

DÜNYA ENERJİ ÜRETİMİ ve CO₂?

Hazırlayan: Yüksel Atakan, ybatakan4@gmail.com , 26.05.2026 /YZ/

⚠ KÜRESEL UYARI: 2025 yılında salınan 37,2 Gt CO₂, Paris Anlaşması 1,5°C uyumlu bütçenin **yaklaşık 2 KATI** düzeyindedir. Mevcut politika senaryoları, iklim hedeflerinin 2100'e kadar tutturulmasını **olanaksız** kılmaktadır.

🌐 İKİ KRİTİK GERÇEK: Güneş panellerinin ve rüzgar türbinlerinin üretimi, kurulumu, bakımı ve geri dönüşümü **önemli miktarda enerji, su ve ham madde** tüketmektedir; ayrıca YE sistemleri değişken üretim nedeniyle yedek güç ve büyük ölçekli depolama gerektirmektedir. Buna karşın **nükleer enerji**; yüksek kapasite faktörü, az arazi kullanımı ve yaşam döngüsü boyunca son derece düşük CO₂ emisyonuyla iklim krizine **en büyük katkıyı sunabilecek teknoloji** olarak öne çıkmaktadır.

Veri Kaynakları: IEA World Energy Outlook 2025, Deng et al. Nature Rev. Earth Environ. 2026; IEA 2025; EI Statistical Review 2025; IRENA 2025

Hazırlayan :Yüksel Atakan ybatakan4@gmail.com, 26 Mayıs 2026 /YZ/

1. Özet

Küresel birincil enerji talebi 2025 yılında yaklaşık **175.000 TWh (630 EJ)** düzeyine ulaşmış; fosil yakıtlar toplam tüketimin **%78'ini** oluşturmaya devam etmiştir. Elektrik üretimi **32.500 TWh** ile rekor kırarken yenilenebilir enerji kurulu gücü ilk kez **5.100 GW** eşiğini aşmıştır (IRENA, 2025).



KRİTİK BULGU – İKLİM HEDEFLERİNDEN SAPMA: 2024 küresel CO₂ emisyonu **37,2 Gt** olarak gerçekleşmiştir. Bu değer, IPCC AR6'nın 1,5°C sıcaklık artış sınırını tutturmak için belirlediği 2030 hedefi olan **~20 Gt'un neredeyse iki katıdır**. 2015 Paris Anlaşması imzalandığında öngörülen emisyon düşüş hızının yalnızca **%18'i** gerçekleştirilebilmiştir. Mevcut politika taahhütleri sürdürülürse, yüzyıl sonu ısınması **2,6–3,1°C** bandında kalacaktır (IPCC AR6, IEA WEO 2024).

Yenilenebilir Enerjinin Gizli Maliyetleri ve Nükleer Enerjinin Stratejik Önemi:

Güneş paneli ve rüzgar türbini üretimi kamuoyunda genellikle "temiz" olarak algılansa da bu teknolojilerin **tüm yaşam döngüsü** göz önüne alındığında önemli çevre ve enerji eklemelerini ortaya çıkarmaktadır:

- **Üretim enerjisi:** Bir güneş panelinin üretilmesi, nakliyesi ve kurulumu için gereken enerji, tipik olarak 1,5–4 yıllık üretimle sağladığı kapasitesine eşdeğerdir (enerji geri ödeme süresi). Polisilikon saflaştırma ve cam/alüminyum çerçeve üretimi yoğun enerji tüketmektedir.
- **Su tüketimi:** Panel üretiminde (özellikle yarı iletken saflaştırma süreçlerinde) ve concentrating solar power (CSP) santrallerinde önemli miktarda su kullanılmaktadır; su kıtlığı olan bölgelerde bu ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Ayrıca tozlanmayla verimi düşen panelleri yılda 3 kez yıkamak gerekmektedir (Örneğin 3 milyon panelli bir Güneş çiftliğinde panelleri yıkamak için çok büyük miktarda su ve enerji gerekiyor)
- **Ham madde bağımlılığı:** Güneş panelleri için silikon, gümüş, indiyum; rüzgar türbinleri için nadir toprak elementleri (özellikle neodyum, disprosyum) ve bakır gerekmektedir. Bu madenlerin çıkarılması kendi başına çevresel baskı yaratmaktadır.
- **Değişken üretim sorunu:** Güneş ve rüzgar, güneş olmadığında ya da rüzgar esmediğinde üretim sıfıra düşmektedir. Bu değişkenliği dengelemek için büyük ölçekli batarya depolama, hidroelektrik rezerv ya da gaz santralleri ("spinning reserve") gerekmektedir; bu da ek enerji, maliyet ve kaynak tüketimi anlamına gelmektedir.
- **Geri dönüşüm zorluğu:** Ömrünü tamamlamış güneş panellerinin (25–30 yıl) geri dönüşümü henüz endüstriyel ölçekte çözüme kavuşturulamamıştır. 2050'ye kadar küresel panel atığının 78 milyon tona ulaşması beklenmekte; bu yeni bir çevre sorunu yaratmaktadır (IRENA, 2023).

