal ve operasyonel maliyetlerinin 2015 ve takip eden yıllarda düşüş göstermesi ile artışa geçmeye başlamıştır. Başta Kaliforniya eyaleti olmak üzere, ABD’nin güneyinde hem konutlarda çatı üzeri kullanılan, hem de büyük ölçekli santraller olarak planlanan GES projelerinin sayısı hızla artış göstermiştir.

Güneş enerjisinin maliyetlerinde yaşanan düşüş ve Ağustos 2022’de yürürlüğe giren Enflasyonu Azaltma Yasası (Inflation Reduction Act – IRA)’nın sağladığı vergi teşviklerinin başta büyük ölçekli ve konut tipi GES’lerde ciddi kapasite artış açıklamalarına yol açmıştır.

Grafik 34

ABD'deki Güneş Kurulu Gücünün Eyalet Bazında Dağılımı (Ocak 2024, GW)



ABD’de güneş enerjisi kurulumu, ısıtım potansiyeli sebebi ile güney eyaletlerinde yoğunlaşmıştır. IRA kapsamında sunulan vergi teşvikleri ile güneş enerjisi kurulu gücünde geride kalmış olan eyaletlerdeki güneş enerjisi kurulumunun özellikle konut tipi GES kullanımının teşvik edilerek artırılması hedeflenmektedir.

ABD'deki 200 MW üzeri tüm büyük ölçekli GES'ler güney eyaletlerinde bulunmaktadır. ABD'deki en büyük GES, Şubat 2024 itibarıyla Nevada'daki Copper Mountain Solar Facility'dir (~ 800 MW)

Kaynak: IEA, SEIA, PwC Analizi

ABD'deki kayda değer güneş enerjisi kurulu güç artış hedefleri ile bu hedefleri destekleyen kararlı politika uygulamaları, Türkiye'deki güneş paneli üreticileri için ABD'yi en karlı ihracat pazarı olarak öne çıkartmaktadır.

ABD Güneş Enerjisi Sektörünün Büyüme Katalizörü: IRA

Enflasyonu Azaltma Yasası (IRA)

16 Ağustos 2022 tarihinde yürürlüğe giren IRA, ABD'deki enflasyonu birden fazla başlık altında yapılacak atılımlarla düşürmeyi hedefleyen bir yasadır. Temiz enerji dönüşümü altında, yenilenebilir enerji yatırımcılarına ve üreticilere vergi indirimi veya vergi iadesi şeklinde çeşitli teşvikler sunarak ABD'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasını hedeflemektedir.

IRA'de Güneş Enerjisi İçin Sağlanan Başlıca Teşvikler

Yatırım Vergi Teşviği (Investment Tax Credit – ITC)

Konut tipi, ticari ve büyük ölçekli GES kurulumlarında, yatırım tutarının %30'unun (baz durumda) kurulum gerçekleşen yıldaki federal gelir veya kurumlar vergisinden düşülebilmesi. Ek olarak, güneş paneli veya değer zincirindeki diğer bileşenlerin üretimi için seçili projelere %30 vergi indirimi (baz durumda).



Üretim Vergi Teşviği (Production Tax Credit – PTC)

ABD içerisinde gerçekleştirilen her bir güneş enerjisi değer zinciri bileşeni için üretilen adet bazında hesaplanan ve üretimin gerçekleştiği mali yıldaki federal kurumlar vergisinden düşülebilen vergi kredisi.

- Polisilikon için **3 ABD\$/kg**
- Hücre için **0,04 ABD\$/W**
- Wafer için **12 ABD\$/m2**
- Panel için **0,07 ABD\$/W**



Vergi Teşviklerinin Kullanımı (Tax Credit Monetization)

PTC kapsamında verilen vergi teşvikleri, yatırımın ilk 5 yılında vergi indirimi yerine direkt olarak ödeme şeklinde alınabilmektedir. Ek olarak, PTC ve ITC kapsamında sağlanan vergi indirimi hakkı, üçüncü kişilere de transfer edilebilmektedir.



IRA'nın ABD Güneş Enerjisi Sektörüne Sağladığı Faydalar



Politika İstikrarı

IRA kapsamında verilen teşviklerin 10 senelik bir süreci kapsaması ile sektörde istikrar oluşturulmuştur, ABD'deki temiz enerji dönüşümü için gerekli altyapı sağlamlaştırılmıştır ve ABD içi üretim faaliyetleri ciddi seviyede artırılmıştır.



Temiz Enerji



Üretim Artışı

IRA Etkileri ile ABD'de Güneş Enerjisi Gelişimi



2024-28 arası güneş enerjisi kurulu gücünün 200 GW seviyelerinde artması beklenmektedir.



Açıklanan ABD içi üretim tesisi yatırımları ile 2030 sonrasında **~120GW panel**, **~50GW hücre üretimi** kapasitesi hedeflenmektedir.

IRA'nın sağladığı teşvikler panel ve diğer bileşen üretimini ABD içerisine taşımayı amaçlamasına rağmen, IRA tabanlı oluşan talep artışını karşılayabilmek için ABD, panel ithalatına ihtiyaç duymaya devam edecektir.

SEIA, ABD'nin ithal panel ihtiyacının uzun vadede stabil şekilde devam edeceğini öngörmektedir.

Kaynak: IEA, SEIA, PwC Analizi



ABD'de Çin ve 4 Güneydoğu Asya ülkesinden gelen güneş panel ve hücrelerine karşı anti-damping uygulaması bulunmaktadır. Bu uygulama, ABD'ye ihracat yapmak isteyen diğer ülkeler için ihracatta pazar payı elde etme fırsatı oluşturmaktadır.

ABD'de Anti-Damping ve Dengeleyici Vergi Uygulamaları

Çin, 2005 yılında yürürlüğe aldığı Yenilenebilir Enerji Yasası ve sağladığı özel teşvikler ile çok hızlı bir şekilde güneş enerjisi sektöründe dünyanın en büyük üreticisi haline geldi. Çinli üreticilerin ABD pazarına atılım yapması ile ABD iç pazarında panel fiyatları %60 oranında geriledi. Amerikalı üreticiler, rekabetin azaldığını öne sürerek 2011 yılında anti-damping (AD) ve dengeleyici vergilerin (DV) uygulanması için başvuruda bulundu.

Ekim 2011

6 Amerikalı şirket, ithal panel ve hücrelere anti-damping (AD) ve dengeleyici vergi (DV) uygulanması için ABD Ticaret Bakanlığı'na başvuruda bulundu.

Aralık 2012

ABD Ticaret Bakanlığı, Çin'de üretilen panel ve hücrelere AD/DV getirildiğini duyurdu. Bu karar üzerine Çinli üreticiler, üretim hatlarını Tayvan vb. ülkelere kaydırmaya başladı.

Şubat 2015

Uygulamada olan AD, Tayvan menşeli panel ve hücreleri de kapsamaya başladı. Panellerin üretim yerine ek olarak birleştirildiği ülke de AD kapsamına alındı.

Ocak 2018

Trump Hükümeti, tüm ithal panel ve hücrelere KDV uygulanmasına karar verdi. Uygulama Biden Hükümeti tarafından devam ettirildi ancak koşulları hafifletildi.

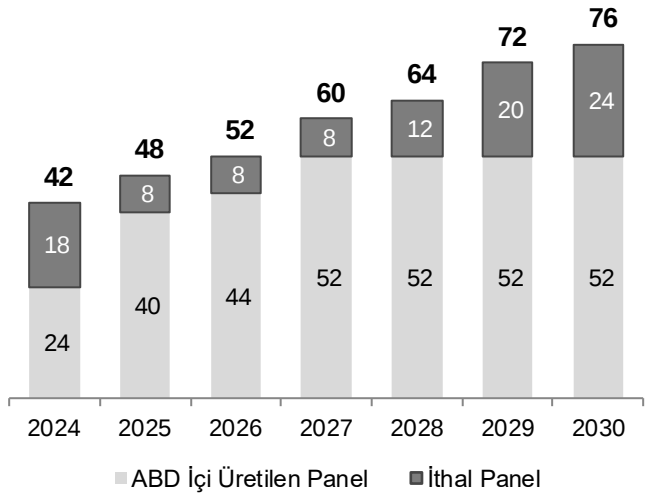
Haz. 2022 - Ağu. 2023

ABD Ticaret Bakanlığı, Çin menşeli panel ve hücre ithalatlarının 4 Güneydoğu Asya ülkesi (Vietnam, Malezya, Kamboçya, Tayland) üzerinden gerçekleştirilerek AD/DV uygulamalarının delindiğine karar verdi ve bu 4 ülkeyi de AD/DV kapsamına dahil etti.

Biden Hükümeti, 4 ülkeden yapılacak olan ithalatların Haziran 2024'e kadar AD/DV'den etkilenmeyeceğini belirtti.

Grafik 35

ABD'de Kullanılan Panellerin Menşei (GW)



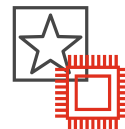
SEIA, ABD'ye olan panel ithalatının özellikle IRA teşviklerinin etkilerinin tamamen yansıtacağı 2025-2028 yılları arasında düşüş göstereceğini, **ancak 2028'den itibaren iç pazardaki üretim kapasitesinin sabit bir seviyeye oturması ile tekrardan artacağını varsaymaktadır.**

ABD panel ithalatlarının son 5 yılda ~%75'ini kapsayan 4 GD Asya ülkesine uygulanacak AD/DV, bu ülkeler haricinde ABD'ye panel ihracatı yapmaya hazır şirketler için fırsat olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye'den ABD'ye Panel İhracatı Gerçekleştirmeye Yönelik Regülasyonlar



ABD pazarında satış yapabilmek için gerekli yasal zorunluluğun sağlandığının ispatıdır. Panel üretimindeki hammaddelerin de UL sertifikasına sahip olması gerekmektedir.



Panel üretiminin yanı sıra, hücre üretiminin de AD/DV uygulanan ülkeler olan Çin + 4 Güneydoğu Asya ülkesi dışında gerçekleşmesi gerekmektedir.



Rapor tarihi itibarıyla, Türkiye'den ABD'ye panel ihracatı gerçekleştirmek için gereken tüm koşulları, dikey entegre üretim tesisi sayesinde **sadece Kalyon PV karşılamaktadır.**

Kaynak: ABD Ticaret Bakanlığı, Halka Açık Kaynaklar



Avrupa Birliği pazarında kurulu güç artışının önümüzdeki 5 senede ABD ile benzer seviyelerde artış göstereceği beklenmektedir. Ancak, ABD güneş enerjisi pazarının aksine Çinli panel üreticileri AB pazarının çoğunluk payına sahip durumdadır.

AB'de Güneş Enerjisi Sektörü

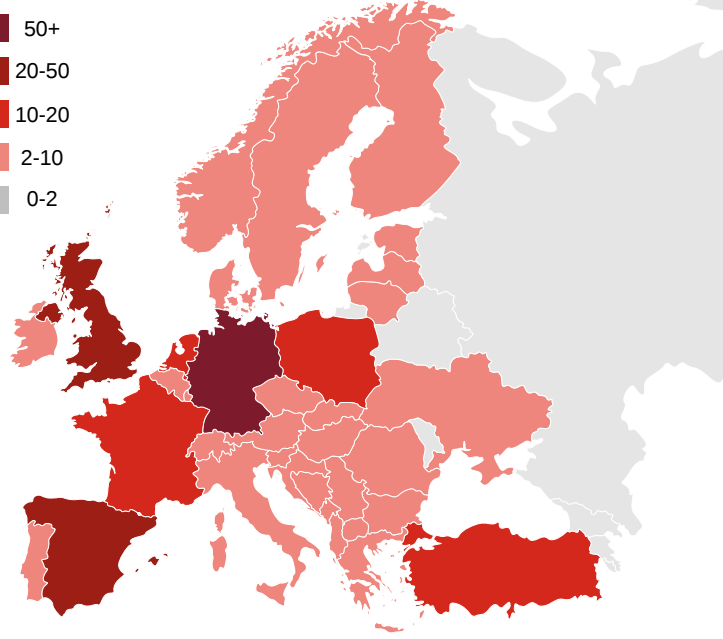
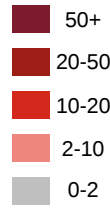
Avrupa Birliği, enerji krizine yanıt olarak güneş enerjisi kurulumunu hızlandırmaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nda önerilen yeni politika ve hedeflerin, önümüzdeki yıllarda güneş enerjisi yatırımlarını belirgin şekilde tetiklemesi beklenmektedir.

AB'nin bu alandaki büyüme potansiyelinin ABD'ye benzer olduğu görülmekte ve önümüzdeki 5 sene içerisinde AB ülkelerindeki toplam güneş enerjisi kurulu gücünde **200 GW** üzerinde bir artış beklenmektedir.

Grafik 36

Avrupa 2024-28 Arası Kurulu Güç Artışı (GW)



AB'deki Anti-damping Uygulamaları

Aralık 2013

Avrupa Birliği, Çin'den alınan hücre ve paneller için anti-damping ve dengeleyici vergi önlemlerini uygulamaya aldı.

Şubat 2016

Önceden kaldırılan vergiler tekrar getirildi ve Mart 2017'ye kadar uygulanmaları kararlaştırıldı.

Eylül 2018

Anti-damping ve dengeleyici vergi önlemleri kaldırıldı.

2013

2014

2016

2017

2018

Mayıs 2014

AB, serbest piyasa koşullarında adil bir değer altında satış yapmama konusunda bazı büyük Çinli üreticilerle anlaştı ve bu üreticiler için alınan tedbirleri askıya aldı.

Mart 2017

Anti-damping ve dengeleyici vergi önlemleri, beklenen süre olan 5 yıl yerine sadece 18 ay uzatıldı.

Çinli Panel Üreticilerinin AB Pazarındaki Hakimiyeti



Avrupa Komisyonu'nun Çin menşeli güneş panellerine uyguladığı AD vergilerinin kaldırılması ile Çinli panel üreticileri AB pazarında tekrardan hakimiyet kurmaya başlamıştır ve 2022 yılında AB'ye gerçekleştirilen tüm panel ihracatlarının ~%75'inin Çin'den geldiği gözlemlenmiştir. AB, fosil yakıtlarda tek ülkeye (Rusya) olan bağıllığını azaltmak istediği gibi, güneş enerjisinde de yine tek bir ülkeye (Çin) bağlı kalmak istememekte ve bu konuda ABD'de yapılan teşviklere benzer teşvikler hayata geçirmeyi planlamaktadır.

Kaynak: IEA, SolarPower Europe, Trade Map, Halka Açık Kaynaklar





3

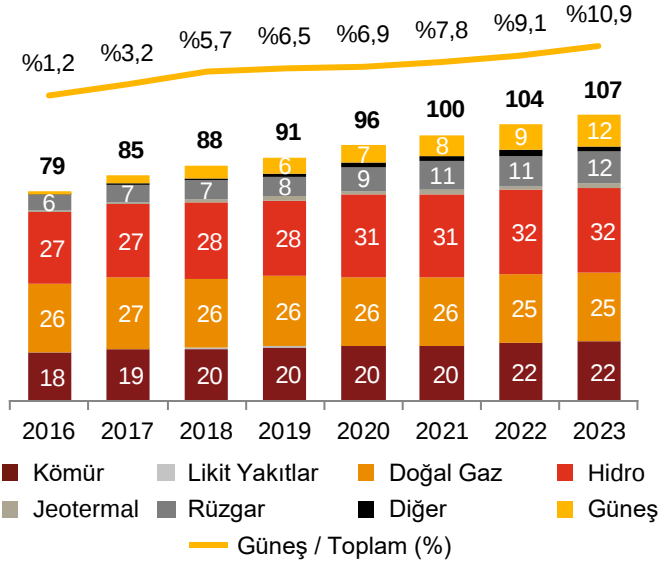
Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Güneş Paneli Pazarı



Türkiye'de güneş enerjisi kurulu gücü ilk defa 2023 yılı içerisinde 10 GW seviyesini geçerek toplam kurulu gücün içerisinde %10'dan fazla pay elde etmiştir.

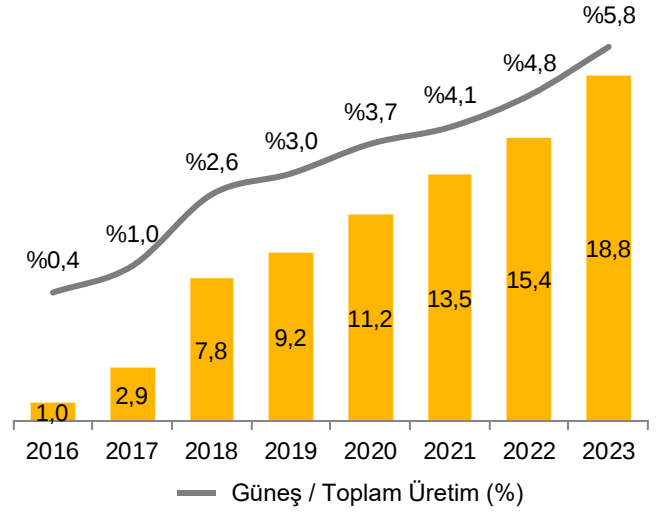
Grafik 37

Türkiye'deki Toplam Kurulu Güç (GW)



Grafik 38

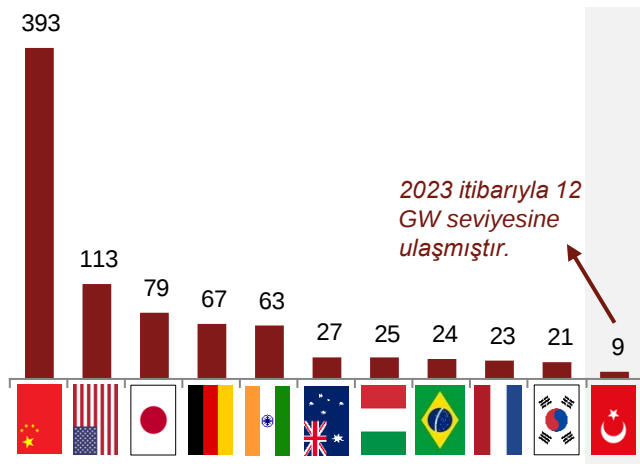
Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi (TWhs)



Grafik 39

Türkiye'nin Kurulu Gücü¹ (GW) ve Dünya Sıralamasında Yeri

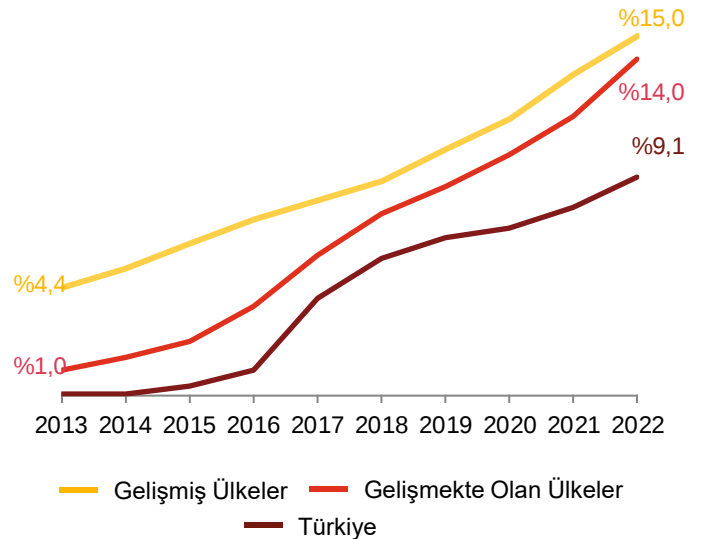
	2010	2022
Toplam Yenilenebilir	14.	12.
Güneş	51.	16.



Grafik 40

Güneş Enerjisi Kurulu Güç Analizi

Türkiye hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere kıyasla tüm senelerde toplam kurulu güçte güneş enerjisi oranında geride kalmıştır. Ancak 2015'ten itibaren yapılan atılımlarla aradaki fark hızla kapanmaktadır.



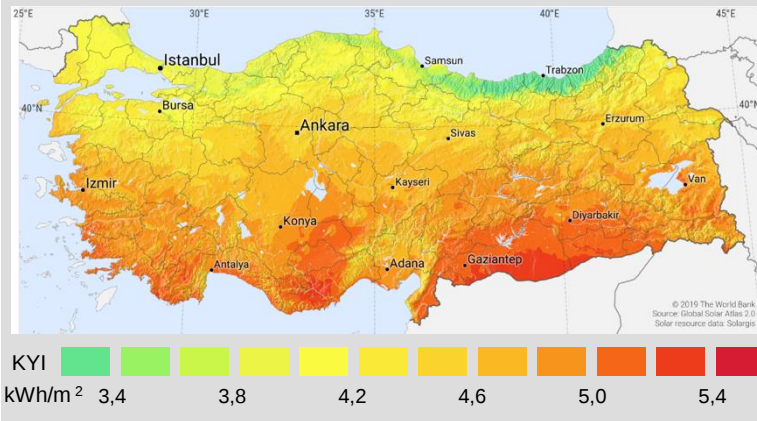
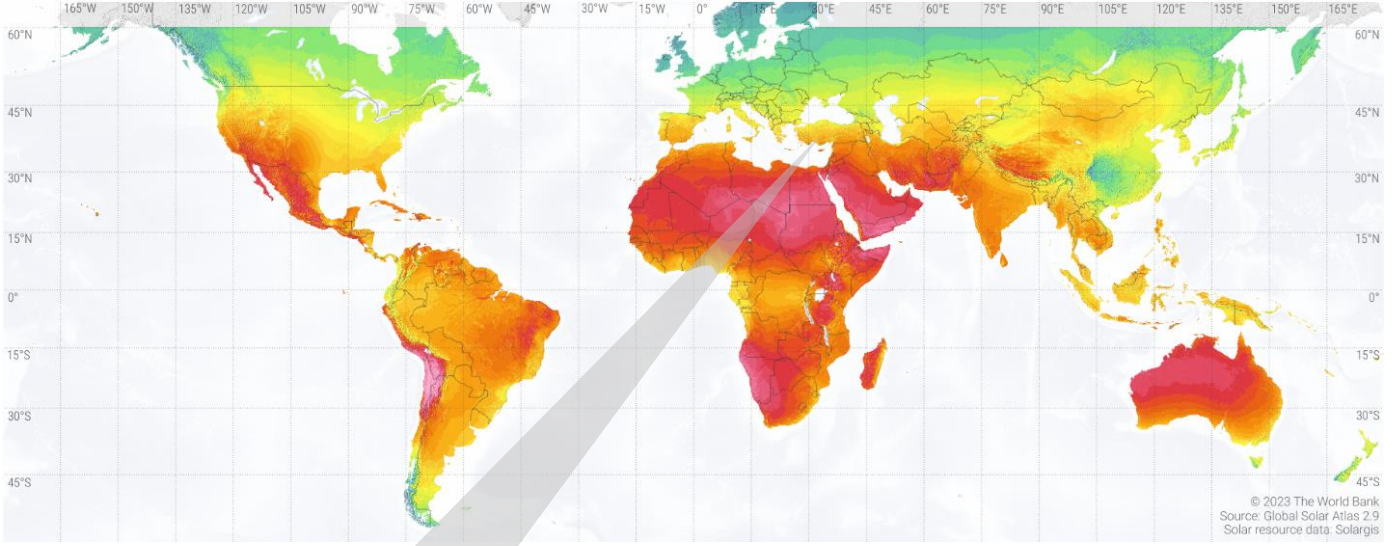
¹ 2022 yılındaki Kurulu Gücü göstermektedir.

Kaynak: TEİAŞ, EPDK, IRENA, Halka Açık Kaynaklar



Türkiye’nin güneş ışınım seviyesi ve güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyeli çoğu ülkeye göre yüksek seviyelerdedir. Bu potansiyel, Türkiye’de hedeflenen yeşil dönüşümde güneş enerjisinin ana aktör olmasına yol açmaktadır.

Küresel Güneş Atlası, Dünya Bankası

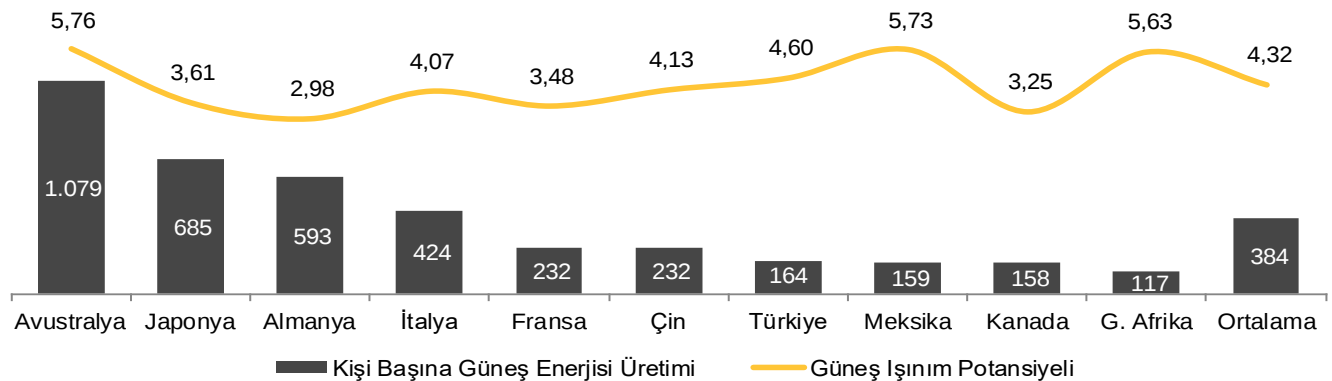


Dünya Bankası’nın yayınladığı Küresel Güneş Atlası’na göre güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgeler, 30° Kuzey ve 30° Güney enlemleri arasında konumlanmaktadır.

Türkiye, yüksek potansiyele sahip bölgeler kadar güneş ışınımı konusunda avantajlı olmasa da 36° ve 42° Kuzey paralelleri arasında konumlandığı için ABD, Çin ve birçok Avrupa ülkesine göre daha fazla ışınım almaktadır ve dolayısıyla da metrekare başına güneş enerjisi üretim potansiyeli de daha fazladır.

Grafik 41

En Yüksek Kişi Başına Güneş Enerjisi Üreten G20 Ülkeleri (ilk 10) ve Işınım Potansiyeli, (kWh/kişi, kWh/m²/gün, 2021)



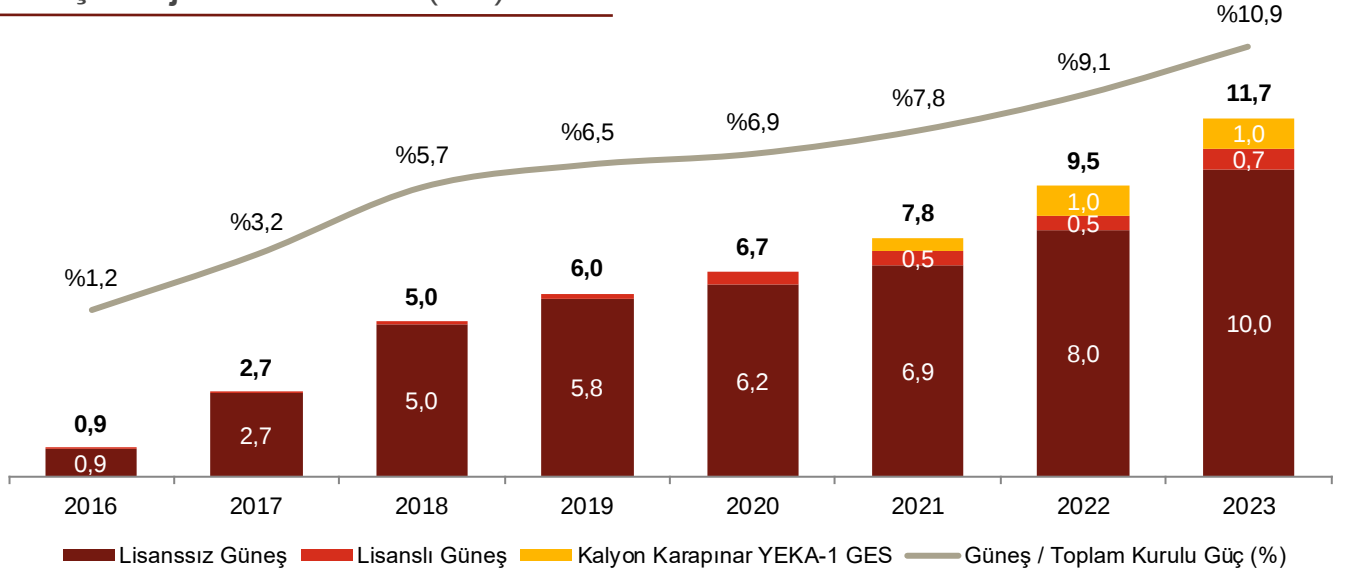
Kaynak: Dünya Bankası, Solargis, SHURA



2017 yılından itibaren YEKA ihaleleri üzerinden lisanslı GES kurulu gücünün artırılmasının amaçlanması ve ilk YEKDEM tarifesinden faydalanabilmek amacıyla kurulan lisanssız GES'ler, Türkiye'deki güneş enerjisi kurulu gücünün önemli ölçüde artmasını sağlamıştır.

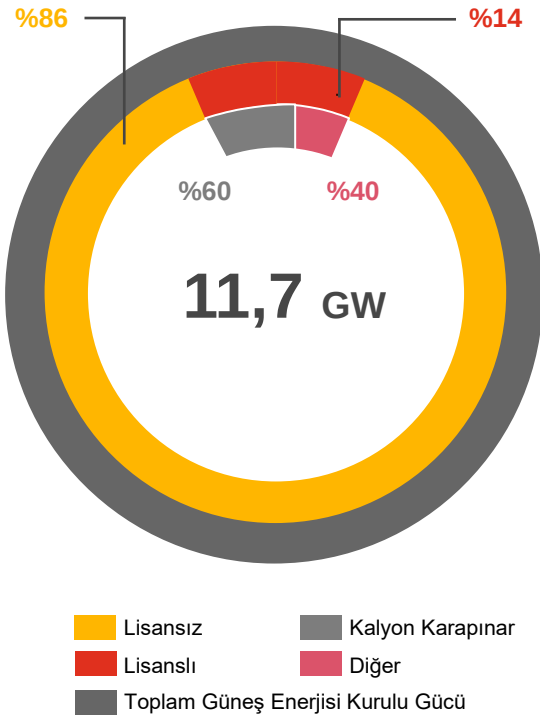
Grafik 42

Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (GW)



Grafik 43

Güneş Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı (%)



Lisanssız Santraller

Lisanssız GES'ler güncel durumda Türkiye'deki güneş enerjisi kurulu gücünün %85'inden fazlasını oluşturmaktadır. 2019 yılına kadar finansal yatırımcılar, sonrasında ise değişen yönetmelikler ve enerji maliyetleri nedeniyle de öztüketim yatırımcıları lisanssız GES yatırımlarına öncülük etmişlerdir.

Lisanslı Santraller

Mevcut durumda YEKA öncesi ve YEKA-1 GES'i kapsamaktadır. Hibrit enerji santralleri ve depolamalı santraller için yapılan düzenlemeler sonrası gelecekte lisanslı GES payının artacağı öngörülmektedir.

Kalyon Karapınar GES

2017 yılında gerçekleştirilen ilk YEKA GES ihalesi kapsamında, kazanan şirket olan Kalyon Holding tarafından Konya/Karapınar'da 1 GW kapasite ile kurulan Kalyon Karapınar GES, Mart 2023 tarihi itibarıyla tamamlanmıştır.

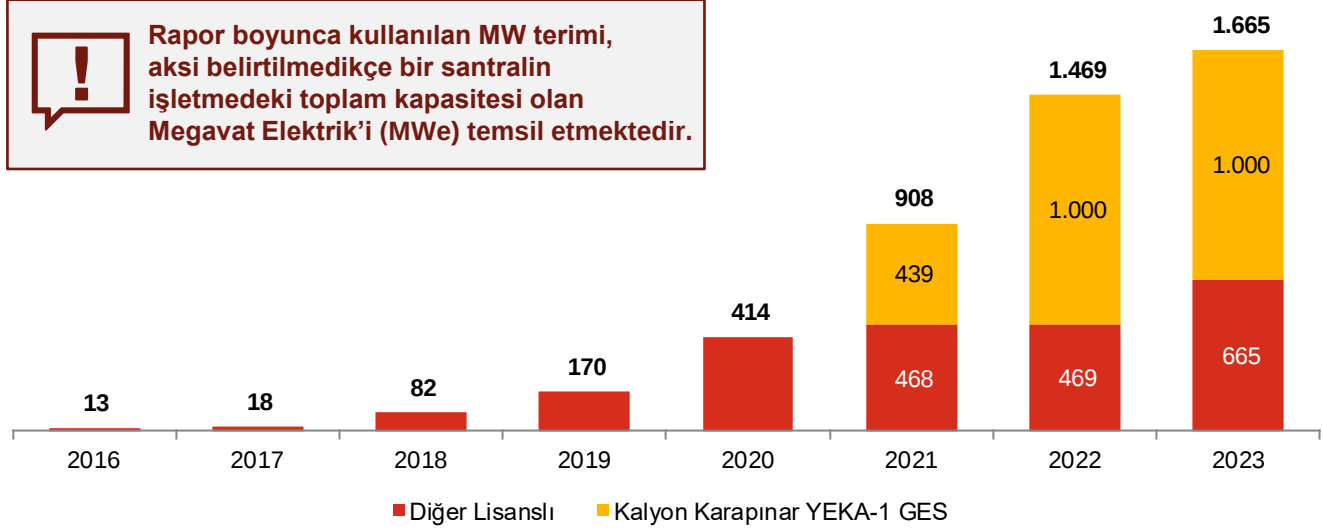
Kaynak: TEİAŞ



Şubat 2024 itibarıyla işletmede bulunan lisanslı GES’lerin toplam lisans kurulu gücü 1,7 GW seviyesinde olup Türkiye’deki toplam güneş enerjisi kurulu gücünün %14’ü seviyesine denk gelmektedir.

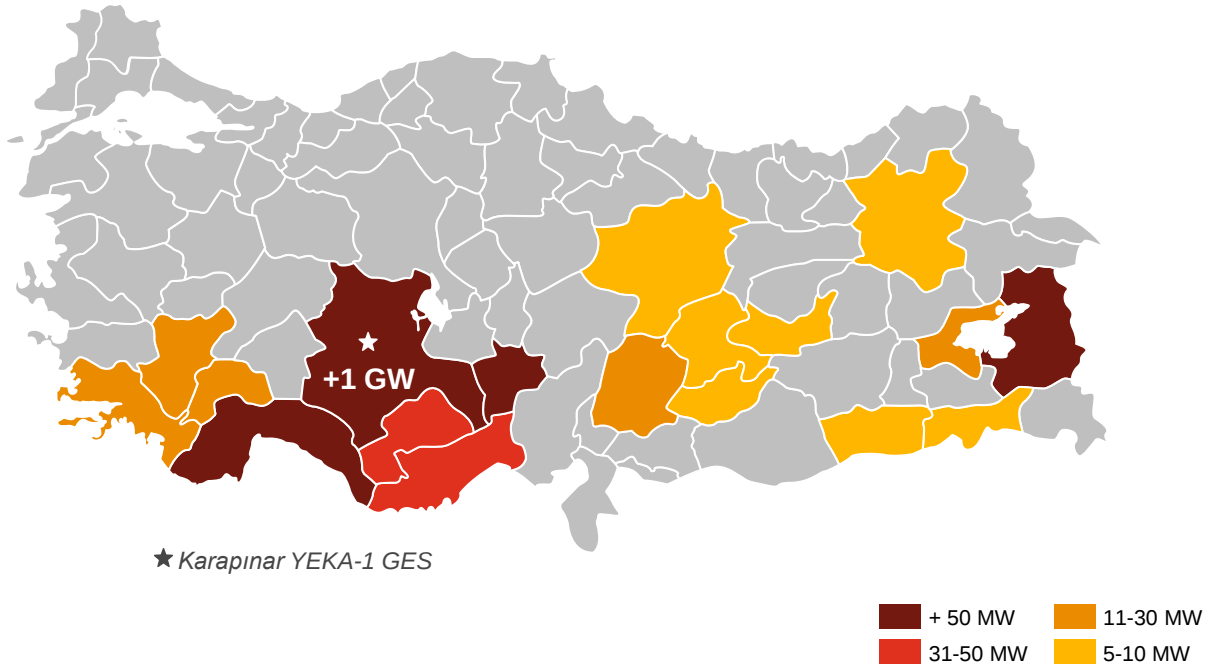
Grafik 44

Lisanslı GES Kurulu Gücü (MW)



Grafik 45

Lisanslı GES Kurulu Gücünün İl Bazında Dağılımı¹



¹ Haritadaki kurulu güç renk dağılımı Kalyon Karapınar YEKA-1 GES hariç tutularak gösterilmiştir.

Kaynak: TEİAŞ



Türkiye’deki lisanslı güneş enerjisi kurulu gücünde yaşanmış olan en büyük artış, Kalyon Karapınar YEKA-1 GES’in faaliyete geçmesi ile gerçekleşmiştir.

Lisanslı İlk 10 Büyük GES (MW)

1	 Karapınar YEKA-1 GES Konya 1.000 MW	2	 G4 Bor-2 GES Konya 96 MW	3	 G4 Bor-3 GES Niğde 92 MW	4	 Gün Güneş Van Arısu GES Van 45 MW	5	 Kıvanç 2 GES Mersin 35 MW
6	 Teksin GES Karaman 33 MW	7	 Cıngılı GES Niğde 26 MW	8	 Gün Güneş Ant. Akseki Antalya 23 MW	9	 Fernas-4 GES Burdur 20 MW	10	 Küçükköy GES Antalya 19 MW



1 GW kurulu gücü ile Kalyon Karapınar YEKA-1 GES, Avrupa’nın **en büyük** güneş enerjisi santralidir.



1 GW
Kurulu Güç



3,5 milyon
Güneş Paneli



2 milyon kişinin
Elektrik İhtiyacı



1,5 milyon ton
Emisyon Azaltımı



20 milyon m²
Arazi Büyüklüğü

Karapınar GES, YEKA-1 ihalesini kazanan Kalyon Enerji tarafından kurulmuştur. Santralin kurulumu 2020 yılında başlamış ve Mart 2023 itibarıyla tamamlanmıştır.

YEKA-1 GES yarışması **Yurt İçine Üretim Karşılığı Tahsis** yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, santralde kullanılan güneş panellerinin **yerlilik oranının** sağlanması adına Türkiye’nin ilk **dikey entegre güneş paneli üretim fabrikası olan Kalyon PV** kurulmuştur. Kalyon PV tarafından üretilen güneş panellerinde %80 seviyesinde yerlilik oranı sağlanmıştır.

Santralin işletmecisi olan Kalyon Enerji’nin %50 payı 11 Ağustos 2022 tarihinde BAE merkezli International Energy Holdings’e satılmıştır.

Kaynak: EPDK, Halka Açık Kaynaklar

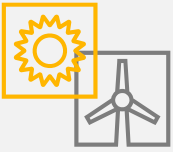


ETKB tarafından 2022 yılında yayımlanmış olan Ulusal Enerji Planı, Türkiye’nin temiz enerjiye geçiş aşamaları için bir yol haritası niteliğindedir.



Türkiye, Ekim 2021’de Paris Anlaşması’nı imzalamasının akabinde 2053 yılına kadar ülke ekonomisinin Net Sıfır Emisyon içereceğini taahhüt etmiştir. Ulusal Enerji Planı, Türkiye’nin Net Sıfır Emisyon taahhütlerinin gerçekleştirilebilirliğini sağlayabilmek için 2035 yılına kadar ulaşılması gereken seviyeleri göz önüne sermektedir.

Ulusal Enerji Planı’nın 2035 Projeksiyonları



Güneş ve rüzgar enerjisinin yenilenebilir enerji kurulu gücü içerisindeki payının yaklaşık %67 seviyesine, toplam kurulu güç içerisindeki payının ise yaklaşık olarak %44 seviyesine geleceği tahmin edilmiştir.



Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının 2035 yılı sonunda 2023 yılında güncel seviyesi olan %40’tan kademeli olarak %55’e ulaşacağı tahmin edilmiştir.



Enerji sistemine ilave esneklik kazandırabilecek bir unsur olan batarya depolama sistemlerinin toplam kurulu gücünün 2035 yılı itibari ile 7,5 GW düzeyine ulaşacağı varsayılmıştır.