Bu sorunların ışığında **nükleer enerji**, iklim krizine karşı savaşımında verilerle desteklenen bir stratejik çözüm sunmaktadır:

- **İklim dostu üretim:** Nükleer santrallerin yaşam döngüsü CO₂ yoğunluğu 4–16 gCO₂/kWh olup rüzgar (7–15) ve güneş (20–50) ile karşılaştırılabilir düzeydedir; kömürün (~850-950 gCO₂/kWh) binde onu kadardır.
- **Yüksek kapasite faktörü:** Nükleer santraller yılın %90–95'inde tam güçte çalışabilir; güneş panelleri %15–25, rüzgar türbinleri ise %25–35 kapasite faktörüne sahiptir. Aynı kurulu güç için nükleer çok daha fazla elektrik üretir.
- **Küçük arazi kullanımı:** 1 GW nükleer santral için gereken arazi yaklaşık 1–4 km²; eşdeğer güneş kapasitesi için 40–60 km², rüzgar için 400–600 km² alan gerekir.
- **Düşük kaynak tüketimi:** 1 kg uranyumdan yaklaşık 45.000 kWh elektrik üretilir; bu, 1 kg kömürden elde edilenin ~3 milyon katıdır. Yakıt hacmi son derece küçük, atık hacmi de buna orantılı olarak azdır.
- **Fransa örneği:** Elektriğinin %65'ini nükleerden karşılayan Fransa'nın kişi başı elektrik sektörü CO₂ emisyonu, AB ortalamasının dörtte biri düzeyindedir — bu, yenilenebilir+nükleer kombinasyonunun en güçlü gerçek dünya kanıtıdır.

Yenilenebilir Enerjinin Gizli Maliyetleri ve Nükleer Enerjinin Rolü:

Güneş paneli ve rüzgar türbini tabanlı sistemler kamuoyunda sıklıkla tümüyle temiz olarak algılanmaktadır. Ancak tüm yaşam döngüsü değerlendirildiğinde böyle olmadığı görülür.

Bu sorunların ışığında **nükleer enerji**, iklim krizine karşı verilerle güçlü biçimde desteklenen stratejik bir çözüm sunmaktadır:

- **Kararlı düşük karbon üretimi:** 4-16 gCO₂/kWh yaşam döngüsü emisyonuyla nükleer; rüzgar ve güneşle karşılaştırılabilir ama kömürün binde birinden az CO₂ üretmektedir.
- **Yüksek kapasite faktörü:** Nükleer santraller yılın yüzde 90-95'inde tam kapasitede çalışır; güneş yüzde 15-25, rüzgar ise yüzde 25-35 kapasite faktörüne sahiptir. Eşdeğer kurulu güç için nükleer çok daha fazla fiili elektrik üretir.
- **Küçük arazi izi:** 1 GW nükleer için 1-4 km² alan yeterli; eşdeğer güneş kapasitesi 40-60 km², rüzgar 400-600 km² arazi gerektirir.
- **Fransa kanıtı:** Elektriğinin yüzde 65'ini nükleerden karşılayan Fransa, kişi başı elektrik sektörü CO₂ emisyonunu AB ortalamasının dörtte birine indirmiştir.

Neden hedeflere ulaşmak giderek zorlaşıyor?

- **Enerji talebi büyümesi:** Gelişmekte olan Asya ekonomilerinde (Hindistan, Endonezya, Vietnam) enerji talebi yenilenebilir kapasiteden daha hızlı artmakta, açık fosil yakıtlarla kapatılmaktadır.
- **Fosil yakıt finansmanı:** 2022–2023 enerji krizi sonrasında pek çok hükümet yeni doğal gaz altyapısına yatırım yapmış; bu durum uzun vadeli kilitlenme (lock-in) riski yaratmıştır.
- **Karbon bütçesi tükeniyor:** 1,5°C için kalan karbon bütçesi ~200 Gt CO₂; mevcut emisyon hızıyla bu bütçe 6 yıldan kısa sürede dolacaktır.
- **Politika uygulama açığı:** NDC taahhütleri tam olarak hayata geçirilse bile 2100'de ~2,5°C ısınma beklenmektedir – hedefin çok üstünde.

Diğer temel bulgular:

- Güneş enerjisi kurulu gücü 2015–2025 arasında ~%1.400 artarak 2.760 GW'a ulaştı.
- Çin tek başına küresel CO₂ emisyonlarının %33,7'sini oluşturmaktadır.
- Elektrikli araç satışları 2025'te 20 milyonu aştı; ulaşım sektörü emisyonlarını yavaşlattı.
- Konut ve sanayi ısıtması, küresel emisyonların %6,1'ini doğrudan oluşturmaktadır.