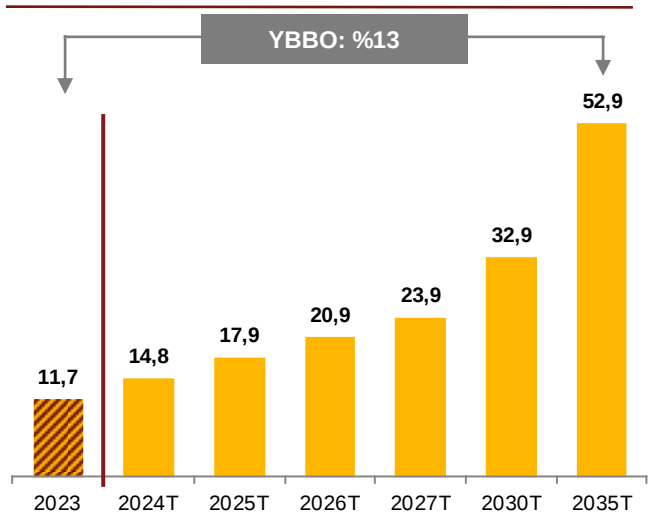
Ulusal Enerji Planı’nda Güneş Enerjisi

ETKB, Türkiye’nin güncel durumda elektrik sisteminde sahip olduğu imkanları ve Türkiye’nin yenilenebilir enerji potansiyelini dikkate alarak güneş enerjisi kurulu gücünün 2035 yılında toplam kurulu gücün yaklaşık olarak %28’ine, toplam yenilenebilir enerji kurulu gücünün ise yaklaşık olarak %43’üne denk geleceğini öngörmüştür.

UEP projeksiyonlarına göre, güneş enerjisindeki kurulu güç artışı 2025-2030 yılları arasındaki 5 yıllık dönemde **3 GW/yıl** ve 2030-2035 yılları arasındaki dönemde ise **4 GW/yıl** olacağı varsayılmıştır.

Grafik 46

UEP’de Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (GW)



Kaynak: Türkiye Ulusal Enerji Planı, TEİAŞ



Cumhurbaşkanlığı tarafından 2023 yılının Eylül ayında yayımlanan Orta Vadeli Program’da, Türkiye’nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedefleri göz önünde bulundurularak yeşil dönüşüm için detaylı bir yol haritası sağlanmıştır.

OVP’nin Yeşil Enerji Dönüşümü Yaklaşımı

Türkiye’nin 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefleri, AB uyum çalışması kapsamında hazırlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve ulusal kalkınma öncelikleri göz önünde bulundurularak, yeşil enerji dönüşümü aşağıda belirtilmiş olan hususlar dahilinde bir yaklaşımla gerçekleştirilecektir:

- 1 Sera gazlarından kaynaklanan emisyon azaltımının desteklenmesi
- 2 Küresel iklim değişikliğine olan uyum kapasitesinin artırılması
- 3 Rekabetçilik ve verimliliğin eşzamanlı olarak ön planda tutulması
- 4 Yeşil enerjiye dönüşümün tüm paydaşlar için adil olan bir ortamda gerçekleşmesi
- 5 Küresel finansman kaynakları kullanılarak ulusal teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi



OVP Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelik Politika Uygulamaları



Mevcut ve yeni kurulacak organize sanayi bölgeleri ile serbest bölgelerde yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması



Çevresel, Sosyal ve Yönetişimsel (ESG) kriterleri çerçevesinde yeşil dönüşüm için yenilikçi ve sürdürülebilir finansman kaynaklarının devreye alınması



YEKA uygulamalarının yerli ürün kullanım şartı içerecek şekilde devam ettirilmesi



Türkiye’nin ısı potansiyelinin değerlendirilmesi ve atık ısının kullanılabilmesi için ısı arzına yönelik düzenlemelerin yapılması



Enerji dönüşümünü destekleyen enerji depolama, hidrojen ve karbon yakalama vb. teknolojilere yönelik Ar-Ge ile yenilik faaliyetlerinin desteklenmesi



Kamu, ticari ve konut amaçlı binalarda belirli oranda yenilenebilir enerji kullanımını amaçlayan “Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar” yaklaşımı edinilmesi

Belirtilmiş olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politika uygulamaları Türkiye’de güneş enerjisinin kullanım alanları ile önemli seviyede paralellik göstermektedir. YEKA modelinin devamı, depolama çözümleri ile finansman kaynaklarının artırılması lisanslı GES kurulu gücünün artışına; binalar üzerindeki yenilenebilir kaynaklarının artışı, OSB teşvikleri ile Türkiye’nin ısı potansiyelinin değerlendirilmesi ise lisanssız GES kurulu gücünün artışına doğrudan etki etme potansiyeli göstermektedir.

Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı



Ekim 2023 tarihinde yayımlanan ve 2024-2028 yılları arasındaki hedefleri ele alan 12. Kalkınma Planı, enerji sektöründe Ulusal Enerji Planı ile Orta Vadeli Program’ın temelini oluşturduğu yeşil dönüşüm bazlı politikaları devam ettirmektedir.

12. Kalkınma Planı (2024-2028 Hedef Dönem)

Plan’ın temelinde güncel durumda Türkiye’nin içerisinde bulunduğu küresel ve bölgesel etmenlerin dikkate alınarak uzun vadeli bir ulusal planlama yapılması bulunmaktadır.

Bu kapsamda, daha önce ETKB ve Cumhurbaşkanlığı tarafından yayımlanmış olan ve enerjide ulusal yol haritasını belirten Ulusal Enerji Planı (2022) ve Orta Vadeli Program (2023)’da yansıtılan yeşil dönüşüm adımları ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar, uzun vadeli hedefleri yansıtan 12. Kalkınma Planı’nda da sürdürülmüştür.

Tablo 8

12. Kalkınma Planı’nda Yayımlanan Enerji Hedefleri

Kategori	2023 Yıl Sonu	2028 Yıl Sonu	Toplam Artış	Yıl Bazında Artış
Toplam Kurulu Güç (GW)	107,1	136,0	28,9	5,8
Rüzgar Kurulu Güç (GW)	11,8	18,0	6,2	1,2
Güneş Kurulu Güç (GW)	11,7	30,0	18,3	3,7
Yenilenebilir Kaynakların Üretimdeki Payı (%)	%42	%50	%8	%2
Batarya Depolama Kapasitesi (GW)	-	5,0	5,0	1,0

2023 yıl sonu verileri Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı’nın gerçekleşme tahminlerine dayanmaktadır.

Yıl bazında artış, Kalkınma Planı’nın göz önünde bulundurduğu 5 senelik süreyi baz alarak 2023-2028 yıl sonları arası hesaplanmış olan artış miktarının 5’e bölünmesi ile elde edilmiştir.

Güneş Enerjisi’nin Enerji Dönüşümündeki Rolü

Güneş enerjisi kurulu gücünün, 2024-2028 arası dönem için planlanmış olan kurulu güç artışının yaklaşık **%65**’ini oluşturacağı ve toplam kurulu güç içerisindeki payının **%10** seviyesinden hızlı bir şekilde **%20**’nin üzerine çıkacağı varsayımları baz alınarak, 12. Kalkınma Planı dahilinde güneş enerjisinin hem Türkiye’nin yeşil dönüşümünün, hem de ulusal enerji politikalarının temel unsuru olacağı sonucuna net bir şekilde ulaşılabilir.



Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı



Türkiye'nin güneş enerjisi kapasite gelişimi birkaç aşamada gerçekleştirilmiştir. Güncel durumda kapasite tahsisi 3 ana evre altında incelenebilir

İlk Evre

YEKDEM Öncesi ve İlk YEKDEM Evresi

- YEKDEM öncesinde herhangi bir ihale modeli bulunmamakla beraber, süreç yatırımcıların geliştirdikleri projeler kapsamındaki başvurular ile ilerlemiştir.
- Alım garantisi yatırımcı ve proje kapsamındaki dinamikler dikkate alarak belirlenmiştir.
- İlk YEKDEM 2005 yılında yürürlüğe girmiş ancak sınırlı talep görmüştür.
- Alım garantileri ilk başvuranlara öncelik verilerek sunulmuştur ve ihale süreci uygulanmamıştır.

2015 İhaleleri

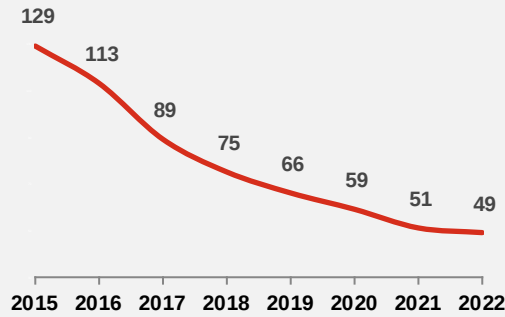
2015 Güneş İhaleleri

- 2015 yılında güneş enerjisi santralleri için yeni bir ihale sistemi uygulanmaya başlanmıştır.
- Toplam 600 MW güneş enerjisi kapasitesi tahsis edilmiştir.
- İhalelerde kazananı belirleyen MW başına bir defaya mahsus ödenecek TL bazlı katkı payı tutarı olmuştur. Ödemenin faaliyete başladıktan sonraki üç yıl içinde yapılması planlanmıştır.

Grafik 47

Küresel Ortalama

Güneş Enerjisi LCOE Analizi (ABD\$/MWs)



2015 yılındaki Güneş İhaleleri ile toplamda 600 MW lisans dağıtılmış olmasına karşın, dağıtılan lisansların çok büyük bir kısmı 2022 ve sonrasında devreye alınmıştır.

Lisanslı santrallerin devreye alınmasındaki yaklaşık 7 yıllık gecikmeyi tetikleyen ana faktörler arasında güneş enerjisinin seviyelendirilmiş enerji maliyetinin (LCOE) yıllar içerisinde yaşadığı düşüş ile santral için lisans almış olan şirketlerin maliyet açısından en uygun zaman dilimini beklemek istemesi bulunmaktadır.

Mevcut Durum

Mevcut Durum Kapasite Tahsisi

1 YEKA

Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi için mevcut olarak kullanılan, ilerleyen zamanlarda da kullanılacağı öngörülen ihale modelidir.

Güncel durumda sadece 1,2 GW kapasiteli YEKA GES-5 ihalesi planlanmıştır. YEKA ihalelerinin devam edeceği Orta Vadeli Program ve 12. Kalkınma Planı'nda vurgulanmıştır.

2 Diğer

Lisanssız Santraller: Öztüketim amacıyla kullanılması hedeflenen santrallerdir.

Hibrit Santraller: Farklı teknolojideki enerji santrallerinin tek noktada faaliyet gösterdiği santrallerdir. Şubat 2024 itibarıyla yaklaşık 45 hibrit santral işletmeye geçmiş durumdadır.

Depolamalı Santraller: EPDK, lisansla beyan edilen kurulu gücü aşmayacak şekilde depolamalı tesis kurma imkanı sunmaktadır. Ancak, bu uygulama Ekim 2023 itibarıyla durdurulmuştur.

Kapasite Artışı: Faaliyette olan, lisanssız ve hibrit santraller için TEİAŞ aylık kurulu güç kapasite artışları açıklamaktadır.

Kaynak: EPDK, Bloomberg



Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın, yayımlamış olduğu Yönetmelik kapsamında, büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynakları projeleri için YEKA yatırım modeli Ekim 2016'da hayata geçmiştir.

YEKA modeline ilişkin düzenleme, 9 Ekim 2016 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

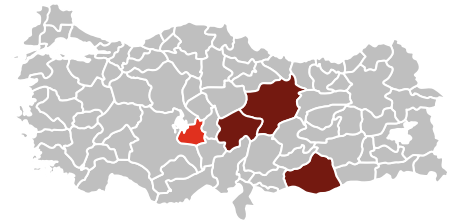
Bu yatırım modeli kapsamında, önceden belirlenmiş yenilenebilir enerji kaynak alanları için kurulu güç kapasiteleri, teklifler dikkate alınarak potansiyel yatırımcılara tahsis edilmektedir. Bu ihalelerde ayrıca önceden belirlenmiş teknik özellikler de göz önünde bulundurulurken yerli aksamaya sahip santrallerin inşa etme yükümlülüğü de bulunabilmektedir.

YEKA Yönetmeliği kapsamında oluşturulan yatırım modeli, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi payını artırırken, satın alınan elektrik maliyetinin düşmesini, yenilenebilir enerji alanında yerli teknolojilerin gelişimini ve kalifiye insan potansiyelinin artmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, Yerli Üretim Karşılığı Tahsis (YÜKT) modeli kapsamında, kurulacak Ar-Ge merkezleri ve üretim tesisleri ile teknolojik transferler sağlanırken ve farklı endüstrilerde istihdam yaratılması desteklenecektir.

30 Eylül 2023 ve 16 Ocak 2024 tarihlerinde yayımlanmış olan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları

30 Eylül 2023 tarihli Resmi Gazete’de ETKB tarafından yayımlanan ilana göre, 5 yeni YEKA belirlenmiştir.

- Kayseri-4
- Kayseri-5
- Kayseri-6
- Sivas
- Şanlıurfa



16 Ocak 2024 tarihli Resmi Gazete’de ETKB tarafından yayımlanan ilana göre ise 2 yeni YEKA belirlenmiştir.

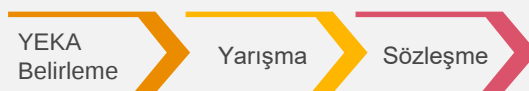
- G3 Aksaray 2-53
- G3 Aksaray 2-54



YEKA Saha Belirleme Metodları

1

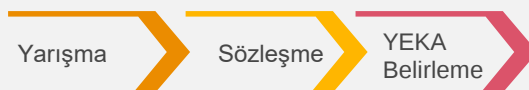
ETKB Tarafından Belirlenen YEKA



Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın teknik çalışmalar sonrası belirlediği alanların Resmi Gazete'de ilan edilmesi sonrası yarışma düzenlenmektedir.

2

Yatırımcı Tarafından Belirlenen YEKA



"YEKA Amaçlı Bağlantı Kapasite Tahsisi Yarışması"nı kazanan yatırımcı tarafından bağlantı bölgesinde olmak şartıyla YEKA belirlenir, ETKB tarafından uygun bulunması durumunda onaylanır.

Kaynak: ETKB

2017-2019 döneminde büyük ölçekli kurulu güç için düzenlenen YEKA ihaleleri, 2020 yılından sonra daha küçük kapasitelere doğru yönlendirilmiştir. Böylece ETKB, daha küçük ölçekli yatırımcıların YEKA ihalelerine katılmasına olanak sağlamıştır.

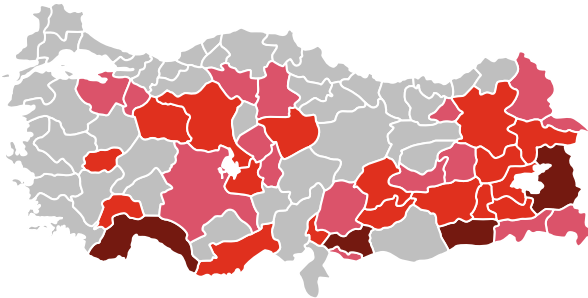
YEKA GES-1



1000 MW

YEKA GES-1, Yurt İçinde Üretim Karşılığı Tahsis metodu kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Kalyon Grup tarafından entegre güneş paneli üretim fabrikası olan Kalyon Güneş Teknolojileri ("Kalyon PV") kurulmuştur. Ar-Ge faaliyetlerinin de sürdürüldüğü Kalyon PV, %80 üzerinde yerlilik oranı ile güneş paneli üretimi yapmaktadır. Konya Karapınar'da kurulan YEKA GES-1'in kurulumu Mart 2023 itibarıyla tamamlanmış olup toplam kurulu gücü 1.000 MW'ya ulaşmıştır.

YEKA GES-3 (Mini YEKA GES)



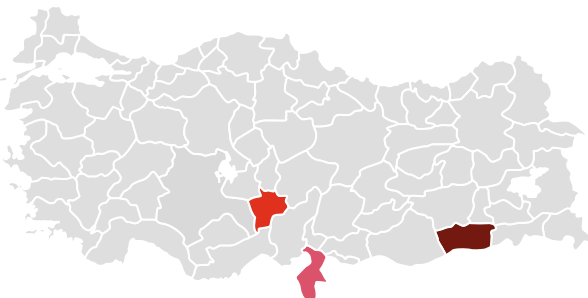
50-60 MW

30-40 MW

10-20 MW

Yerli Malı Kullanım Karşılığı Tahsis (YMKT) metodu ile toplamda 1.000 MW kapasite tahsis edilen YEKA GES-3 kapsamında, 36 ilde 10 MW, 15 MW ve 20 MW kapasiteli GES'lerden oluşan 74 ayrı yarışma gerçekleştirilmiştir. Açık artırma ile TL/kWh bazında en düşük fiyatları teklif eden yatırımcılara 15 yıl alım garantili sözleşmeler yapılmıştır. YEKA'lar yarışmayı kazanan yatırımcılar tarafından belirlenmiş, ETKB onayı sonrası ilan edilmiştir. Fiyatlar, TL bazında belirlenmiş olup, enflasyon ve kur değişimi risklerine karşı bir eskalasyon mekanizmasıyla desteklenmektedir. Satın alım tavan fiyatı 53\$/MWs olarak belirlenmiştir.

YEKA GES-4



500 MW

300 MW

200 MW

3 ilde toplam 1.000 MW kapasiteli 15 GES için YEKA GES-4 ihalesi, 200 MW, 300 MW ve 500 MW kapasiteli GES'leri kapsamaktadır. Açık artırma yoluyla alınan fiyat teklifleri sonucunda, her tesiste MWe başına üretilecek ilk 23 GWs elektrik için kazananlara alım fiyatı garantisi verilmiştir. **ETKB, önceki YEKA GES ihalelerine kıyasla, tesisin öngörülenden daha erken inşa edilmesi durumunda, ön lisans imza tarihinden sonra elektriği ihale fiyatı yerine spot piyasaya satma seçeneğini ve bir depolama tesisi kurma hakkını da sunmuştur.**

Kaynak: ETKB



YEKA GES-1 2017’de tamamlanmış olup, YEKA GES-3 ve YEKA GES-4 yarışmaları tamamlanmış ancak projelere ait saha çalışmaları ve lisans/ön lisans süreçleri devam etmektedir. YEKA GES-5 ise planlama aşamasındadır.

Tablo 9

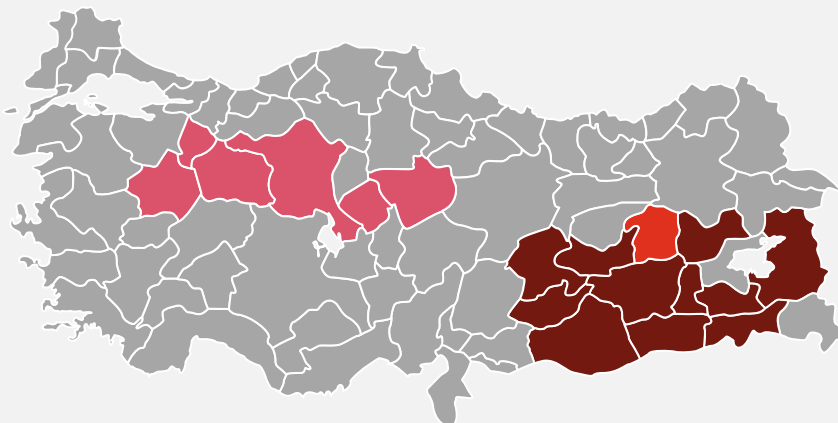
YEKA GES İhaleleri

	YEKA GES-1	YEKA GES-3	YEKA GES-4		
 Lokasyon	Konya/Karapınar	36 Bağlantı Bölgesi	Niğde/Bor 3 Bağlantı Bölgesi	Hatay/Erzin 2 Bağlantı Bölgesi	Şanlıurfa/Viranşehir 10 Bağlantı Bölgesi
 Tarih	20 Mart 2017	Nisan-Mayıs 2021	Nisan 2022	Haziran 2022	Haziran 2022
 Kapasite	1.000 MW	1.000 MW	300 MW	200 MW	500 MW
 Tavan Fiyatı	80 ABD\$ / MWs	350 TL / MWs	950 TL / MWs	950 TL / MWs	
 Kazanan Teklif	69,9 ABD\$ / MWs	218 TL / MWs	397 TL / MWs	590 TL / MWs	539 TL / MWs
 Kazanan Şirket	Kalyon	Margün, Gün Güneş, Bakırlar Tekstil, Eksim	Smart, Ecogreen, Kalyon	Limak, IC İçtaş Enerji	Egesa, Eksim, Kalyon, Ral Enerji, Reşitoğlu
 Satın Alım Garantisi Süresi	15 sene	15 sene	MWe başına üretilen ilk 23 GWs elektrik		
 Yerel Aksam Oranı	İlk 500 MW için %60 İkinci 500 MW için %70	%60	%75		



YEKA GES-3 ve YEKA GES-4 yarışmaları tamamlanmış olup, projelere ait saha çalışmaları ve lisans/ön lisans süreçleri devam etmektedir. İlgili ihalelerin kurulum süreci tamamlandığında **Türkiye’deki güneş enerjisi kurulu gücü 2.000 MW artış gösterecektir.** Ayrıca, bu ihaleler kapsamındaki güneş enerjisi santrallerinde **%65 - %75 yerlilik oranı** gözetilmektedir.