2. Enerji Kavramları ve Birim Tanımları

Enerji istatistiklerini doğru yorumlayabilmek için **birincil enerji**, **nihai enerji** ve diğer temel kavramlar arasındaki farkı anlamak kritik önem taşımaktadır. Bu bölümde raporun tamamında kullanılan kavramlar ve birimler açıklanmaktadır.

Kavram	Tanım	Örnekler / Kapsam
Birincil Enerji (Primary Energy)	Doğadan çıkarılan veya toplanan, henüz herhangi bir dönüşüm sürecine girmemiş ham enerji miktarıdır. Uluslararası enerji istatistiklerinin temel göstergesidir.	Ham petrol, doğal gaz, kömür, nükleer yakıt (uranyum), hidroelektrik potansiyeli, güneş ışınımı, rüzgar kinetik enerjisi, odun/biyokütle

Kavram	Tanım	Örnekler / Kapsam
Nihai Enerji (Final Energy)	Birincil enerji dönüştürüldükten (santral, rafineri vb.) sonra tüketiciye ulaşan enerjinin miktarıdır. Kayıplar düşüldükten sonraki değerdir.	Elektrik, benzin/motorin, fuel-oil, doğal gaz (konut), ısıtma ağı (district heating)
Elektrik Enerjisi (Electrical Energy)	Birincil kaynaklardan santraller aracılığıyla üretilen ve şebekede taşınan enerji biçimidir. Nihai enerjinin alt kümesidir; dönüşüm kayıpları genellikle %35–65 arasındadır.	Termal santral çıkışı, rüzgar türbini üretimi, fotovoltaik panel çıkışı, hidroelektrik üretimi
Isıl Enerji (Thermal Energy)	Isıtma, soğutma ve endüstriyel süreçlerde kullanılan, doğrudan fosil yakıt veya yenilenebilir kaynaktan elde edilen enerji formudur.	Doğal gaz kazanı, kömür sobası, güneş kolektörü, bölgesel ısıtma sistemi, endüstriyel fırın
Mekanik Enerji (Kinetic/Mechanical)	Ulaşım ve sanayi makineleri tarafından kullanılan, içten yanmalı motorlar veya elektrik motorları aracılığıyla sağlanan enerji formudur.	Otomobil motoru, gemi pervanesi, uçak türbini, fabrika makineleri, elektrikli araç motoru
TWh (Terawatt-saat)	1 TWh = 10^{12} Wh = 1 milyar kWh. Büyük ölçekli enerji üretimi ve tüketimini ifade etmek için kullanılan standart birimdir. 1 EJ $\approx$ 277,78 TWh.	Bir ülkenin yıllık elektrik tüketimi, santral yıllık üretimi, sektörel enerji tüketimi
EJ (Exajoule)	1 EJ = 10^{18} Joule. IEA ve BP raporlarında birincil enerji tüketimini ifade etmek için yaygın kullanılan birimdir. Bu raporda TWh karşılığı verilmiştir.	Küresel birincil enerji tüketimi $\sim$ 630 EJ = $\sim$ 175.000 TWh (2025)

Tablo 0: Enerji Kavramları ve Birim Tanımları | Kaynak: IEA Energy Statistics Manual (2023)

Not: Bu raporda **birincil enerji değerleri TWh cinsinden** verilmektedir (1 EJ = 277,78 TWh). Küresel toplam birincil enerji tüketimi 2024 yılında yaklaşık **175.000 TWh (630 EJ)** olarak gerçekleşmiştir. Elektrik üretimi bu toplamın yalnızca bir alt kümesi olup dönüşüm kayıpları nedeniyle birincil enerjinin yaklaşık %38'ine karşılık gelmektedir.

3. En Büyük 20 Ülkenin Enerji ve CO₂ Katkıları

Aşağıdaki tablo, küresel CO₂ emisyonlarının ve enerji tüketiminin en yüksek olduğu 20 ülkeyi özetlemektedir. Bu ülkeler birlikte küresel emisyonların yaklaşık **%78'ini** üstlenmektedir. Birincil enerji sütunu **TWh/yıl** cinsindedir (EJ $\rightarrow$ TWh çevirisi: $\times 277,78$).