Planlanan YEKA GES İhaleleri – YEKA GES-5



30 Eylül 2021'de YEKA-5 GES için toplam 1.500 MW kapasiteli, 23 ayrı bölgede 10 MW, 20 MW ve 30 MW'lık GES'lerden oluşan 74 ayrı bölge için YEKA yarışması ilan edileceği duyurulmuştur.

12 Şubat 2022'de düzeltme ilanı yayımlanmış, toplam kapasite 1.200 MW'a düşürülürken, 18 ayrı bölgede 66 GES için YMKT kapsamında YEKA yarışması yapılacağı açıklanmıştır.



1.200 MW

Toplam Kapasite



18 Bølge



66 Yarışma

Kaynak: ETKB

Hibrit enerji santralleri, bir bağlantı noktasında farklı teknolojiler kullanan elektrik üretim tesislerinin bir araya getirilerek enerji üretilen tesislerdir. Sağladığı maliyet avantajlarının yanı sıra, hibrit enerji santrallerinin temel amacı yüksek verimlilikle elektrik üretmektir.



8 Mart 2020 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik sonrası birden fazla kaynağa dayalı tesislerden elektrik üretim tesisi kurulumu mümkün hale gelmiştir.

Yapılan güncellemeler ve değişiklikler sonrası hibrit enerji santralleri ilgili düzenlemeler, 2 Kasım 2022 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan EPDK'nın Elektrik Piyasasında Ön Lisans veya Lisansa Tabi Üretim Tesislerinin Santral Sahalarının Belirlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar'da Değişiklik Yapılması Hakkında Karar'da ele alınmaktadır.

Yapılan değişikliklerle, **rüzgar enerjisini** ana kaynak olarak kullanan hibrit santraller için yardımcı kaynaklara dayalı ünitelerin **toplam kurulu gücüne** yönelik **sınırlamalar kaldırılmıştır**.

Rüzgar santralleri hariç tutulmak üzere, ana kaynağı **rüzgar olmayan tüm enerji santralleri** için hibrit enerji santrali kapasiteleri aşağıdaki sınırlamalar kapsamında belirlenmiştir:



Toplam Kapasite ≤ 50 MW

Yardımcı kaynağın kapasitesi ana kaynağın toplam kurulu gücünü aşamaz.



Toplam Kapasite > 50 MW

Yardımcı kaynağın azami kapasitesi,
(1) 50 MW'ı
(2) Ana kaynağın kapasitesinin 50 MW üzerinde kalan kısmının yarısını toplayarak hesaplanır.



Tüm ana kaynaklar için, yardımcı kaynak toplam kurulu gücü lisansta belirtilen kapasiteyi geçemez.



Yardımcı kaynağın kurulu gücü toplamda 100 MW'ı geçemez.

Hibrit Enerji Santrallerin Sağladığı Avantajlar



Farklı enerji kaynaklarının entegrasyonu sayesinde, kaynaklardan yüksek faydalanma potansiyeli



Yenilenebilir olmayan sistemlerle birleştirildiğinde daha sürdürülebilir enerji üretimi



Mevsim koşullarının etkisini minimize etmek



Daha düşük maliyetli üretim potansiyeli



Şebeke kullanımı ve entegrasyonunda tek kaynağa göre kolaylık sağlaması

Kaynak: Resmi Gazete



Büyük ölçekli yatırımların yavaşlaması ve yeni düzenlemelerdeki değişikliklerle birlikte, çok sayıda yenilenebilir enerji şirketi kapasitelerini arttırma ve tek kaynaklı enerji santrallerini hibrit santrallere dönüştürme planlarını açıklamıştır.



Güneş enerjisi santralleri sağladığı düşük kurulum maliyeti, kurulum kolaylığı gibi avantajlar ve hibrit enerji santralleriyle entegrasyon kolaylığı sebebiyle, hibrit enerji santrallerinde ikincil kaynak olarak diğer enerji santrallerine göre daha çok tercih edilmektedir.

Şubat 2024 itibarıyla **lisansı yürürlükte** olan toplam **247** hibrit santral bulunmakta olup, bu santrallerin **246'sının** yardımcı kaynağı **güneş enerjisidir**. Lisansı yürürlükte ve yardımcı kaynağı güneş olan hibrit santrallerin **toplam yardımcı kaynak kurulu gücü 2,5 GW'a** ulaşmıştır. Bu santrallerin yaklaşık **540 MW**'lık kısmı **faaliyette** olup, **~1,9 GW**'lık kısmının **faaliyete geçmesi beklenmektedir**.

Türkiye'de Tamamlanan Hibrit Enerji Santralleri¹

	Uşak RES		Aşağı Kaleköy HES		
	Ana Kaynak  Rüzgar 105 MW	İkincil Kaynak  Güneş 82 MW	Hidroelektrik 500 MW  Ana Kaynak	Güneş 80 MW  İkincil Kaynak	
	Kangal RES		Akyel-1 RES		
	Ana Kaynak  Rüzgar 128 MW	İkincil Kaynak  Güneş 40 MW	Rüzgar 40 MW  Ana Kaynak	Güneş 40 MW  İkincil Kaynak	
	Sertavul RES		Hamsi RES		
	Ana Kaynak  Rüzgar 30 MW	İkincil Kaynak  Güneş 30 MW	Rüzgar 35 MW  Ana Kaynak	Güneş 35 MW  İkincil Kaynak	
	Mutlu 5 RES		İskenderun İthal Kömür		
	Ana Kaynak  Rüzgar 44 MW	İkincil Kaynak  Güneş 25 MW	İthal Kömür 1308 MW  Ana Kaynak	Güneş 21 MW  İkincil Kaynak	

¹ Yukarıda verilen hibrit enerji santralleri ikincil kaynak gücü göz önünde bulundurularak listelenmiş, tabloda ilk 8 santral bilgisine yer verilmiştir. İlgili tesisler faaliyetlerine başlamış durumda olup yardımcı kaynak kurulu güç bilgileri MWm cinsinden gösterilmiştir.

Kaynak: EPDK



Büyük ölçekli yatırımların yavaşlaması ve yeni düzenlemelerdeki değişikliklerle birlikte, çok sayıda yenilenebilir enerji şirketi kapasitelerini arttırma ve tek kaynaklı enerji santrallerini hibrit santrallere dönüştürme planlarını açıklamıştır.

Lisansı yürürlükte olan hibrit enerji santralleri ikincil kaynak gücü göz önünde bulundurularak listelenmiştir. tabloda ilk 30 santral bilgisine yer verilmiş olup, gri alan ile belirtilen santraller Şubat 2024 itibarıyla faaliyete geçen santralleri göstermektedir. Kalan santraller ise yardımcı kaynak lisansı edinmiş olup, henüz faaliyetlerine başlamamışlardır.

Şirket	Enerji Santrali	Ana Kaynak	İkincil Kaynak
BORUSAN	Saros RES	138 MW	94 MW
BILGIN ENERJİ	Aliğa RES	120 MW	85 MW
Aydem	Uşak RES	105 MW	82 MW
KALEHAN GENC ENERJİ	Aşağı Kaleköy Barajı ve HES	500 MW	80 MW
TATLIPINAR	Tatlıpınar RES	113 MW	79 MW
HİDRO GEN	Soma Kolin TES	510 MW	77 MW
BAK ENERJİ	Yahyalı RES	96 MW	71 MW
SELENKA ENERJİ	Cerit RES	90 MW	70 MW
KANGAL RES	Kangal RES	128 MW	40 MW
DEMİRER HOLDİNG	Kuyucak RES	50 MW	50 MW
ARES ELEKTRİK	Bağlama RES	50 MW	50 MW
CENGİZ ENERJİ	Çerkeş RES	50 MW	50 MW
emba	Hunutlu Termik Santrali	1320 MW	48 MW
AL-YEL ELEKTRİK	Geycek RES	168 MW	47 MW
GALATAWIND	Taşpınar RES	61 MW	43 MW

ENERGO-PRO	Alpaslan II Barajı ve HES	280 MW	42 MW
akfen	Üçpınar RES	99 MW	40 MW
SANKO ENERJİ	Akyel - 1 RES	40 MW	40 MW
Ağaoğlu	Kartal RES	39 MW	39 MW
AKSA ENERJİ	Bolu-Göynük Elektrik Santrali	270 MW	38 MW
CENGİZ ENERJİ	Hamsi RES	35 MW	35 MW
SELENKA ENERJİ	Bafa RES	35 MW	35 MW
MOGAN	Kocatepe RES	88 MW	33 MW
AKIN HOLDİNG	Sertavul RES	30 MW	30 MW
EKSEM ENERJİ	Killik RES	90 MW	29 MW
Mikail Enerji	Çamınbaşı RES	27 MW	27 MW
SANCAR	Bağlar RES	100 MW	26 MW
MUTLUER ENERJİ	Mutlu RES - 5	44 MW	25 MW
ZORLU ENERJİ	Kızıldere-3 JES	165 MW	25 MW
YATAĞAN	Yatağan Termik Santrali	666 MW	24 MW



Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan yönetmelik değişikliği sonrası verimliliğini yitirmiş orman alanlarında güneş enerjisi santrali kurulumu için lisans verilmesine izin verilmiştir. Bu düzenleme, hibrit güneş enerjisi santrali kurulumlarının inşaatı ve uygulamasını kolaylaştırmak ve hibrit güneş enerjisi santralleri kurulumunu teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Bu yönetmelik değişikliğinin duyurulmasının takiben, 10 adet kömüre dayalı termik santral yardımcı kaynak lisansı almıştır. Ana kaynağı kömüre dayalı termik santral olan hibrit santraller toplamda **243 MW güneş enerjisi kurulu gücü** oluşturmaktadır.

Şubat 2024 itibarıyla, yardımcı kaynak lisansına sahip ikincil kaynak kapasitesi en yüksek 3 hibrit kömüre dayalı termik enerji santrali aşağıdaki gibi listelenmektedir:

Tesis	Ana Kaynak Gücü	İkincil Kaynak Gücü
Soma Kolin TES	510 MW	76 MW
Hunutlu TES	1.320 MW	48 MW
Bolu Göynük TES	270 MW	38 MW

Kaynak: EPDK



Depolama tesislerine ilişkin yönetmelik, Mayıs 2021'de Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. EPDK, Kasım 2022'de elektrik depolama tesisleri için ön lisans başvurularını kabul etmeye başlamış ve Nisan 2023'te ilk lisansı vermiştir.

Elektrik depolama faaliyetlerinin düzenlenmesine ilişkin yönetmeliğe göre, 4 farklı türde elektrik depolama tesisi kurulabilir: **müstakil elektrik depolama tesisi, üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi, tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi ve bir şebeke işletmecisi tarafından kurulabilecek elektrik depolama tesisi**. Her bir tesis türü için farklı gereklilikler mevcuttur.

	Müstakil Elektrik Depolama Tesisi Tedarikçi lisansına sahip olan tesisler için 2 MW kurulu gücü aşmayacak şekilde bir veya daha fazla elektrik depolama tesisi kurabilmektedir.	1
	Üretim Tesisine Bütünleşik Elektrik Depolama Ünitesi EPDK'dan üretim lisansına sahip olan üretim tesisleri, lisans kapsamındaki kurulu gücü aşmayacak şekilde bütünleşik elektrik depolama ünitesi kurabilmektedir.	2
	Tüketim Tesisine Bütünleşik Elektrik Depolama Tesisi Bağlı olunan şebeke tarafından onay alınması sonrası, kurulu gücünün tüketim tesisinin sözleşmeye bağlanmış kapasitesini aşmayacak şekilde elektrik depolama tesisi kurulabilmektedir.	3
	Şebeke İşletmecisi Tarafından Kurulan Elektrik Depolama Tesisi Dağıtım şirketleri, yeni şebeke yatırımından daha ekonomik olduğunu fayda-maliyet analizleri ile kanıtlaması şartıyla EPDK onayı ile elektrik depolama tesisi kurabilmektedir.	4
	Bu tesis türlerine ek olarak üniversiteler Ar-Ge faaliyetlerinde kullanılmak üzere 1 MW kurulu gücü aşmayacak şekilde elektrik depolama tesisi kurabilmektedir.	

En Çok Kullanılan Tesis Türleri

Elektrik depolama tesislerinin büyük bir çoğunluğu müstakil tesis veya ana kaynağı rüzgar veya güneş olan bir üretim tesisine bütünleşik tesis olarak inşa edilmektedir.

EPDK verilerine göre, depolama tesisine sahip GES/RES'ler için yapılan yatırım, ön lisans başvurularının kabul edilmeye başlanmasından bu yana keskin bir artış göstermiş olup, tüm başvuruların sayısı 6.000'e yaklaşmıştır. **EPDK, Ekim 2023 itibarıyla depolama tesisleri için ön lisans başvurularını durdurmuştur.**

Toplam Dağıtılan Ön Lisans ve Gelecek Hedefleri

Şubat 2024 itibarıyla EPDK tarafından ön lisans başvurusu onaylanmış olan **500**'ün üzerinde tesis bulunmaktadır.

Onaylanan önlisanslı tesislerin toplam depolama kurulu gücü yaklaşık olarak **30 GW** seviyesinde gözlemlenmektedir.

Önlisans alan depolamalı GES adedi, önlisanslı depolamalı RES adedinin 2 katına yaklaşmıştır.

Kaynak: Resmi Gazete, EPDK, TÜREB, PwC Analizi



Şubat 2024 itibarıyla EPDK tarafından depolamalı tesisler için yaklaşık 600 adet ön lisans verilmiştir.

Ön Lisans	Depolamalı GES	Depolamalı RES
 ~ 575 Toplam Ön Lisans Sayısı	 ~ 355 Ön Lisanslı Depolamalı GES	 ~ 220 Ön Lisanslı Depolamalı RES
 ~ 29,3 GW Ön Lisanslı Kapasite	 ~ 13,6 GW Ön Lisanslı Kapasite	 ~ 15,7 GW Ön Lisanslı Kapasite



1 ERSİS ENERJİ Portakal GES Kurulu Güç: 250 MW Depolama: 250 MW	2 EH Niğde Merkez EDT GES Kurulu Güç: 250 MW Depolama: 250 MW	3 KIVANÇ Kıvanç GES Kurulu Güç: 250 MW Depolama: 250 MW	4 Harput TEKSTİL SANAYİ VE TİCARET A.Ş. Harput EDT GES Kurulu Güç: 250 MW Depolama: 250 MW
5 kalyon Süel Depolamalı GES Kurulu Güç: 200 MW Depolama: 200 MW	6 EH Kocahacı EDT GES Kurulu Güç: 200 MW Depolama: 200 MW	7 Aydem enerji Keberli GES Kurulu Güç: 200 MW Depolama: 200 MW	8 Aydem enerji Güzelkuyu GES Kurulu Güç: 200 MW Depolama: 200 MW

Kaynak: EPDK, PwC Analizi



YEKDEM'in yatırımcılara sağladığı düzenleyici çerçeve ve teşvikler sayesinde, yenilenebilir enerji santrallerine yönelik yatırımlar hız kazanmıştır.



İlk YEKDEM tarifiesi; yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreticilerine, ürettikleri elektriği on yıl boyunca sabit fiyatlarla satma imkanı sağlamıştır. **30 Haziran 2021'e kadar devreye alınan yenilenebilir enerji santralleri ilk YEKDEM tarifiesi kapsamına dahil olabilmektedir.**

Tablo 10

İlk YEKDEM Tarife Garantisi

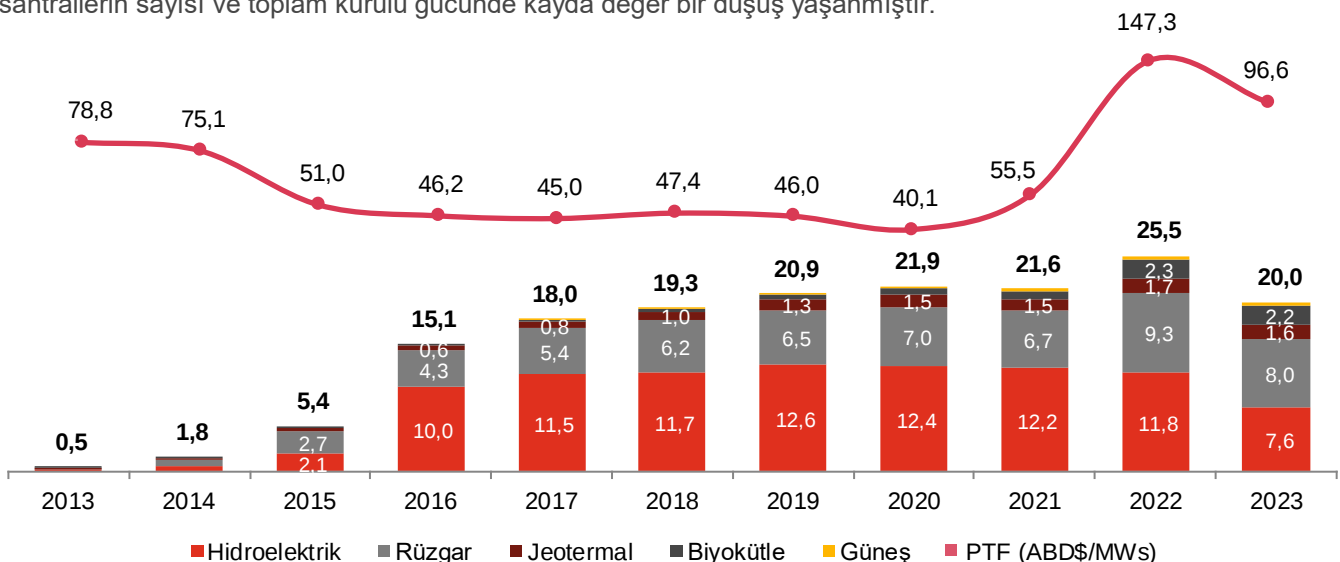
Yenilenebilir Enerji Kaynağı	YEKDEM (ABD\$/MWs)	Yerli Aksam Teşvik (ABD\$/MWs)
 Hidroelektrik	73	10 – 23
 Rüzgar	73	6 – 37
 Jeotermal	105	7 – 27
 Güneş	133	4 – 56
 Biyokütle	133	5 – 67

YEKDEM'in ilk versiyonu, sisteme dahil olan santraller için ABD\$ cinsinden satın alım garantisi sunmuştur. Belirlenen kriterlerin karşılanması halinde, 10 yıllık YEKDEM tarifesindeki santrallere satın alım garantisine ek olarak ABD\$ cinsinden yerel bileşen teşvikleri de verilmiştir. Kurda yaşanan devalüasyon sıklığının artışı sebebiyle ETKB, 30 Haziran 2021 tarihinden sonra devreye alınacak santraller için yeni bir destek mekanizması getirilmesine karar vermiştir ve YEKDEM koşullarında güncelleme yapmıştır.

Grafik 48

YEKDEM'den Faydalanan Santrallerin Toplam Kurulu Gücü (GW)

İlk YEKDEM tarifesinin özellikle hidroelektrik ve rüzgar kaynaklı santrallere sunduğu garantinin (73 ABD\$/MW/s) 2015 itibarıyla yıllık ortalama PTF seviyesinin yukarısında7 kalması, 2015-2021 arasında çoğunluğunu bu iki kaynağın oluşturduğu santralleri YEKDEM'den faydalanmaya yöneltmiştir. 2022 ve sonrasında PTF seviyesinin YEKDEM'e kıyasla daha avantajlı kalması sebebi ile, 2023 yılı itibarıyla kredi şartları içerisinde YEKDEM garantili gelir yükümlülüğü bulunmayan hidroelektrik ve rüzgar santralleri başta olmak üzere YEKDEM'den faydalanan santrallerin sayısı ve toplam kurulu gücünde kayda değer bir düşüş yaşanmıştır.

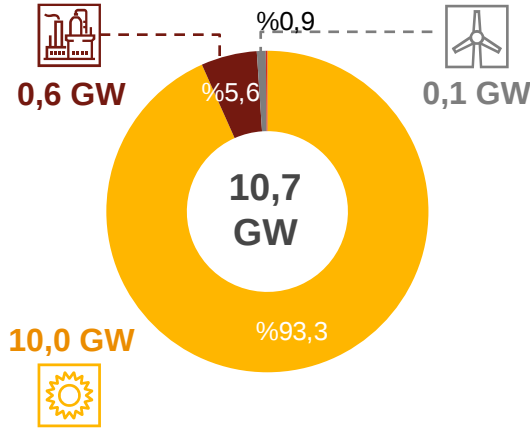


Kaynak: EPDK, EPIAŞ

Türkiye’deki lisanssız elektrik santrallerinin %90’dan fazlası operasyonel ve maliyet avantajlarının etkisiyle güneş enerjisi kullanmaktadır. Yönetmelik düzenlemelerinin de etkisi ile lisanssız GES’lerin toplam GES kurulu gücü içerisindeki payı son yıllarda azalmıştır.

Grafik 49

Lisanssız Kurulu Güç Dağılımı (Aralık 2023)



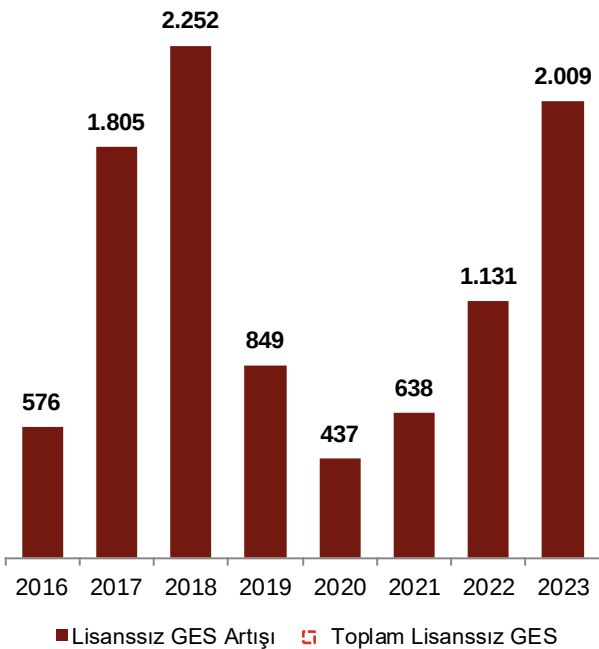
Türkiye’de lisanssız elektrik üretimi, 2011 senesinden itibaren esas olarak güneş enerjisi yatırımları ile artmıştır. Lisanssız santrallerin Türkiye’nin toplam kurulu gücü içerisindeki payı 2023 sonu itibarıyla **%10**’u aşmış olup, toplam lisanssız santral kurulu gücü ise 2015 yılı sonundaki **0,4 GW** seviyesinden **10,7 GW** seviyesine ulaşmıştır. Türkiye’deki lisanssız santral kurulu gücünün **%93**’ünü güneş enerjisi santralleri oluşturmaktadır.

Lisanssız elektrik üretiminin güneş enerjisi üzerinde yoğunlaşmasının temel sebepleri arasında güneş paneli maliyetlerinin sabit bir düşüş trendi göstermesi, Türkiye’nin güneş ışınımı potansiyeli, güneş enerjisinde verimliliğin santral ölçeğine bağlı olmaması ve güneş paneli kurulumunun diğer teknolojilere nispeten sağladığı operasyonel kolaylıklar gösterilebilir.

Grafik 50

Lisanssız GES Kurulu Güç Artışları ve Toplam Lisanssız GES Kapasitesi (MW)

905	2.711	4.963	5.811	6.248	6.886	8.017	10.026
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------



Mayıs 2019’da gerçekleştirilen yönetmelik değişikliği öncesinde lisanssız santrallerin ABD\$ bazlı YEKDEM tarifesinden yararlanabilmesine olanak sağlanması, 2016-2019 arasında lisanssız santral kurulu gücünün, ağırlıklı olarak lisanssız GES’ler aracılığıyla ciddi bir artış göstermesine sebep olmuştur. Özellikle 2017 ve 2018 senelerinde yıllık ortalama 2 GW lisanssız GES kurulması ilk YEKDEM tarifesinin etkilerini doğrudan yansıtmaktadır.

Mayıs 2019, Aralık 2020 ve Ağustos 2022’de gerçekleştirilen yönetmelik değişiklikleri ile lisanssız santrallerde elektrik üretiminin, kademeli olarak sadece kurum ve kişilerin öztüketim ihtiyacını karşılamaya yönelik yapılması amaçlanmıştır.

Ağustos 2022 yönetmelik değişikliği kapsamında, 12 Mayıs 2019 tarihinden sonra çağrı mektubunu almış olan lisanssız santrallerin yalnızca tüketmiş olduğu miktarın en fazla 2 katı kadar elektrik satabileceği belirtilmiştir.

Kaynak: TEİAŞ

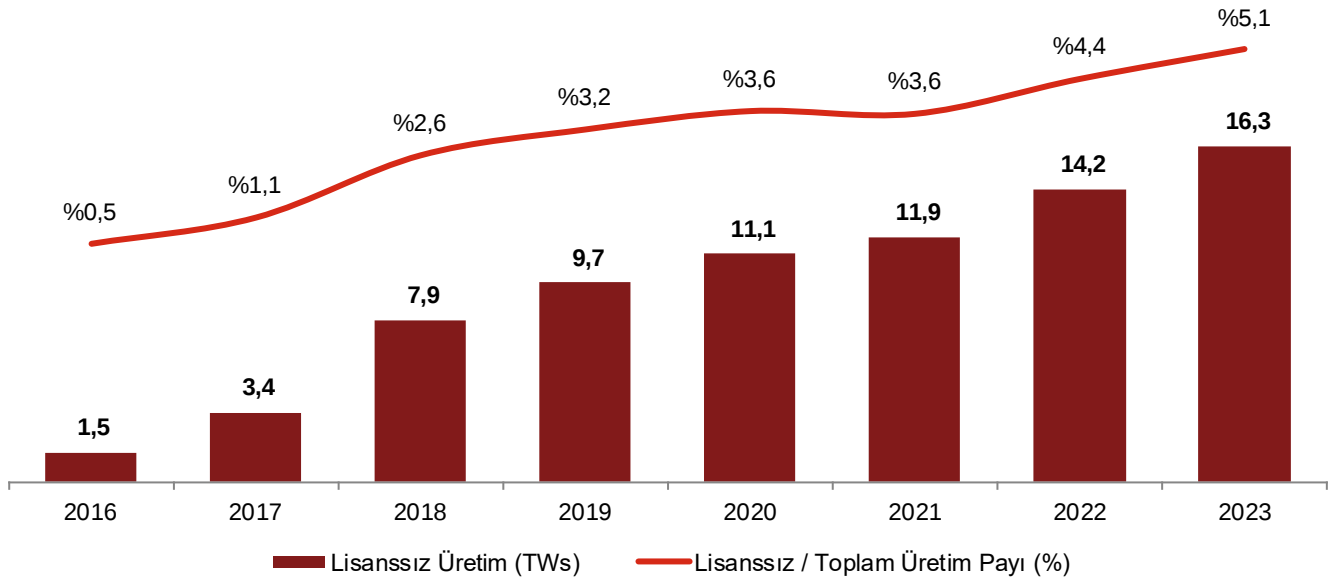


2019 yılından itibaren yapılan düzenlemelerle birlikte, lisanssız santrallere ilişkin şartlar önemli ölçüde değiştirilmiştir. Güncel durumda, yapılan düzenlemeler lisanssız elektrik üretimini sadece öztüketim ihtiyacını karşılamaya yönlendirmektedir.



Grafik 51

Lisanssız Elektrik Üretiminin Toplam Üretim İçerisindeki Payı (2016-2023, TWs, %)



Lisanssız Üretim Toplam Üretimdeki Payı

Lisanssız üretimin payı, 2022'den sonra öztüketime yönelik üretim yapılması sebebiyle nispeten sabit kalmıştır. Ancak, yasal düzenlemeler sıkça değiştiği için lisanssız üretimin payının ilerleyen dönemlerde dalgalanabileceği öngörülmektedir.



Yeni Lisanssız Kapasitenin TEİAŞ Tarafından Tahsisi

2022-2023 yıllarında EPDK, iptal edilen YEKA ihaleleri ve YEKA öncesi dönemde tahsis edilen RES projelerinin gerçekleşmemiş kapasitelerini; lisanssız, hibrit ve mevcut lisanslı santrallere kapasite artışı yoluyla tahsis edeceğini duyurmuştur. Şubat 2024'te ise lisanssız santraller için 3,75 GW iletim ve 3,75 GW dağıtım olmak üzere toplamda 7,5 GW kapasite tahsisi EPDK tarafından açıklanmıştır.



2023: 2,37 GW



2024: 3,75 GW

Kaynak: TEİAŞ, Resmi Gazete, Halka Açık Kaynaklar



Farklı sektörlerden çok sayıda şirket öztüketim amaçlı lisanssız GES kurulumu yapmaktadır. Lisanssız olan santrallerin lisans almalarına yönelik düzenleme hakkında ise Şubat 2024’te kanun değişikliği tasarısı sunulmuştur.

Öztüketim Amaçlı Kurulabilecek Lisanssız Santrallere İlişkin Yönetmelik

Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Uyarınca, kişiler ve özel şirketler için lisanssız elektrik üretimi **öztüketim bazında esaslarla** gerçekleştirilebilmektedir.

Öztüketim Amacı ile Lisanssız Üretim:

Yönetmeliğin 5. maddesinin 1. fıkrasının (c) ve (ç) bendi uyarınca, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olan ve üretimi ile tüketimi aynı ölçüm noktasındaki tesisler.

5.1.ç kapsamındaki lisanssız santraller, öztüketim amacına hizmet etmektedir.

Ek Olarak Yapılabilecek Lisanssız Üretim:

Yönetmeliğe Mayıs 2021’de eklenen 5. maddenin 1. fıkrasının (h) bendi uyarınca, **tüketim tesisi ile aynı veya farklı** noktalarda kurulabilen ve yenilenebilir enerjiye dayalı üretim tesisleri. Ağustos 2022’de yapılan değişiklik ile bu nitelikteki tesislerin tüketim yapılan tesis ile aynı dağıtım bölgesinde olma zorunluluğu kaldırılmıştır.

5.1.h kapsamındaki lisanssız santraller, öztüketim kapsamında yapılan üretimin yetersiz kaldığı ve/veya özellikle öztüketimini güneş enerjisinden karşılamak isteyip yeterli kurulum alanı elde edemeyen üreticiler için ek lisanssız santraller kurulması amacına hizmet etmektedir.

Lisanssız Yönetmeliğinde Yapılan Son Düzenleme ve Etkileri

1 Ekim 2023 itibarıyla Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliğinde devreye alınmış olan son düzenleme ile,

Hem 5.1.ç, hem de 5.1.h kapsamında üretim tesisini kurmuş kişi veya özel şirketlerin, madde 5.1.ç kapsamında olan ve öztüketim gerçekleştirdiği noktada bulunan tesisini çalıştırmak şartıyla, madde 5.1.h kapsamında kurmuş olduğu ek tesisten şebekeye vereceği elektrik (belediyeler, sanayi kuruluşları ve tarımsal sulama yapan kuruluşlar için bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünün 2 katı, diğer kişiler için bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücü kadar) YEKDEM kapsamında bedelsiz değerlendirilmekten çıkartılarak, aylık mahsuplaşma sonucunda lisanssız üreticinin tarife grubu üzerinden YEKDEM kapsamında satılmasına izin verilmiştir.

Ek olarak, 1 Ekim 2023 itibarıyla lisanssız santraller için yapılacak başvuruların elektronik ortama taşınmasına karar verilmiştir.

29 Ocak 2024 tarihinde TBMM’ye sunulmuş olan *Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi* kapsamında, YEKDEM kapsamında 10 yıllık süresini dolduracak olan lisanssız elektrik üretim tesislerinin lisans alma süreçlerinde değişiklik yapılması önerilmiştir.

Sunulan kanun teklifi, 5346 Sayılı *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun*’un 6. maddesi tarafından lisanssız tesislerin lisans alma süreçlerini değiştirerek, lisans alımı için bir sefere mahsus bir lisans bedelinin ödenmesini ve lisans alınan süre boyunca saatlik piyasa takas fiyatının (PTF), santral kaynağı için belirlenmiş olan YEKDEM fiyatından fazla olduğu durumlarda iki fiyat arasındaki farkın YEKDEM Katkı Bedeli olarak ödenmesini şart koşturmuştur.

Güncel Durumda Önerilen Lisans Alım Koşulları

Bir defaya mahsus bir lisans alım bedelinin ödenmesi



Lisans sonrası satılan elektrik için PTF’nin tesis kaynağı için belirlenen YEKDEM’den fazla olması durumunda aradaki fiyat farkının YEKDEM katkı bedeli olarak ödenmesi

Kaynak: TEİAŞ, Resmi Gazete, Halka Açık Kaynaklar



Farklı sektörlerden çok sayıda şirket öztüketim amaçlı lisanssız GES kurulumu yapmaktadır. EPDK, 2023 sonu itibarıyla lisanssız GES başvurularının 35 GW seviyesine ulaştığını belirtmiştir.

1 Ekim 2023'te AB ithalatlarındaki karbon emisyonlarını düşürmeyi amaçlayan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması'nın geçiş dönemi başlamıştır ve elektrik enerjisi, SKDM kapsamında yüksek karbon emisyonu içeren sektörler arasında sınıflandırılmıştır. Bu sebeple, elektrik tüketimi yüksek olan pek çok büyük şirket de SKDM kapsamında karbon vergisine tabi tutulmamak amacıyla öztüketimlerini lisanssız GES ile karşılamaya başlamıştır.

Öztüketim Amacı ile Lisanssız GES Yatırımı Açıklayan Firmalar ve Yatırım Açıklanma Yılı

  Kurulu Güç 2.500 MW Yıl 2024	  Kurulu Güç 1.000 MW Yıl 2024	  Kurulu Güç 1.000 MW Yıl 2022	  Kurulu Güç 406 MW Yıl 2023
  Kurulu Güç 300 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 140 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 82 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 80 MW Yıl 2023
  Kurulu Güç 54 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 50 MW Yıl m.d.	  Kurulu Güç 40 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 40 MW Yıl 2022
  Kurulu Güç 38 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 32 MW Yıl 2023	  Kurulu Güç 30 MW Yıl 2022	  Kurulu Güç 15 MW Yıl 2023

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



Şubat 2024 itibarıyla Türkiye’de panel üretimi gerçekleştiren birçok şirket bulunmaktadır. Kalyon PV, dikey entegre üretim fabrikası ile hücre üretimi gerçekleştiren ve hücre öncesi aşamalarının tümünde faaliyet gösteren tek şirket konumundadır.

Türkiye'deki Güneş Paneli Pazarı

Güneş paneli teknolojilerinin zaman içerisinde ilerlemesi, Türkiye'deki güneş enerjisi kurulu gücünün hızlı bir şekilde artış göstermesi ve üretim maliyetlerinin düşmesi sebebi ile Türkiye'de bu alanda pek çok oyuncu üretim yapmaktadır.

Pazardaki oyuncu sayısının fazla olmasına rağmen, Türkiye’deki panel üreticilerinin büyük bir çoğunluğunun 1 GW seviyesinden daha az üretim kapasitesine sahip olduğu, 1 GW üzeri kapasiteye sadece 8 şirketin ulaştığı gözlemlenmektedir.



Şubat 2024 itibari ile **dikey entegre tesis** ile hücre üretimini gerçekleştiren sadece **Kalyon PV** bulunmaktadır.

Smart Güneş ise İzmir/Aliağa'daki yeni tesisinde 2024 yılı içerisinde hücre seviyesinden itibaren üretime başlamayı planlamaktadır.

Tablo 13

1 GW ve Üzeri Güneş Paneli Üretim Kapasitesine Sahip Büyük Oyuncular

Şirket İsmi	Üretim Kapasitesi	Entegrasyon Seviyesi (Polisilikon Hariç)
 kalyon PV	2,0 GW – Panel 1,2 GW – Hücre	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 Smart GÜNEŞ TEKNOLOJİLERİ	2,9 GW – Panel 2,0 GW – Hücre ¹	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 SIRIUS powered by ELIN	3,5 GW – Panel	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 SCHMID PEKTAS ENERGY	2,5 GW – Panel	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 CW Enerji	1,8 GW – Panel	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 ALFA SOLAR ENERJİ	1,8 GW – Panel	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 HSA ENERJİ	1,0 GW – Panel	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel
 DAXLER Energy	1,0 GW – Panel	 Ingot >  Wafer >  Hücre >  Panel



Üretim Mevcut

Üretim Mevcut Değil

Halka Açık Şirket

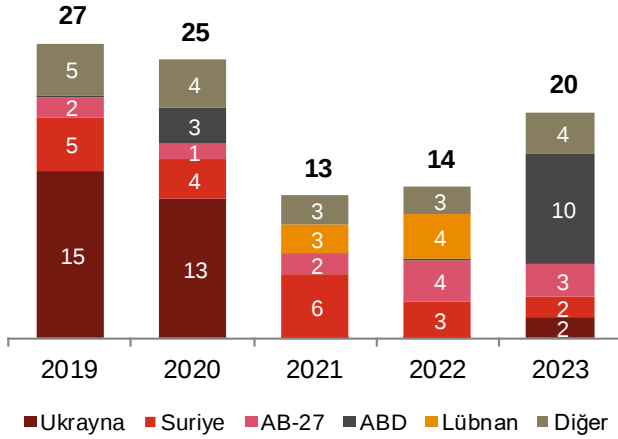
Dikey Entegre Şirket

¹ Smart Güneş'in hücre üretiminin 2024 yılı içerisinde başlayacağı planlanmaktadır.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar, Şirket Websiteleri

Türkiye’de panel üretimi yakın geçmişte iç pazardaki talebi karşılamaya yönelik gerçekleştirilmiştir. Potansiyel ihracat pazarları arasından ABD, Türkiye’deki panel üreticileri için en anlamlı pazar olarak öne çıkmaktadır.

Grafik 52

Türkiye’nin Yıllık Panel İhracatı¹ (m ABD\$)

Türkiye’de yakın geçmişe kadar güneş paneli üretimi, iç pazardaki talebi karşılamaya yönelik gerçekleştirilmiştir ve çoğunlukla panel üretimi seviyesinde kalmıştır.

İkinci bölümde detayları sunulan IRA yasasının ABD güneş enerjisi sektöründe yarattığı talep artışı ve bu artışa bağlı olarak hem ABD içi panel/hücre üretimi, hem de ABD dışı panel ihracatlarının artış göstermesi Türkiye’ye de direkt olarak yansımıştır ve Türkiye’den ABD’ye de panel ihracatı gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Şubat 2024 itibarıyla, Türkiye’den ABD’ye panel ihraç edebilen sadece Kalyon PV bulunmaktadır. ABD’de yürürlükte olan ve Çin ile Vietnam, Kamboçya, Malezya, Tayland menşei panel/hücre üreticilerine uygulanmakta olan anti dumping vergilendirmesi sebebi ile, Türkiye’den ABD’ye panel ihraç edebilmek için hücre üretimini de belirtilen üreticilerden tedarik etmek yerine Türkiye’de gerçekleştirmek gerekmektedir.

ABD pazarı, Türkiye’deki panel üreticileri için talep potansiyeli ve yüksek panel fiyatları ile anlamlı bir ihracat pazarı olmakla birlikte, ABD pazarına olan ihracatın artış gösterebilmesi için Türkiye içerisinde hücre üretiminin daha çok üretici tarafından yapılması gerekmektedir.

Türkiye’de Güneş Paneli İhracatı

Türkiye’deki güneş paneli ihracatı, 2023 yılına kadar Türkiye içerisindeki pazar boyutuna kıyasla materyal olmayan bir seviyede gerçekleşmiştir.

AB ülkelerinin ilk 5 içerisindeki yerini son 5 senede koruduğu panel ihracatında, 2023 yılında ABD, 2022’ye kıyasla 10 milyon ABD\$ ihracat ile önemli seviyede ön plana çıkarak en büyük ihracat noktası olmuştur.



¹ Türkiye içi Serbest Bölgelere yapılan ihracatlar dahil edilmemiştir.

Kaynak: TÜİK, IEA, SolarPower Europe, Halka Açık Kaynaklar



Kalyon PV, güneş paneli, hücre, wafer ve ingot üretimi aşamalarını tek çatı altında toplayan 'dikey entegre' üretim fabrikası ile güneş paneli değer zincirinin her aşamasında yer almaktadır.



Şirket Bilgileri

Kalyon PV, Kalyon Holding'in 2017 yılında gerçekleştirilen YEKA GES-1 ihalesini kazanmasını takiben, ihale şartnamesinde belirtilen tam entegre bir güneş paneli üretim tesisinin inşa edilmesi amacı ile 2017 yılında Ankara'da kurulmuştur.

Kalyon PV fabrikasının 1. fazı 19 Ağustos 2020 tarihinde, 2. fazı ise 1 Mayıs 2021 tarihinde devreye alınmıştır. Fabrika içerisinde 4 üretim tesisi ve Ar-Ge merkezi olmak üzere toplam 5 tesis bulunmaktadır.