Ülke	Nüfus (milyon)	GSYİH (tn \$)	Toplam CO ₂ (Mt)	Kişi Başı CO ₂ (t)	Birincil Enerji (TWh/yıl)	Elektrik Üretim (TWh)	Yenilenebilir Pay (%)	Nükleer Pay (%)	Ülke Payı CO ₂ (%)
Çin	1.412	17,7	12.600	8,9	43.780	8.848	30	5	33,7
ABD	337	25,5	4.960	14,7	26.420	4.390	22	19	13,3
Hindistan	1.430	3,5	2.830	2,0	10.110	1.875	22	3	7,6
Rusya	145	2,2	1.840	12,7	8.610	1.124	22	20	4,9
Japonya	125	4,2	1.060	8,5	5.030	1.035	23	9	2,8
G. Kore	51	1,7	630	12,4	3.060	598	10	28	1,7
Almanya	84	4,1	670	8,0	3.610	515	59	2	1,8
İran	87	0,4	720	8,3	3.330	370	11	2	1,9

Ülke	Nüfus (milyon)	GSYİH (tn \$)	Toplam CO ₂ (Mt)	Kişi Başı CO ₂ (t)	Birincil Enerji (TWh/yıl)	Elektrik Üretim (TWh)	Yenilenebilir Pay (%)	Nükleer Pay (%)	Ülke Payı CO ₂ (%)
Kanada	38	2,1	550	14,5	3.330	650	67	15	1,5
S. Arabistan	36	1,1	730	20,3	3.330	380	3	0	2,0
Brezilya	215	1,9	420	2,0	3.530	650	88	2	1,1
Endonezya	278	1,3	670	2,4	2.500	318	15	0	1,8
Meksika	130	1,3	390	3,0	2.000	345	26	4	1,0
Avustralya	26	1,7	390	15,0	1.670	265	35	0	1,0
G. Afrika	61	0,4	480	7,9	1.810	220	7	5	1,3
Türkiye	85	1,1	440	5,2	2.450	330	44	0	1,2
İngiltere	68	3,1	350	5,1	2.110	310	42	15	0,9
Fransa	68	2,9	310	4,6	2.700	450	27	65	0,8
İtalya	60	2,1	290	4,8	1.670	290	42	0	0,8
Polonya	38	0,7	310	8,2	1.250	175	16	0	0,8
TOPLAM (20 Ülke)	7.300	–	29.390	–	132.300	23.338	–	–	~78,4

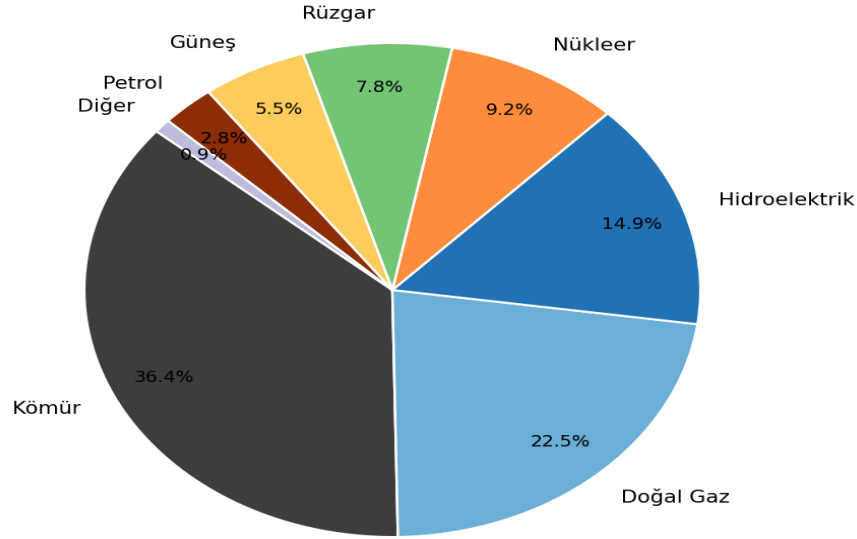
Tablo 1: Küresel En Büyük 20 Ülkenin Enerji ve CO₂ Göstergeleri (2025) | Kaynak: IEA, BP, Global Carbon Project

Çin, 43.780 TWh birincil enerji tüketimiyle küresel tüketimin ~%26'sını tek başına karşılamakta; aynı zamanda 2.309 GW'lık güneş kurulu gücünün büyük bölümüne ev sahipliği yapmaktadır. **Fransa**, %65 nükleer pay sayesinde kişi başı CO₂ değerini G7 ortalamasının oldukça altında tutmaktadır. **Brezilya**, %88 yenilenebilir pay ile tablodaki en yeşil elektrik karmasına sahipken **S. Arabistan** kişi başı 20,3 t ile en yüksek değere sahiptir.

4. Küresel Elektrik Üretimi

2025 yılında küresel elektrik üretimi **32.500 TWh** ile tarihi rekor kırmıştır. Yenilenebilir kaynakların payı ilk kez **%30'u aştı**; ancak fosil yakıtlar hâlâ %61,7 ile baskın konumdadır.