Fabrika Alanı
250.000 m²



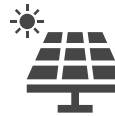
Yerlilik Oranı
> %80



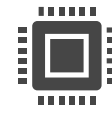
Sertifika Sayısı
30 +



Çalışan Sayısı
~ 2,000



Panel Üretimi
2,0 GW



Hücre Üretimi
1,2 GW



Ar-Ge Ekibi
100 +



ABD'ye İhracat Belgesi
UL Sertifikası

Dikey Entegre Üretim Aşamaları



Polisilikon

Üretim için gerekli tek hammadde olan polisilikon, Çin dışındaki ülkelerden ithal edilmektedir.

Polisilikonun Çin haricindeki ülkelerden ithal edilmesi ABD'ye ihracat yapabilmek için zorunludur.



İngot (Kütük)

Polisilikon, 1.450°C'de eritilip 400kg ağırlığında bir silindire dönüştürülmektedir.



Wafer (Yonga)

İngot, 3 metrelik dikdörtgen bir külçe haline getirilip, 170 mikron kalınlığında dilimlere dönüştürülmektedir.



Hücre

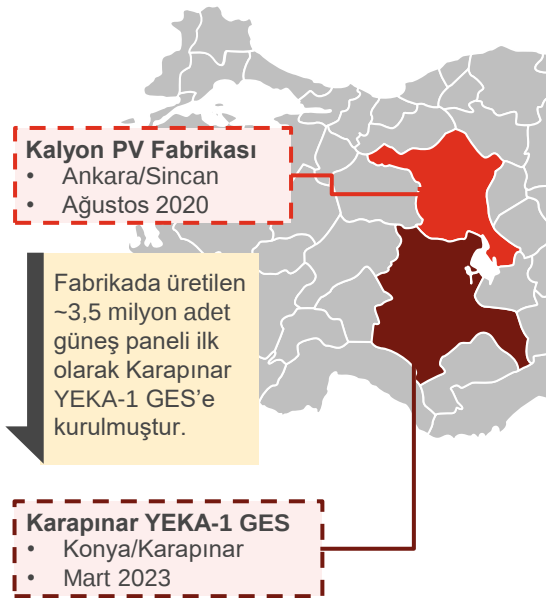
Wafer dilimleri, 30+ kimyasal ve fiziksel işlemden geçirilmekte ve güneş ışığından elektrik enerjisi üretecek niteliğe getirilmektedir.



Panel (Modül)

Üretilen panel, boyutuna göre 108 veya 144 yarım hücre lehimlenerek oluşturulmaktadır.

Lokasyon



Panel Üretimi Değer Zincirindeki Yeri

Dünya üzerinde panel üretimi değer zincirinin bir veya birkaç noktalarında yer alan birçok üretici bulunmaktadır. Ancak, değer zincirinin tüm aşamalarında dikey entegre olan şirket sayısı sınırlıdır. **Jinko Solar, Trina Solar, LONGi, JA Solar Çin'de, Canadian Solar Kanada'da, Hanwha Q Cells Güney Kore'de ve REC Group Singapur'da** yer almaktadır.

Avrupa'da bulunan tek dikey entegre tesis ise Kalyon PV'dir.

Panel Tipleri

M10 Serisi

- 375 - 555 W arası güç üretimi
- %20.7 - %21.4 arası panel verimliliği

G1 Serisi

- 380 - 410 W arası güç üretimi
- %23,3 panel verimliliği

Hücre Tipleri

PERC Hücre

- Piyasaya hakim güncel teknoloji
- %20 - %22 arası hücre verimlilik oranı

TOPCon Hücre

- Geleceğe dönük yeni teknoloji
- %24+ hücre verimlilik oranı

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar, Şirket Websitesi



Türkiye’de Çin menşeli güneş panellerine karşı 2017 yılından bu yana uygulanmakta olan anti-damping vergilerinin kapsamının 5 ülkeye daha genişletilmesi için Kasım 2023’te soruşturma başlatılmıştır. 2023 itibarıyla panel ve hücre ithalatına karşı uygulamalar artırılmıştır.

Panel ve Hücre İthalatı Düzenlemeleri

2017

(1 Nisan): Çin menşeli üreticilerden ithal edilen panellere 20-25 ABD\$/m² anti damping (AD) vergisi getirilmesine karar verildi.

2020

(14 Nisan): Panel ithalatında gözetim uygulaması başlatıldı ve gözetim belgesi alınması zorunlu kılındı. Birim gümrük kıymeti 25 ABD\$/kg olarak belirlendi.

2023

(27 Ocak): Hücre ithalatlarında da gözetim uygulaması başlatıldı ve gözetim belgesi alınması zorunlu kılındı. Birim gümrük kıymeti 60 ABD\$/kg olarak belirlendi.

2023

(15 Eylül): Çin menşeli panellere uygulanan AD uygulamasının süresi 5 sene daha uzatıldı.

2023

(24 Ekim): Panel ithalatında gözetim belgesi için gerekli belge koşullarında sıkılaştırılmaya gidildi.

2023

(24 Kasım): Gözetim ve AD kapsamında tahakkuk eden ve KDV matrahına dahil olan tüm vergi, resim ve harçlar dolayısıyla ödenen KDV’nin indirilmesi uygulaması kaldırılmıştır.

2023

(25 Kasım): Malezya, Vietnam, Tayland, Hırvatistan ve Ürdün menşeli panellere AD vergisi uygulanması hususunda soruşturma başlatıldı.

Panel ithalatında 2017 yılından bu yana uygulanmakta olan kısıtlamalar 2023 yılı içerisinde yürürlüğe giren kararlar ile ciddi seviyede artış göstermiştir. Özellikle AD uygulamasının kapsamının genişletilmesi, belirtilen ülkelerin Türkiye’nin panel ihracatındaki seviyesi göz önüne alındığında 2024 ve sonrasında Türkiye’de materyal bir seviyede panel ithalatı olmamasına sebep olabilecek seviyededir.

Uygulamada Olan Anti-Damping Vergisi

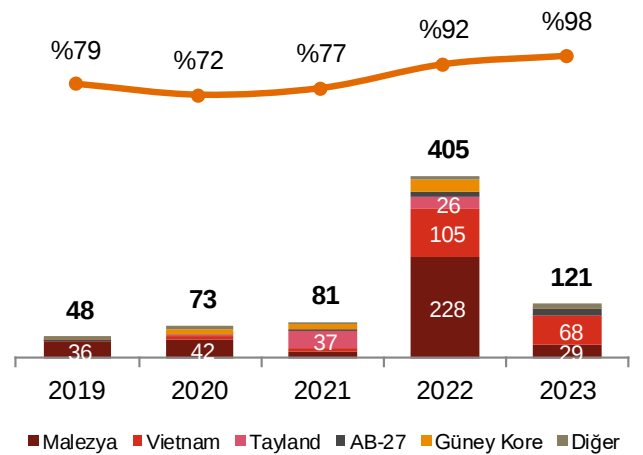
Uygulamada olan anti-damping vergisi, ithalatın gerçekleştiği Çin menşeli üreticiler ve/veya üretimin gerçekleştirilen tesis bazında değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda,

- Hanwha Q Cells – Qidong Tesisi
- Zhejiang Jinko Solar ve Jinko Solar
- Chint Solar – Zhejiang Tesisi
- BYD Industrial – Shangluo Tesisi
- Canadian Solar – Changsu ve Luoyang Tesisleri
- CEEG Solar ve CEEG Nanjing
- Changzhou Trina Solar
- Hainan Yingli New Energy Resources
- Yingli Energy China
- Hefei Chinaland Solar
- Jiangsu Seraphim Solar
- Perlight Solar
- Renesola Jiangsu

için ADV 20 ABD\$/m², diğer tüm Çin menşeli üreticiler için ise 25 ABD\$/m² olarak belirlenmiştir.

Grafik 53

Türkiye’nin Yıllık Panel İthalatı¹ (m ABD\$)



25 Kasım 2023 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan tebliğ uyarınca AD kapsamında soruşturmaya alınan Malezya, Vietnam, Tayland, Hırvatistan ve Ürdün’den yapılan panel ithalatlarının toplam içerisindeki payı (%)

¹ Türkiye içi Serbest Bölgeler dahil edilmemiştir.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar



Uygulanmakta olan AD vergisine ek olarak 24 Kasım 2023 itibarıyla gözetim ve AD kapsamında hesaplanan KDV’nin düşülmesine getirilen engel, Türkiye’ye olan panel ve hücre ithalat maliyetlerinde ciddi seviyede artışa yol açmıştır.

Türkiye’de 2017 yılından itibaren Çin menşeli üreticilerden ithal edilen güneş panellerine karşı antidamping vergisi uygulanmaktadır. 2020 yılından itibaren ise, güneş paneli ithalatlarında menşe ayrımı yapılmaksızın, dolaylı bir vergi uygulaması olan ve ithalatçının KDV matrahını artırmayı amaçlayan **gözetim vergisi** uygulaması 25 ABD\$/kg birim gümrük kıymeti üzerinden uygulanmaya başlanmıştır.

2023 yılı içerisinde, uygulanan AD vergisinin süresi 5 yıl ile uzatılmıştır ve Malezya, Vietnam, Tayland, Hırvatistan ile Ürdün menşeli üreticilerden gerçekleştirilen ithalatları da kapsamı yönünde soruşturma başlatılmıştır. **Ek olarak, 24 Kasım 2023 itibarıyla AD ve gözetim vergisi uygulamaları kapsamında tahakkuk eden ve KDV matrahına dahil olan tüm vergiler dolayısıyla ödenen KDV’nin indirilmesi kaldırılmıştır.**

Örnek Antidamping ve Gözetim Vergisi Hesaplaması

Vergi Hesaplamasına Baz Olan İthalat		
Panel Gücü	a	530 W
Panel Alanı	b	2,6 m ²
Panel Ağırlığı	c	32 kg
Panel Birim Fiyatı	d	0,11 ABD\$/W
Vergi Öncesi İthalat Tutarı	e	$a * d = 58,3 \text{ ABD\$}$

Örnek hesaplamada, ithal edilen güneş panelinin birim fiyatı **0,11 ABD\$/W** olarak alınmıştır ve tüm tahakkuk eden vergilerden önceki ithalat tutarı **58,3 ABD\$**’na tekabül etmektedir.

Rapor tarihi itibarıyla, fotovoltaik panel veya hücreler için Türkiye’de uygulanan bir gümrük vergisi bulunmamaktadır.

Tahakkuk Eden Antidamping, Gözetim Vergileri ve KDV		
Antidamping Vergisi	f	20 ABD\$/m ²
Gözetim Vergisi	g	25 ABD\$/kg
Tahakkuk Eden ADV	h	$b * f = 52,0 \text{ ABD\$}$
Tahakkuk Eden GV	i	$c * g = 800,0 \text{ ABD\$}$
Tahakkuk Eden KDV	j	$(h + i) * \%20 = 170,4 \text{ ABD\$}$
İndirilemeyen KDV	k	$j - (e * \%20) = 158,7 \text{ ABD\$}$

AD vergisi, en büyük Çinli üreticilere uygulanan 20 ABD\$/m² olarak; gözetim vergisi ise birim gümrük kıymeti olan 25 ABD\$/kg olarak hesaplanmıştır.

Dolaylı bir vergi olan gözetim vergisi, doğrudan bir ödemeye tabi olmayıp, (j) basamağında hesaplanan KDV matrahının artırılmasına sebep olmaktadır.

24.11.2023 itibarıyla, ADV ile GV üzerinden tahakkuk eden KDV ile baz ithalat tutarına tahakkuk eden KDV arasındaki fark indirilememektedir.

Vergi Sonrası Toplam Maliyet		
Vergi Öncesi Tutar	e	58,3 ABD\$
Ödenecek ADV	h	52,0 ABD\$
Ödenecek KDV (İndirilemeyen)	k	158,7 ABD\$
Toplam Maliyet	l	$e + h + k = 269,0 \text{ ABD\$}$

24.11.2023 düzenlemesinden sonra örnek hesaplamada ulaşılan toplam maliyet 269 ABD\$, toplam ithalat birim fiyat ise **0,51 ABD\$/W** seviyesindedir. KDV indirilmesinin kaldırılmasından önce ise toplam maliyet $(e + h) 110,3 \text{ ABD\$} - 0,21 \text{ ABD\$/W}$ olarak gözlemlenmektedir.

Kasım 2023 düzenlemesi sonrasında Türkiye’ye gerçekleştirilecek panel/hücre ithalatlarındaki toplam maliyet ciddi ölçüde artmıştır.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar, PwC Analizi





4

Halka Açık Pazar Oyuncularının Analizleri



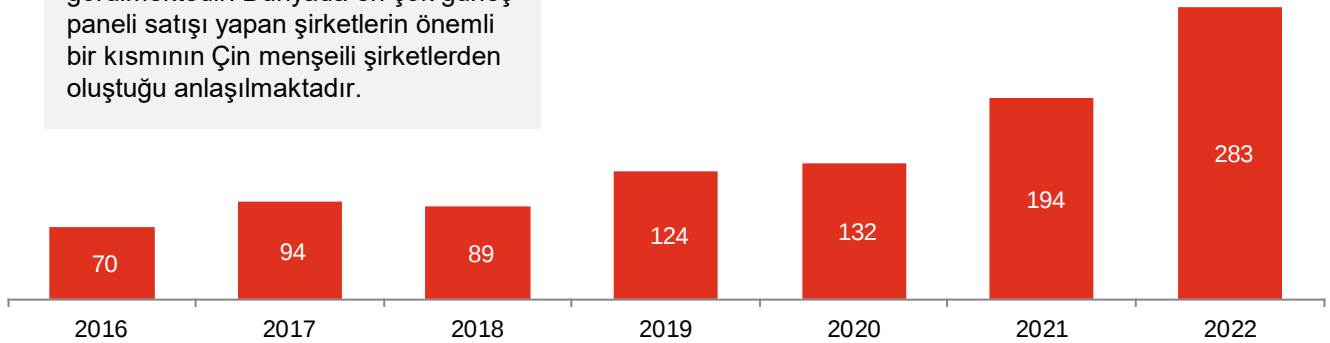
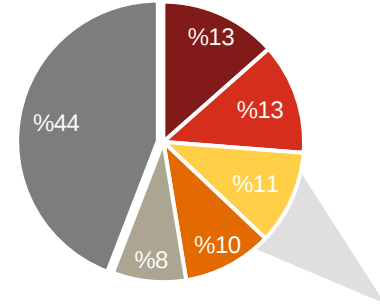
2022 yılında Dünyadaki toplam güneş hücresi ve paneli satışlarının %78'i sadece 10 şirket tarafından yapılmıştır. 2010 ve 2022 yılları arasında panel satışı yapan 10 şirket karşılaştırıldığında Çin menşeli şirketlerin pazarı domine ettiği anlaşılmaktadır.

Grafik 54

Yıllık Güneş Hücresi ve Panel Satışı (GW)

Güneş paneli satışının hızla arttığı ve toplam satışların sınırlı sayıda şirket tarafından paylaşıldığı gözlemlenmektedir. Satışların şirketlere göre dağılımı incelendiğinde, 2010 yılında ilk 5 şirketin toplam satışlardaki payı %36, ilk 10 şirketin payı %64 iken, 2022 yılında, ilk 5 şirketin toplam satışların %56'sını oluşturduğu, ilk 10 şirketin ise %78'ini oluşturduğu görülmektedir. Dünyada en çok güneş paneli satışı yapan şirketlerin önemli bir kısmının Çin menşeli şirketlerden oluştuğu anlaşılmaktadır.

- Tongwei
- JA Solar
- Aiko Solar
- LONGi
- Jinko Solar
- Diğer Şirketler



Tablo 14

Yıllık Güneş Hücresi ve Panel Satışı (2010, 2022) (MW)

Şirket	Ülke	2010		Şirket	Ülke	2022	
		GW	%			GW	%
Suntech	Çin	1,5	%5	Tongwei	Çin	38	%13
JA Solar	Çin	1,5	%5	JA Solar	Çin	36	%13
First Solar	ABD	1,4	%5	Aiko Solar	Çin	31	%11
Yingli	Çin	1,1	%4	LONGi	Çin	29	%10
Q-Cells	Almanya	1,0	%3	Jinko Solar	Çin	24	%8
Sharp	Japonya	0,9	%3	Canadian Solar	Kanada	17	%6
Trina Solar	Çin	0,9	%3	Trina Solar	Çin	15	%5
Motech	Tayvan	0,9	%3	SolarSpace	Çin	12	%4
Jintech	Tayvan	0,8	%3	Zhongli Talesun	Çin	10	%3
Kyocera	Japonya	0,6	%2	First Solar	ABD	9	%3
İlk 10 Şirket		10,5	%36	İlk 10 Şirket		220	%78
Diğer Şirketler		18,5	%64	Diğer Şirketler		63	%22
Toplam		29,0	%100	Toplam		283	%100



Küresel panel pazarı incelendiğinde Çin menşeli şirketlerin piyasayı domine ettikleri gözlemlenmektedir. 2010 ve 2020 yılları arasında sadece 4 şirket ilk 10'da kalmayı başarmış olup, 2022 yılında panel satışı yapan ilk 10 şirket arasında Çin menşeli olmayan yalnızca 2 şirket bulunmaktadır.

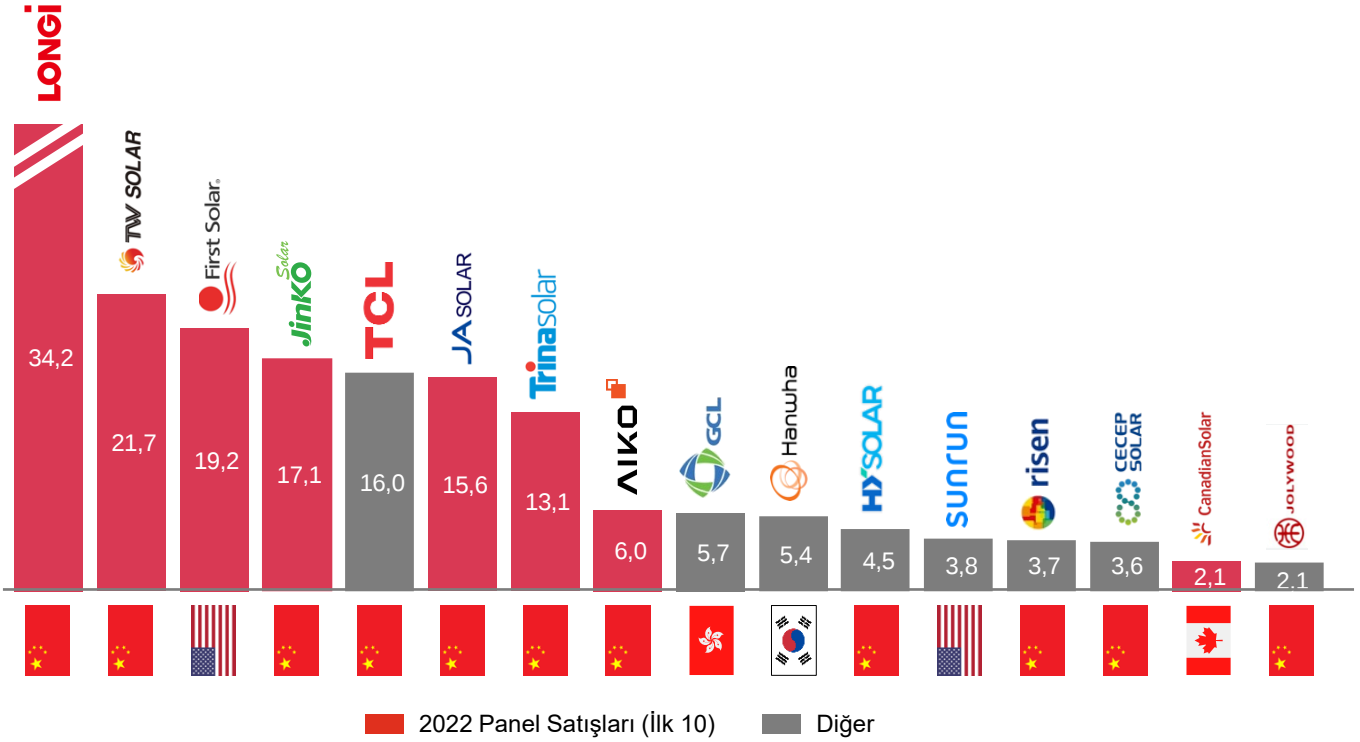
Kaynak: NREL



Dünyada panel üretimi gerçekleştiren ve piyasa değeri en yüksek olan şirketlerin büyük çoğunluğu Çin kökenlidir.

Grafik 55

Global Pazar Oyuncuları Piyasa Değeri (milyar ABD\$)



Güneş paneli değer zincirinde üretim faaliyetlerini sürdüren, piyasa değeri 2 milyar ABD\$ üzerinde olan halka açık şirketler incelenmiştir.



NREL raporuna göre 2022 yılında en çok panel satışı yapan 10 şirket listesi de göz önünde bulundurulduğunda, ilgili şirketlerin 8'inin halka açık olduğu ve bu 8 şirketin piyasa değerinin 2 milyar ABD\$ üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

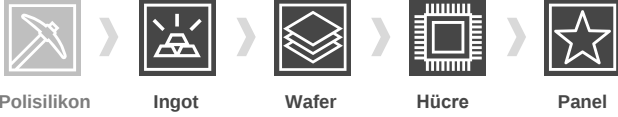


İlerleyen sayfalarda 2022'de NREL raporuna göre en çok panel satışı yapan ve piyasa değeri 2 milyar ABD\$ üzerinde olan şirketlere ilişkin detaylı analizlere yer verilmiştir.

Küresel alanda panel üretimi faaliyeti olan şirketler, panel üretimi değer zincirinin farklı pek çok halkasında da faaliyet göstermektedir.

LONGI

LONGI, 2000 yılında Çin'de kurulmuştur. 2022 yıl sonu itibarıyla **18,7 milyar ABD\$** satış hacmine sahip olan LONGI, 2023'ün ilk yarısında **52 GW** wafer, **31 GW** hücre, **27 GW** panel satışı yapmıştır.



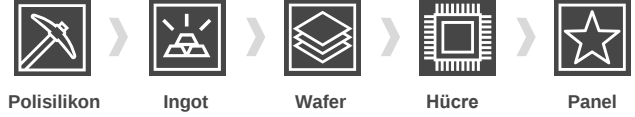
Satış Hacmi (2022)
85 GW Wafer
47 GW Panel

Üretim Kap. (2022)
133 GW Wafer
50 GW Hücre
85 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	8.361	12.689	18.703	18.654
Brüt Kar	2.002	2.520	2.717	3.176
Brüt Kar Marjı (%)	%24	%20	%15	%17
FAVÖK	1.792	2.204	1.968	2.240
FAVÖK Marjı (%)	%21	%17	%11	%12
Şirket Değeri	25.010	62.518	53.834	33.782
ŞD/FAVÖK (x)	14,0x	28,4x	27,4x	15,1x

TV SOLAR

Tongwei, 2006 yılında Çin'de kurulmuştur. **14 GW** panel **70 GW** hücre kapasitesi olan Tongwei, Haziran 2023 itibarıyla **90 GW** hücre, **55 GW** panel kapasitesine ulaşmıştır. 2026 sonunda ise **150 GW** hücre kapasitesi hedeflemektedir.



Satış Hacmi (2022)
78 GW Hücre
8 GW Panel

Üretim Kap. (2022)
70 GW Hücre
14 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	6.770	10.205	20.649	20.799
Brüt Kar	1.106	2.582	7.814	6.465
Brüt Kar Marjı (%)	%16	%25	%38	%31
FAVÖK	945	2.177	6.835	5.957
FAVÖK Marjı (%)	%14	%21	%33	%29
Şirket Değeri	14.588	32.711	32.918	26.270
ŞD/FAVÖK (x)	15,4x	15,0x	4,8x	4,4x

First Solar

First Solar, 1999 yılında Çin'de kurulmuştur. Haziran 2023 itibarıyla **13 GW** panel kapasitesine sahip olan First Solar, 2026 sonunda **21 GW** kapasite hedeflemektedir.



Satış Hacmi (2022)
21 GW Panel

Üretim Kap. (2022)
10 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	2.711	2.923	2.619	3.162
Brüt Kar	698	740	128	859
Brüt Kar Marjı (%)	%26	%25	%5	%27
FAVÖK	574	710	47	737
FAVÖK Marjı (%)	%21	%24	%2	%23
Şirket Değeri	5.459	8.352	9.082	17.547
ŞD/FAVÖK (x)	9,5x	11,8x	a.d.	23,8x

Jinko Solar

Jinko Solar, 2006 yılında Çin'de kurulmuştur. 2022 yıl sonu itibarıyla **130 GW** ile en çok panel sağlayan üretici olan Jinko Solar, **75 GW** wafer, **75 GW** hücre, **90 GW** panel kapasitesi hedeflemektedir.



Satış Hacmi (2022)
47 GW Panel

Üretim Kap. (2022)
65 GW Wafer
55 GW Hücre
70 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	5.156	6.386	11.987	15.761
Brüt Kar	728	781	1.161	2.196
Brüt Kar Marjı (%)	%14	%12	%10	%14
FAVÖK	527	607	746	1.573
FAVÖK Marjı (%)	%10	%10	%6	%10
Şirket Değeri	n.m.	n.m.	19.791	19.203
ŞD/FAVÖK (x)	m.d.	m.d.	26,5x	12,2x

Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar



Küresel alanda panel üretimi faaliyeti olan şirketler, panel üretimi değer zincirinin farklı pek çok halkasında da faaliyet göstermektedir.

TCL

TCL Zhonghuan Renewable Energy Technology, 1981 yılında Çin'de kurulmuştur. Şirket Haziran 2023'te monokristal üretim kapasitesini **165 GW**'a çıkarmıştır.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

7 GW Wafer



Üretim Kap. (2022)

m.d.

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	2.919	6.471	9.716	9.021
Brüt Kar	543	1.311	1.518	1.737
Brüt Kar Marjı (%)	%19	%20	%16	%19
FAVÖK	634	1.251	1.509	1.911
FAVÖK Marjı (%)	%22	%19	%16	%21
Şirket Değeri	11.125	20.573	24.662	23.659
ŞD/FAVÖK (x)	17,5x	16,4x	16,3x	12,4x

JA SOLAR

JA Solar, 2005 yılında Çin'de kurulmuştur. Mayıs 2023'te yeni n-tipi panelini duyurmuş, panel gücünün 630 W'a ulaşmasını sağladığını açıklamıştır.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

78 GW Panel&Hücre



Üretim Kap. (2022)

50 GW Hücre

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	3.959	6.502	10.582	11.464
Brüt Kar	641	951	1.526	2.169
Brüt Kar Marjı (%)	%16	%15	%14	%19
FAVÖK	616	840	1.269	1.787
FAVÖK Marjı (%)	%16	%13	%12	%16
Şirket Değeri	4.970	13.227	22.028	17.368
ŞD/FAVÖK (x)	8,1x	15,7x	17,4x	9,7x

Trinasolar

Trina Solar, 1997 yılında Çin'de kurulmuştur. Trina Solar, **50 GW** n-tipi wafer, **75 GW** hücre ve **95 GW** panel üretim kapasitesi hedeflemektedir.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

43 GW Panel



Üretim Kap. (2022)

65 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	4.506	7.002	12.331	14.798
Brüt Kar	695	971	1.583	2.295
Brüt Kar Marjı (%)	%15	%14	%13	%16
FAVÖK	460	527	976	1.502
FAVÖK Marjı (%)	%10	%8	%8	%10
Şirket Değeri	5.628	13.288	20.761	16.695
ŞD/FAVÖK (x)	12,2x	25,2x	21,3x	11,1x

AIKO

Aiko, 2009 yılında Çin'de kurulmuştur. Toplam **110 GW** panel satışı yapmış olan Aiko Solar, 86 GW n-tipi kapasite hedeflemektedir.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

110 GW Hücre
(kümülatif)

Üretim Kap. (2022)

36 GW Hücre

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	1.480	2.435	5.085	4.367
Brüt Kar	217	131	657	836
Brüt Kar Marjı (%)	%15	%5	%13	%19
FAVÖK	202	99	512	609
FAVÖK Marjı (%)	%14	%4	%10	%14
Şirket Değeri	3.508	5.177	7.149	6.356
ŞD/FAVÖK (x)	17,4x	52,1x	14,0x	10,4x

Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar



Küresel alanda panel üretimi faaliyeti olan şirketler, panel üretimi değer zincirinin farklı pek çok halkasında da faaliyet göstermektedir.



GCL Technology Holdings, 2006 yılında Hong Kong'da kurulmuştur. GCL, granüler silikon ve wafer üretiminde yoğunlaşmış olup, **280.000 MT** granüler silikon üretim kapasitesine sahiptir.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

46 GW Wafer



Üretim Kap. (2022)

55 GW Wafer

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	2.247	2.655	5.209	5.805
Brüt Kar	575	877	2.537	2.646
Brüt Kar Marjı (%)	%26	%33	%49	%46
FAVÖK	715	668	2.327	2.501
FAVÖK Marjı (%)	%32	%25	%45	%43
Şirket Değeri	6.954	8.603	8.706	6.354
ŞD/FAVÖK (x)	9,7x	12,9x	3,7x	2,5x



Hanwha Solutions, 1952 yılında Güney Kore'de kurulmuştur. Kimya, havacılık ve inşaat gibi farklı alanlarda da faaliyet göstermektedirler. 2024 yılında ABD'deki üretim tesislerinin modül kapasitesini **5,1 GW'a** çıkaracaklarını duyurmuşlardır.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

m.d.



Üretim Kap. (2022)

10 GW Hücre

12 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	8.449	9.004	10.857	10.196
Brüt Kar	1.760	1.835	2.218	1.998
Brüt Kar Marjı (%)	%21	%20	%20	%20
FAVÖK	1.073	1.164	1.304	1.074
FAVÖK Marjı (%)	%13	%13	%12	%11
Şirket Değeri	5.974	7.605	7.377	8.253
ŞD/FAVÖK (x)	5,6x	6,5x	5,7x	7,7x



Hoyuan Green Energy, 2002 yılında Çin'de kurulmuştur. Makine üretimi yapmalarının yanı sıra monokristalin silikon üretimi için **40 GW'lık**, hücre üretimi için ise **24 GW'lık** kapasite artırımını yatırımlarını duyurmuştur.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

32 GW Wafer



Üretim Kap. (2022)

m.d.

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	461	1.718	3.177	1.919
Brüt Kar	126	338	630	329
Brüt Kar Marjı (%)	%27	%20	%20	%17
FAVÖK	107	303	485	257
FAVÖK Marjı (%)	%23	%18	%15	%13
Şirket Değeri	1.865	7.779	6.030	4.507
ŞD/FAVÖK (x)	17,4x	25,6x	12,4x	17,6x



Sunrun, 2007 yılında ABD'de kurulmuştur. Şirket Haziran 2023 itibarıyla **6,4 GW** üretim kapasitesine ulaşmış olup güneş panelleri dışında **güneş pili depolama ürünleri** de üretmektedir.



Polisilikon



Ingot



Wafer



Hücre



Panel



Satış Hacmi (2022)

m.d.



Üretim Kap. (2022)

6 GW Hücre&Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	922	1.610	2.321	2.352
Brüt Kar	179	244	299	183
Brüt Kar Marjı (%)	%19	%15	%13	%8
FAVÖK	(222)	(278)	(172)	(266)
FAVÖK Marjı (%)	-%24	-%17	-%7	-%11
Şirket Değeri	9.510	17.775	14.584	15.223
ŞD/FAVÖK (x)	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.

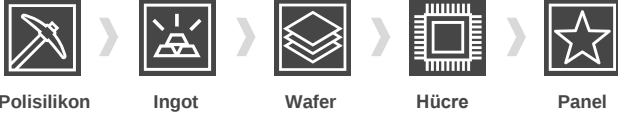
Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar



Küresel alanda panel üretimi faaliyeti olan şirketler, panel üretimi değer zincirinin farklı pek çok halkasında da faaliyet göstermektedir.



Risen Energy, 1986 yılında Çin'de kurulmuştur. 2022 yılında hücre ve panel kapasitelerini Malezya ve Çin'de **3'er GW** arttırmışlardır. Risen Energy, 2023 itibarıyla Hyper-ion güneş hücresi ve panel üretim kapasitesini **15 GW'a** çıkarmıştır.



Satış Hacmi (2022) 14 GW Panel
Üretim Kap. (2022) 25 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	2.460	2.964	4.260	4.986
Brüt Kar	326	189	422	639
Brüt Kar Marjı (%)	%13	%6	%10	%13
FAVÖK	167	(20)	248	404
FAVÖK Marjı (%)	%7	-%1	%6	%8
Şirket Değeri	2.631	3.279	3.501	3.383
ŞD/FAVÖK (x)	15,8x	a.d.	14,1x	8,4x



Cecep Solar, 2010 yılında Çin'de kurulmuştur. Cecep Solar güneş hücre ve bileşenleri üretiminin yanında yapay zeka uygulama yazılımı ve donanımının geliştirilmesi ve satışını da yapmaktadır.

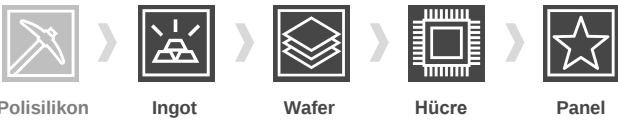


Satış Hacmi (2022) 30 GW Hücre&Panel (kümülatif)
Üretim Kap. (2022) 4 GW Hücre 8 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	813	1.106	1.339	1.342
Brüt Kar	392	460	438	448
Brüt Kar Marjı (%)	%48	%42	%33	%33
FAVÖK	532	580	560	556
FAVÖK Marjı (%)	%65	%52	%42	%41
Şirket Değeri	4.779	7.046	6.676	5.903
ŞD/FAVÖK (x)	9,0x	12,1x	11,9x	10,6x



Canadian Solar, 2001 yılında Kanada'da kurulmuştur. Haziran 2023 itibarıyla **20 GW** ingot, **21 GW** wafer, **26 GW** hücre, **37 GW** panel kapasitesine ulaşmıştır.



Satış Hacmi (2022) 21 GW Panel
Üretim Kap. (2022) 20 GW Wafer 20 GW Hücre 32 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	3.476	5.277	7.469	7.883
Brüt Kar	690	926	1.265	1.417
Brüt Kar Marjı (%)	%20	%18	%17	%18
FAVÖK	440	503	660	985
FAVÖK Marjı (%)	%13	%10	%9	%12
Şirket Değeri	2.780	4.102	3.956	4.539
ŞD/FAVÖK (x)	6,3x	8,2x	6,0x	4,6x



Jolywood, 2008 yılında Çin'de kurulmuştur. Şirket, hücre ve panel üretimi dışında yüksek oranda **hücre arka tabakası (backsheet)** satışı yapmaktadır. Bugüne kadar **125 GW** kümülatif hücre arka tabakası satışı gerçekleştirmiştir.



Satış Hacmi (2022) 4 GW Hücre&Panel (kümülatif)
Üretim Kap. (2022) 4 GW Hücre 3 GW Panel

(m ABD\$)	2020	2021	2022	9A23
Net Satışlar	779	916	1.389	1.603
Brüt Kar	137	102	209	253
Brüt Kar Marjı (%)	%18	%11	%15	%16
FAVÖK	91	57	116	152
FAVÖK Marjı (%)	%12	%6	%8	%9
Şirket Değeri	1.058	1.898	2.976	2.775
ŞD/FAVÖK (x)	11,6x	33,5x	25,6x	18,3x

Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar



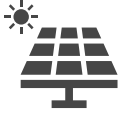
Smart Güneş, 2022 yılında halka arz olmasını takiben 2023 yılında yeni fabrikası ile Türkiye'de hücre üretimi gerçekleştiren ikinci şirket konumundadır.



2014 yılında kurulmuş olan Smart Güneş, Gebze ve Dilovası'nda bulunan panel üretim tesislerine ek olarak 2023 yılında İzmir/Aliağa'da yeni bir tesis daha faaliyete geçirmiştir. Smart Güneş, panel üretimine ek olarak mühendislik, tedarik ve kurulum (EPC) hizmetleri de sunmaktadır.



Smart Güneş, İzmir/Aliağa'da 2023 yılı itibarıyla kurulumu tamamlanmış olan yeni üretim tesisinde 2024 yılı itibarıyla hücre üretimi de gerçekleştirmeye başlayacaktır.



Panel Üretimi
2,9 GW



Hücre Üretimi (2024)
2,0 GW



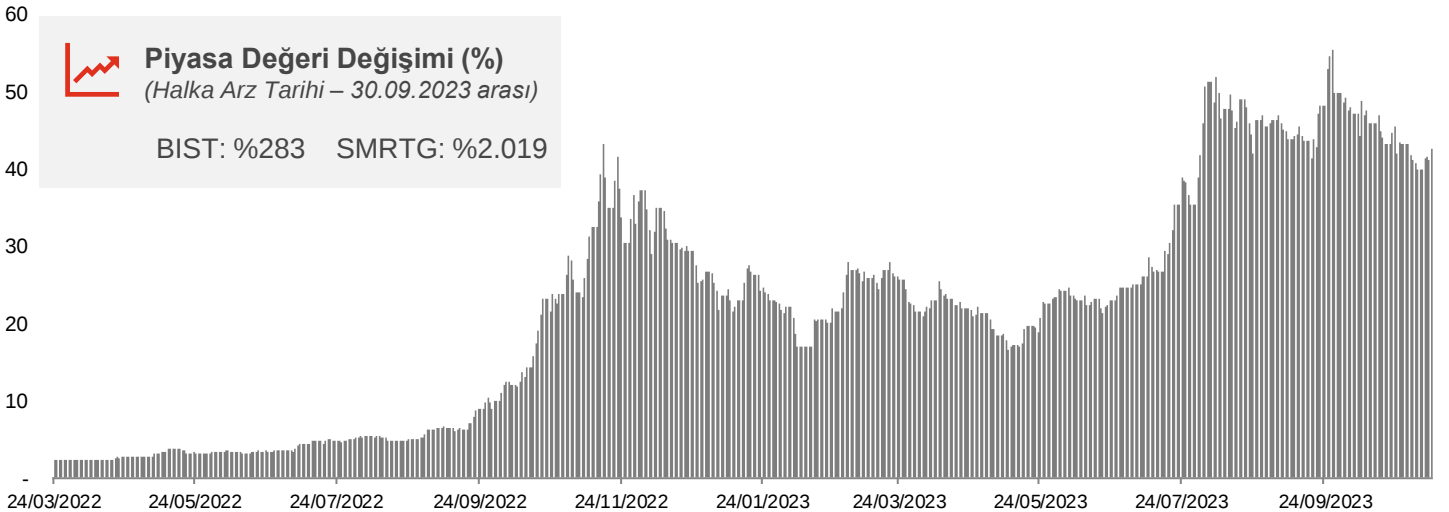
Halka Arz Bilgileri

	(m TL)
Halka Arz Tarihi	24.03.2022
Halka Arz Hisse Fiyatı (TL)	14,0
Halka Arz Oranı (%)	%25,0 ¹
Halka Arz Büyüklüğü	535
Halka Arz Sonucu Oluşan PD. - TL	2.356
Halka Arz Sonucu Oluşan ŞD - TL	2.510
Halka Arz Sonucu Oluşan PD - ABD\$	159
Halka Arz Sonucu Oluşan ŞD - ABD\$	170

Finansal Bilgiler

(m TL)	2021	2022	9A23
Net Satışlar	846	2.200	5.322
Brüt Kar	135	366	1.318
Brüt Kar Marjı (%)	%16	%17	%25
FAVÖK	112	281	1.032
FAVÖK Marjı (%)	%13	%13	%19
Şirket Değeri - TL	m.d.	12.100	30.199
Şirket Değeri - ABD\$	m.d.	663	1.202
ŞD/FAVÖK	m.d.	43,1x	29,3x

Piyasa Değeri (milyar TL)



¹ Ekim 2023'te Smart Güneş'in %2 payı daha halka arz edilmiştir.

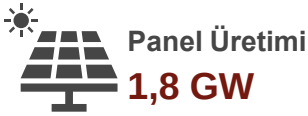
Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar, Şirket Websiteleri



2023 yılında halka arz olan CW Enerji, güneş paneli üretiminin yanı sıra güneş enerjisi değer zincirinde birden fazla alanda da faaliyet göstermektedir.



CW Enerji, 2010 yılında Antalya'da kurulmuş olup güneş paneli üretimi, lisanslı ve lisanssız GES kurulum/projelendirme ve on-grid/off-grid sistem alanlarında faaliyet göstermektedir. CW Enerji, 2023 yılında devreye alınan yeni üretim hattı ile güneş paneli üretim kapasitesini 4 farklı tesiste gerçekleştirmekte olup toplam üretim kapasitesini ise 1,8 GW seviyesine ulaştırmıştır.