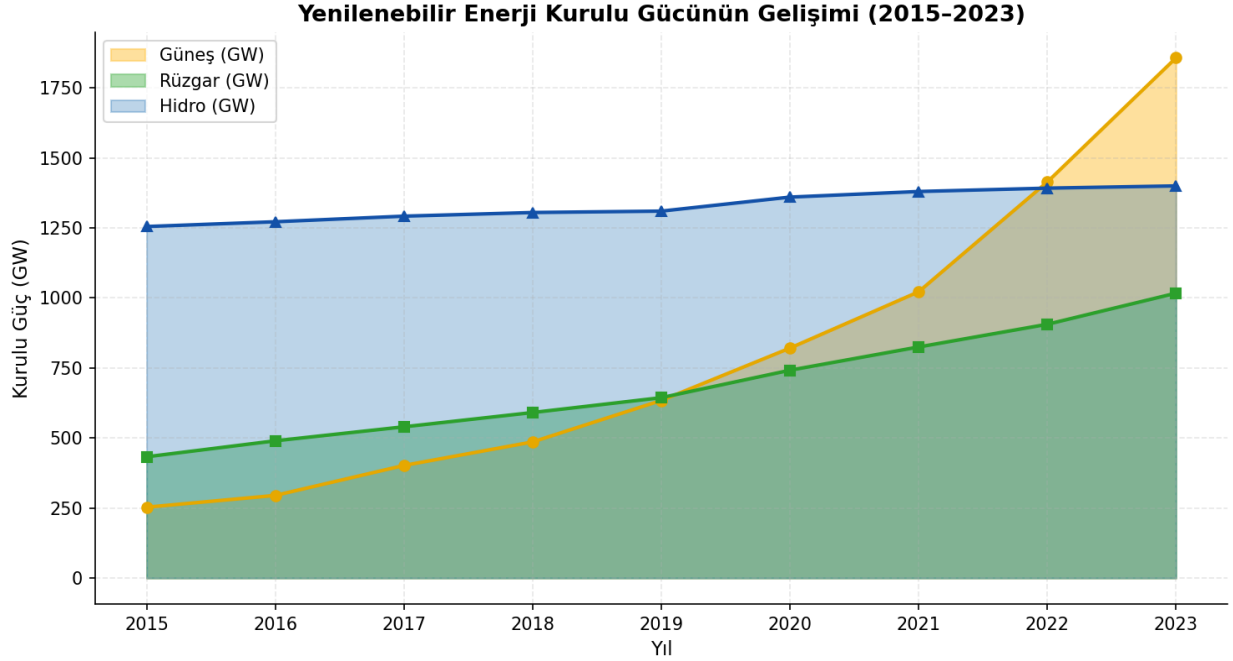
Küresel Elektrik Üretimi - Kaynak Bazında (2023)
(Toplam: ~29.900 TWh)



Şekil 1: Küresel Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Dağılımı (2025) | Kaynak: IEA, Carbon Monitor (2026)

Kaynak	Üretim (TWh)	Küresel Pay (%)	Kurulu Güç (GW)	CO ₂ Yoğunluğu (gCO ₂ /kWh)	Trend 2015→2025
FOSİL YAKITLAR – Ara Toplam	18.442	61,7	4.180	~730 ort.	
Kömür	10.613	36,4	2.100	820–1.050	↓ -8%
Doğal Gaz	6.723	22,5	1.800	350–490	↑ +12%
Petrol & Diğer	837	2,8	~280	500–650	↓ -15%
YENİLENEBİLİR ENERJİLER – Ara Toplam	9.184	30,7	4.460	~8 ort.	
Hidroelektrik	4.456	14,9	1.400	4–11	↑ +12%
Rüzgar	2.331	7,8	1.017	7–15	↑ +135%
Güneş (PV)	2.650	5,5	1.857	20–50	↑ +634%
Biyokütle	640	2,1	170	100–230	↑ +25%
Jeotermal	112	0,4	16	15–55	↑ +10%
NÜKLEER – Ara Toplam	2.747	9,2	395	~10 ort.	
Nükleer	2.747	9,2	395	4–16	→ Stabil
GENEL TOPLAM	29.900	~100	9.035	Ort: ~481	

Tablo 2: Kaynak Grupları ve Ara Toplamlarıyla Elektrik Üretimi (2025) | Kaynak: IEA, IRENA (2024)



Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücünün Gelişimi 2015–2025 (GW) | Kaynak: IRENA (2024)

4.1 Kömür

Kömür 10.500 TWh ile en büyük tek kaynak olmayı sürdürmekte; Asya'da büyüme devam ederken Avrupa ve ABD'de hızlı düşüş yaşanmaktadır. Kömür santralleri 820–1.050 gCO₂/kWh ile en kirli üretim teknolojisidir.