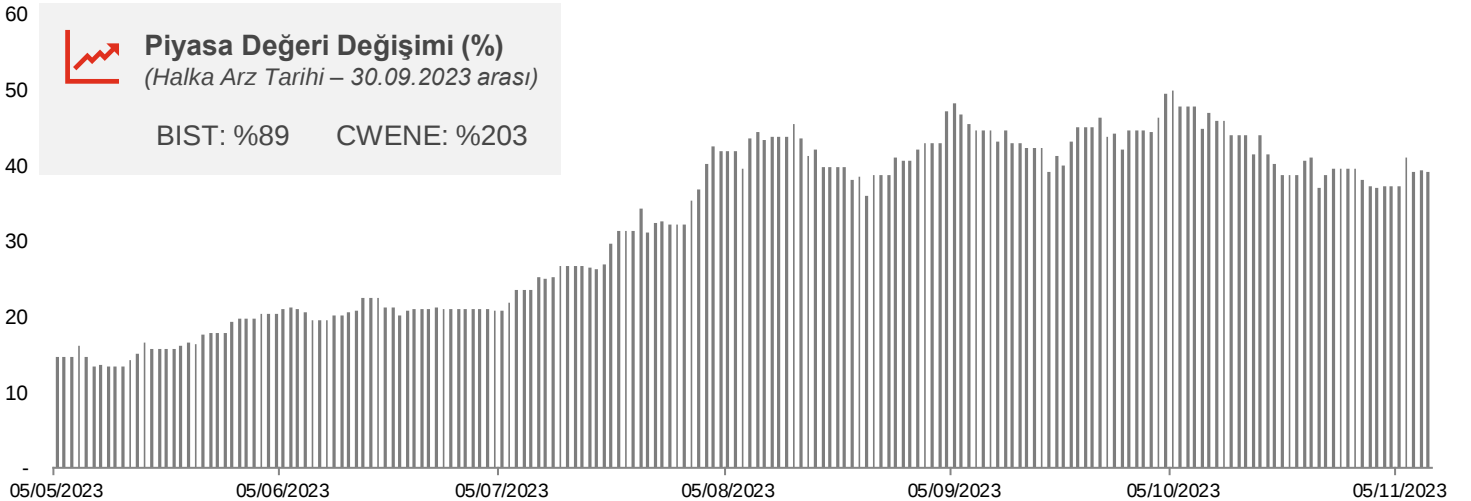
Halka Arz Bilgileri

	(m TL)
Halka Arz Tarihi	05.05.2023
Halka Arz Hisse Fiyatı (TL)	108,6
Halka Arz Oranı (%)	%24,2
Halka Arz Büyüklüğü	3.258
Halka Arz Sonucu Oluşan PD - TL	14.776
Halka Arz Sonucu Oluşan ŞD - TL	14.955
Halka Arz Sonucu Oluşan PD - ABD\$	759
Halka Arz Sonucu Oluşan ŞD - ABD\$	768

Finansal Bilgiler

(m TL)	2021	2022	9A23
Net Satışlar	1.003	4.758	8.555
Brüt Kar	160	1.083	2.176
Brüt Kar Marjı (%)	%16	%23	%25
FAVÖK	143	992	1.897
FAVÖK Marjı (%)	%14	%21	%22
Şirket Değeri - TL	m.d.	m.d.	30.702
Şirket Değeri - ABD\$	m.d.	m.d.	854
ŞD/FAVÖK	m.d.	m.d.	16,2x

Piyasa Değeri (milyar TL)



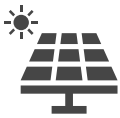
Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar, Şirket Websiteleri



Alfa Solar, 2011 yılında kurulmuş olup 2022 yılının sonunda halka arzını gerçekleştirmiştir. Alfa Solar, yeni yatırımının tamamlanması ile 1,8 GW panel üretim kapasitesine ulaşmıştır.



Alfa Solar, Kırıkkale’de 40.000 m2 üzerinde bulunan üretim tesisinde 1,8 GW üretim kapasitesi ile güneş paneli üretimi gerçekleştirmektedir. İlk olarak 1,3 GW olarak kurulmuş olan fabrikasına 2023 yılında kapasite artırımını gerçekleştirerek 500 MW ek kapasite daha eklemiştir. Alfa Solar, Türkiye’de halka arz gerçekleştiren ikinci güneş paneli üretim şirketi konumundadır.



Panel Üretimi

1,8 GW



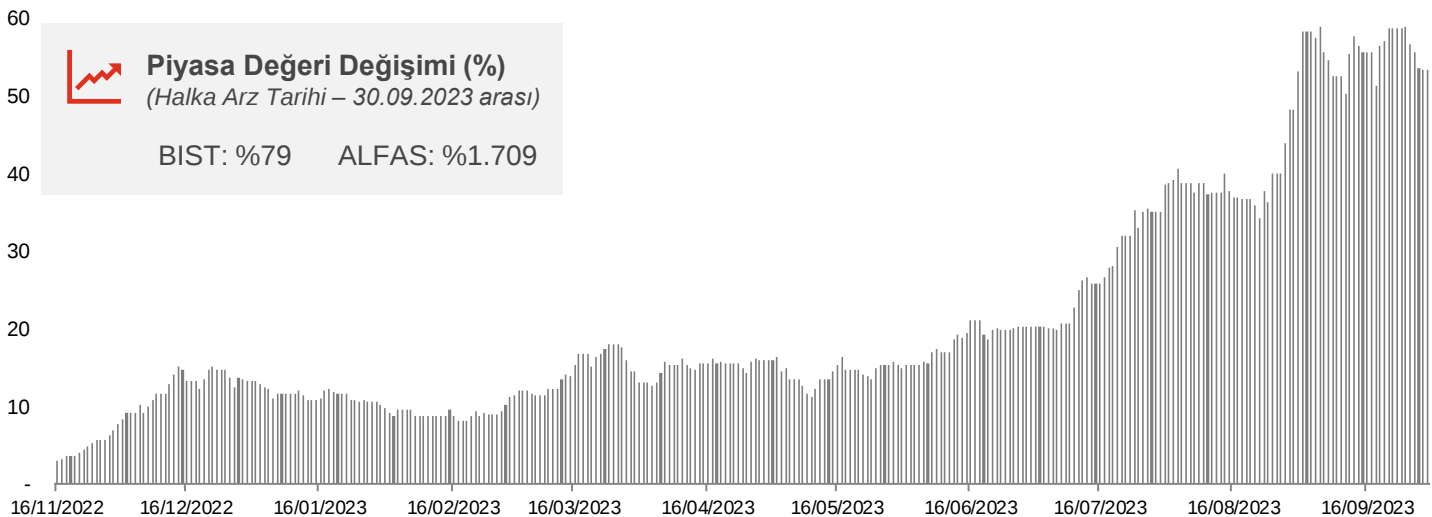
Halka Arz Bilgileri

	(m TL)
Halka Arz Tarihi	16.11.2022
Halka Arz Hisse Fiyatı (TL)	58,5
Halka Arz Oranı (%)	%20,0
Halka Arz Büyüklüğü	538
Halka Arz Sonucu Oluşan PD. - TL	2.960
Halka Arz Sonucu Oluşan ŞD - TL	2.856
Halka Arz Sonucu Oluşan PD - ABD\$	159
Halka Arz Sonucu Oluşan ŞD - ABD\$	154

Finansal Bilgiler

(m TL)	2021	2022	9A23
Net Satışlar	439	2.297	5.522
Brüt Kar	77	483	1.356
<i>Brüt Kar Marjı (%)</i>	%18	%21	%25
FAVÖK	79	488	1.304
<i>FAVÖK Marjı (%)</i>	%18	%21	%24
Şirket Değeri - TL	m.d.	9.759	20.423
Şirket Değeri - ABD\$	m.d.	521	647
ŞD/FAVÖK	m.d.	20,0x	15,7x

Piyasa Değeri (milyar TL)

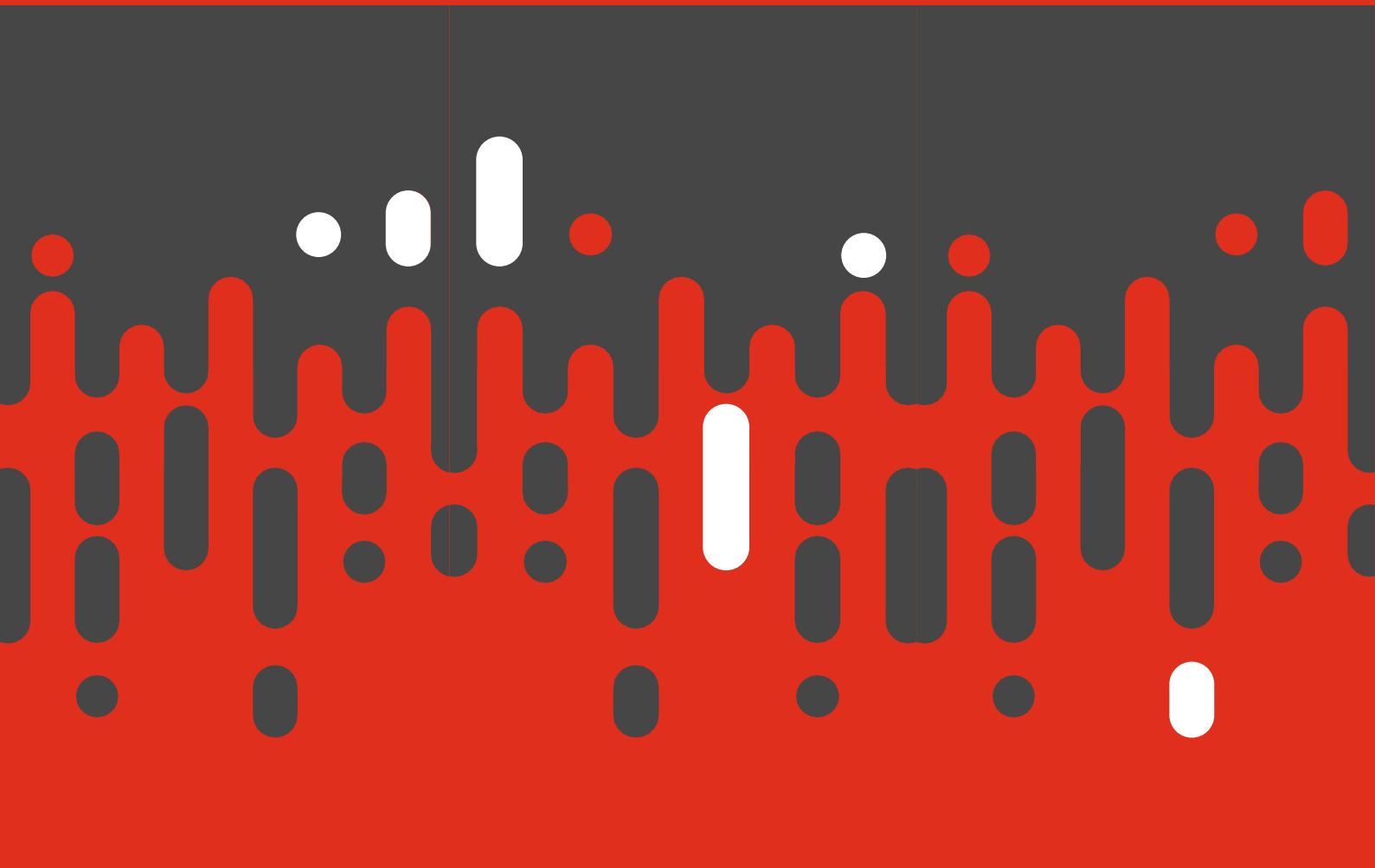


Kaynak: Capital IQ, Halka Açık Kaynaklar, Şirket Websiteleri



5

Ekler



Kısaltmalar (1/4)

Tanım	Açıklama
%	Yüzde
~	Yaklaşık
°C	Santigrat Derece
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABD\$	Amerikan Doları
AD	Anti Damping
Agri-PV	Agrivoltaic
AKAKDO	Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
APS	Açıklanan Taahhütler Senaryosu
Ar-Ge	Araştırma Geliştirme
ASES	American Solar Energy Society
a-Si	Amorf Silisyum
bcm	Milyar Metreküp
BK	Birleşik Krallık
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş
CAT	Climate Action Tracker
CdTe	Kadmiyum Tellür
CIGS	Bakır İndiyum Galyum Selenid
CO2	Karbondiyoksit
COP	BM İklim Değişikliği Taraflar Konferansı
Covid-19	Covid-19 Pandemisi
c-Si	Kristal Silisyum
DC	Doğru Akım
DV	Dengeleyici Vergiler
EA	Elektrikli Araç



Kısaltmalar (2/4)

Tanım	Açıklama
Ü	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
ESG	Çevresel, Sosyal ve Yönetişimsel
ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
EUA	European Union Allowance
EUR	Euro
FAVÖK	Faiz, Amortisman ve Vergi Öncesi Kâr
FV	Fotovoltaik
GaAs	Galyum Arsenür
GAZBİR	Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GHG	Sera Gazı
GSMH	Gayrisafi Milli Hasıla
GTİP	Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu
GW	Gigawatt
HIT	Silisyum Heteroeklem
HTSYH	Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IMF	Uluslararası Para Fonu
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
İPM	İstanbul Politikalar Merkezi
IRA	Enflasyonu Azaltma Yasası
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
ITC	ABD Yatırım Vergi Teşviği
KDV	Katma Değer Vergisi



Kısaltmalar (3/4)

Tanım	Açıklama
kW	Kilowatts
kWs	Kilowatt-saat
LCOE	Levelized Cost of Electricity
LFP	Lityum Demir Fosfat Pil
LNG	Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
mb/d	Gün Başına Milyon Varil
Mtce	Kömür Eşdeğeri Milyon Ton
MtCO ₂ e	Karbondiyoksit Eşdeğeri Metrik Ton
MW	Megawatt
MWe	Megawatt Elektrik
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NZE	Net Sıfır Emisyon Senaryosu
ODMD	Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği
ODTÜ-GÜNAM	ODTÜ Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi
OVP	Orta Vadeli Program
PERC	Pasifleştirilmiş Yayıcı Arka Kontak
PTC	ABD Üretim Vergi Teşviği
PTF	Piyasa Takas Fiyatı
PwC	PricewaterhouseCoopers
RES	Rüzgar Enerjisi Santrali
SEIA	Solar Energy Industries Association
SKDM	Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması
STEPS	Güncel Durum Politikaları Senaryosu
TANAP	Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TOPcon	Tünelleme Oksiti Pasifleştirmesi



Kısaltmalar (4/4)

Tanım	Açıklama
TÜFE	Tüketici Fiyat Endeksi
TÜREB	Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TW	Terawatt
TWs	Terawatt-saat
UEP	Ulusal Enerji Planı
ÜFE	Üretici Fiyat Endeksi
UKB	Ulusal Katkı Beyanı
UL	Underwriters Laboratories
W	Watt
WEO	Dünya Enerji Görünümü
YBBO	Yıllık Bileşik Büyüme Oranı
YE	Yenilenebilir Enerji
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YEK-G	Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
YÜKT	Yerli Üretim Karşılığı Tahsis



Kaynakça (1/3)

Kaynak

American Solar Energy Society Websitesi

Avrupa Birliği, AB SKDM Bilgi Sayfası

Avrupa Komisyonu Websitesi

Bloomberg Veri Tabanı

BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) Websitesi

Climate Action Tracker Websitesi

COP28 Websitesi

EPDK (2022), Yıllık Elektrik Piyasası Gelişim Raporu

EPDK (Şubat 2024), Elektrik Piyasası Lisans Veri Tabanı

EPDK (Şubat 2024), Elektrik Piyasası Önlisans Veri Tabanı

EPDK (Şubat 2024), Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Veri Tabanı

EPDK, Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporları (Aralık 2022 - Kasım 2023)

EPDK, Karbon Piyasasının İşletilmesine İlişkin Yönetmelik

EPDK, Yıllık Nihai YEK Listeleri (2013-2023)

EPIAŞ Şeffaflık Platformu Veri Tabanı

Gas Infrastructure Europe (2023), Aggregated Gas Storage Inventory Veri Tabanı

IEA (2021), Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector

IEA (2022), CO2 Emissions in 2022

IEA (2023), Global EV Data Explorer

IEA (2023), Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5C Goal in Reach

IEA (2023), Renewables 2023 & Renewable Energy Progress Tracker Veri Tabanı

IEA (2023), The Imperative of Cutting Methane from Fossil Fuels

IEA (2023), World Energy Outlook

IEA-PVPS (2023), Trends in Photovoltaic Applications

IMF World Economic Outlook (2022)

IPCC (2022), Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change



Kaynakça (2/3)

Kaynak

IRENA (2023), Renewable Power Generation Costs in 2022

IRENA (2023), World Energy Transitions Outlook

IRENA, COP28, GRA (2023), Tripling Renewable Power and Doubling Energy Efficiency by 2030: Crucial Steps Towards 1.5C

Kamuyu Aydınlatma Platformu (KAP)

NREL (2023), Spring 2023 Solar Industry Update

NREL (2024), Best Research Cell Efficiencies

NREL (2024), Champion Module Efficiencies

ODMD, Türkiye Otomotiv Pazarı Aylık Raporları

ODTÜ GÜNAM Websitesi

S&P Capital IQ Veri Tabanı

Sabancı Üniversitesi, İstanbul Politikalar Merkezi (2023), Türkiye'nin Karbonsuzlaşma Yol Haritası

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (2023), Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü İçin Yol Haritası

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (2023), Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (2023), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Piyasasına Etkisi - 2022 Analizi

Solar Energy Industries Association Websitesi

Solargis Websitesi

SolarPower Europe Websitesi

TEİAŞ Yük Tevzi Bilgi Sistemi Veri Tabanı

Trade Map Veri Tabanı

TÜİK Dış Ticaret Veri Tabanı

Türkiye Büyük Millet Meclisi

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Websitesi

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023), On İkinci Kalkınma Planı

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023), Orta Vadeli Program

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022), Türkiye Ulusal Enerji Planı

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2023), Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası



Kaynakça (3/3)

Kaynak

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Websitesi

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, YEKA Modeli ve Uygulamaları

Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi

Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Türkiye İçin Elektrikli Araç Şarj Altyapısı

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı (2021), Yeşil Mutabakat Eylem Planı

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, AB SKDM Bilgi Sayfası

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Websitesi

US Department of Commerce

US Department of Energy, Solar Energy Technologies Office

VDMA (2023), International Technology Roadmap for Photovoltaic - Results 2022

World Bank - Global Solar Atlas Websites

World Bank Veri Tabanı

Bu kaynakların yanı sıra, aşağıda belirtilen şirketlerin websiteleri ve/veya halka açık olanları için 2021-2022 dönemlerine ait faaliyet raporları, finansal raporları, yatırımcı sunumları ve sürdürülebilirlik raporları, raporun ilgili bölümlerinde kullanılmıştır.

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Alfa Solar Enerji A.Ş. • Canadian Solar Inc. • Cecep Solar Energy Co., Ltd. • CW Enerji Mühendislik Tic. ve San. A.Ş. • Daxler Enerji A.Ş. • Elin A.Ş • First Solar, Inc. • GCL Technology Holdings Ltd. • Hanwha Solutions Corporation • Hoyuan Green Energy Co., Ltd. • HSA Enerji A.Ş. • JA Solar Technology Co., Ltd. | <ul style="list-style-type: none"> • JinkoSolar Holding Co., Ltd. • Jolywood Solar Technology Co., Ltd. • Kalyon Güneş Teknolojileri Üretim A.Ş. • LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. • Risen Energy Co., Ltd. • Schmid Pekintaş Güneş Enerji Sistemleri San. ve Tic. A.Ş. • Shanghai Aiko Solar Energy Co., Ltd. • Smart Güneş Enerjisi Teknolojileri Ar-Ge Üretim San. ve Tic. A.Ş. • Sunrun, Inc. • TCL Zhongguan Renewable Energy Technology Co. Ltd. • Tongwei Solar (Hefei) Co., Ltd. • Trina Solar Co., Ltd. |
|--|--|



İletişim

Serkan Aslan

PwC Türkiye
Ortak
Danışmanlık Hizmetleri
+90 (530) 461 1165
serkan.aslan@pwc.com

Engin İyikul

PwC Türkiye
Ortak
Danışmanlık Hizmetleri
+90 (538) 275 4413
engin.iyikul@pwc.com

pwc.com.tr

© 2024 PwC Türkiye. Tüm hakları saklıdır.

Bu belgede PwC ifadesi, PwC ağını veya PwC ağının üyesi olan bağımsız ve farklı tüzel kişiliklerden oluşan PwC Türkiye'yi ifade etmektedir. Daha detaylı bilgi için www.pwc.com/structure adresini ziyaret edebilirsiniz.

www.pwc.com.tr

Teşekkürler...