4.2 Doğal Gaz

7.000 TWh ile ikinci en büyük kaynak olan doğal gaz, kömüre kıyasla %40–50 daha az CO₂ üretmekte; bu nedenle "geçiş yakıtı" olarak değerlendirilmektedir. Ancak metan kaçakları (upstream) eklendiğinde iklim etkisi önemli ölçüde artmaktadır.

4.3 Yenilenebilir Enerjiler

Güneş PV 2025'te 2.760 GW kurulu güce ulaştı (2015'e kıyasla +%634). Rüzgar 1.250 GW ile takip ederken hidro 1.400 GW kapasitesiyle en köklü yenilenebilir kaynak olmayı korumaktadır. Yenilenebilir toplam üretim 9.184 TWh ile küresel elektriğin %30,7'sine ulaşmıştır.

4.4 Nükleer Enerji – İklim Krizinin Göz Ardı Edilen Çözümü

2.950 TWh ile küresel elektriğin %9,2'sini karşılayan nükleer enerji; gece/gündüz ve mevsim farkı gözetmeksizin **%90–95 kapasite faktörüyle** çalışarak yenilenebilir kaynakların değişkenliğini dengeleyen tek düşük karbonlu baseload kaynağıdır. Yaşam döngüsü CO₂ yoğunluğu **4–16 gCO₂/kWh** ile rüzgar (7–15) ve güneş (20–50) ile kıyaslanabilir; kömürün yüzde biri bile değildir (NEA/IAEA, 2024).

Yenilenebilir enerjinin gözden kaçan yükleri: Milyonlarca güneş paneli ve rüzgar türbininin üretimi, montajı, bakımı ve geri dönüşümü ciddi enerji, su ve ham madde girdisi gerektirmektedir. Polisilikon saflaştırma, gümüş ve nadir toprak elementi madenciliği, panel cam/alüminyum çerçeve üretimi — tüm bu süreçler kendi karbon ve çevre izini yaratmaktadır.

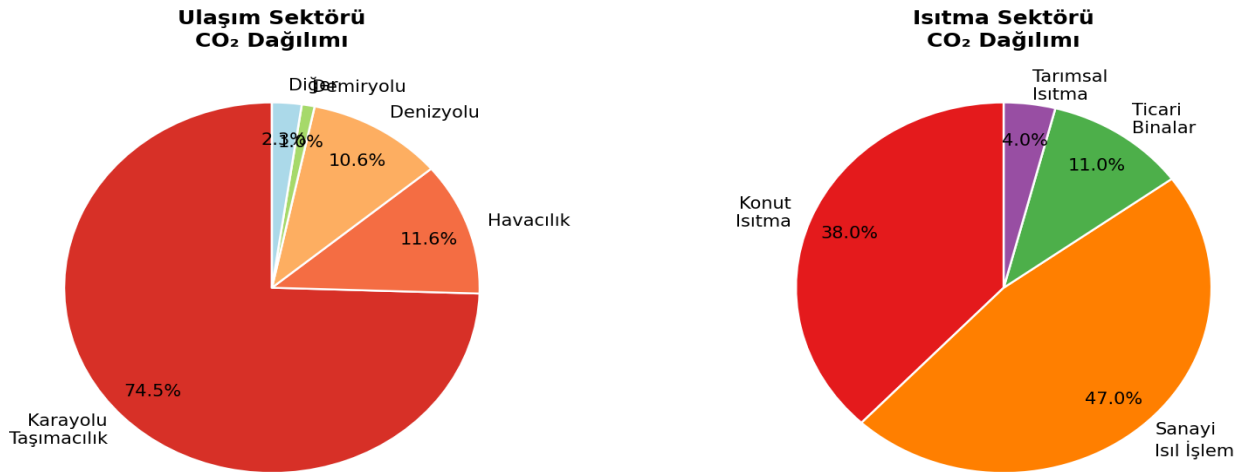
Öte yandan değişken üretim (intermittency) sorunu büyük ölçekli batarya depolama ya da gaz santralleri gerektirerek sisteme ek maliyet ve emisyon yüklemektedir. 2050'ye kadar devre dışı kalacak panellerin oluşturacağı **~78 milyon ton atık**, henüz çözüme kavuşturulmamış bir geri dönüşüm sorunu olarak gündemde beklemektedir (IRENA, 2023).

Nükleer için yeni nesil fırsatlar: Küçük Modüler Reaktörler (SMR), 50–500 MW aralığında fabrikalarda üretilen, daha kısa inşaat sürelili ve daha düşük yatırım maliyetli tasarımlarla 2030'lar itibarıyla devreye girmeye başlayacaktır. Çin (26 reaktör inşaatta), Hindistan ve Fransa bu teknolojiye büyük stratejik yatırımlar yapmaktadır. ABD'de ise ömür uzatma programları mevcut nükleer filosunu 2050'ye kadar aktif tutmayı hedeflemektedir.

5. Ulaşım Sektörü

Ulaşım sektörü **6,1 Gt CO₂** ile küresel emisyonların %16,2'sini oluşturmaktadır. Hava yolculuğunun pandemi öncesi seviyelere dönmesine rağmen EV geçişi büyümeyi frenlemiştir.

Ulaşım ve Isıtma Sektörleri Emisyon Dağılımı (2023)



Şekil 3: Ulaşım ve Isıtma Sektörleri Emisyon Dağılımı (2025) | Kaynak: IEA, IPCC AR6

5.1 Karayolu Taşımacılığı

4,5 Gt CO₂ ile karayolu, ulaşım emisyonlarının %74'ünü oluşturmaktadır. 2024'te 20 milyon EV satışı gerçekleşmiş; Çin bu pazarın %60'ını kontrol etmektedir. 2035 itibarıyla AB, İngiltere ve birçok ülkede ICE araç satışı yasaklanacaktır.

5.2 Havacılık ve Denizyolu

Havacılık 0,7 Gt, denizyolu 0,6 Gt CO₂ üretmektedir. Sürdürülebilir havacılık yakıtları (SAF) ve amonyak/hidrojen yakıtlı gemiler 2030 sonrasında devreye girmeye başlayacaktır.

6. Isıtma: Konut ve Sanayi

Bina ısıtması **2,3 Gt CO₂**, sanayi ısıtma işlemleri ise ek **~3,5 Gt CO₂** üretmektedir. İklim koşulları, bölgesel yakıt karması ve bina yalıtımı kalitesi bölgeden bölgeye büyük farklar doğurmaktadır.

6.1 Konut Isıtması

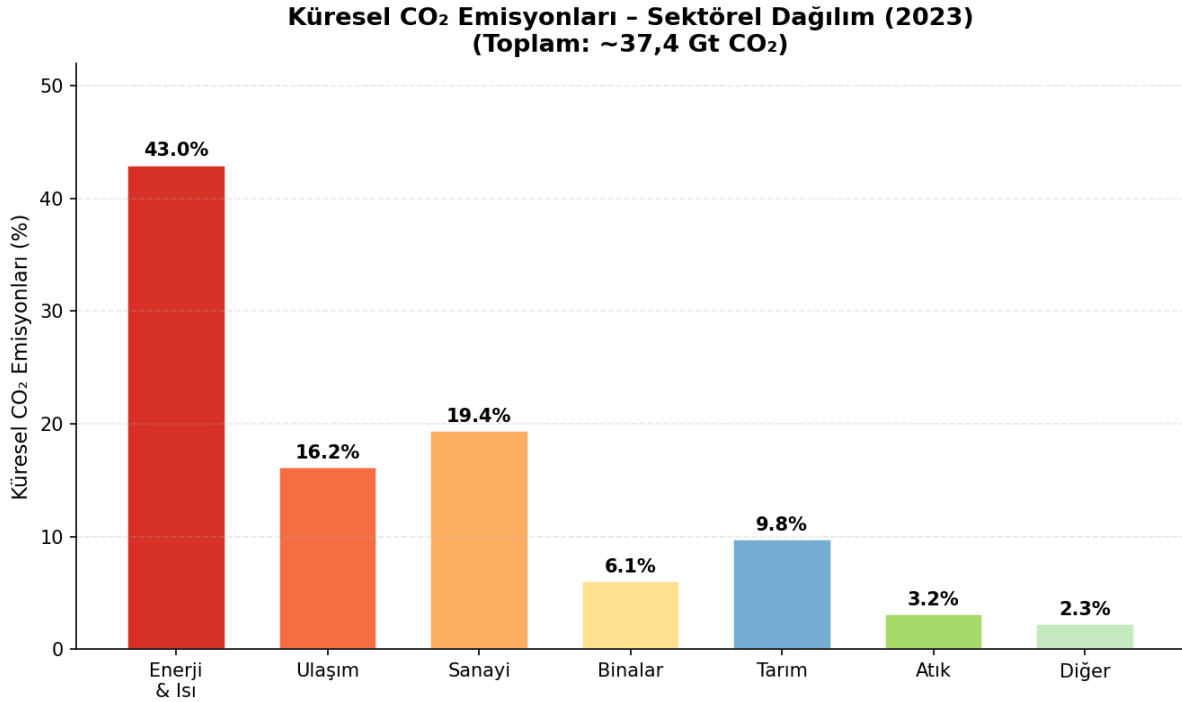
Küresel konut ısıtma enerjisi tüketimi ~120 EJ (33.330 TWh) olup dağılımı şöyledir: doğal gaz %42, kömür %10, petrol ürünleri %7, elektrik %23, biyokütle %18. Isı pompaları 2024'te **210 milyon üniteyi** aşmış; verimlilik yönetmeliklerinin etkisiyle konut sektörü emisyonları 3 yıl üst üste gerilemiştir.

6.2 Sanayi Isıl İşlemleri

Çimento, çelik, cam ve kimya sektörleri >400°C süreçler gerektirdiğinden doğrudan elektrikleştirmesi en güç sektörler arasındadır. Yeşil hidrojen ve karbon yakalama (CCS) bu sektörde **tek gerçekçi çözüm yolu** olarak öne çıkmaktadır.

7. Küresel CO₂ Emisyonları – Sektörel Analiz

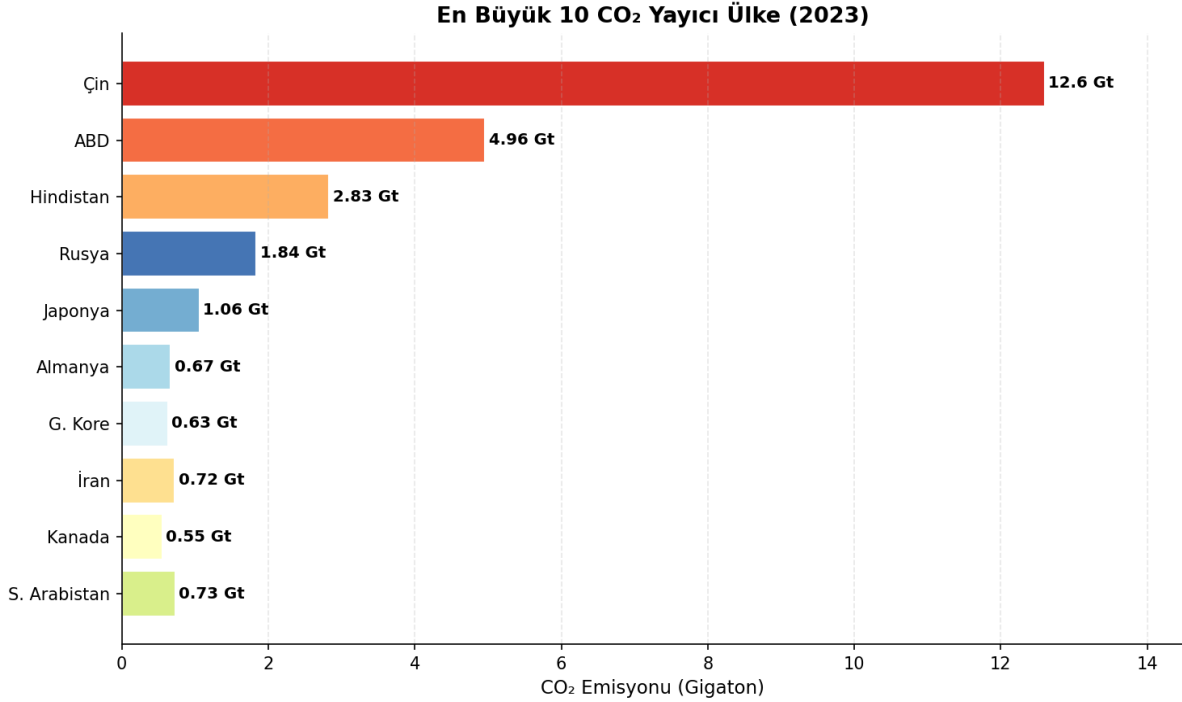
2025 yılında küresel enerji kaynaklı CO₂ emisyonları **37,2 Gte** ulaşmış; bu değer 1990 seviyesinin iki katını ve Paris Anlaşması 1,5°C uyumlu 2030 hedefinin neredeyse iki katını aşmaktadır.



Şekil 4: Küresel CO₂ Emisyonlarının Sektörel Dağılımı (2025) | Kaynak: IEA, Carbon Monitor (2026)

Sektör	CO ₂ (Gt)	Küresel Pay (%)	2015→2025 Değişim	Başlıca Kaynaklar / Notlar
ELEKTRİK & ISI ÜRETİMİ – Alt Toplam	16,1	43,0	+8%	Santral yakıt yakımı
<i>Kömür santralleri</i>	9,2	24,6	+5%	Asya odaklı büyüme sürüyor
<i>Doğal gaz santralleri</i>	4,6	12,3	+12%	Kömür alternatifi ama hâlâ fosil
<i>Petrol santralleri</i>	2,3	6,1	-2%	Çoğunlukla ada/gelişmekte olan ülkeler
SANAYİ (Proses + Enerji) – Alt Toplam	7,3	19,4	+10%	Çimento, çelik, kimya
<i>Çimento & inşaat</i>	2,6	6,9	+8%	Prosesle bağlı CO ₂ kaçınılmazı zor
<i>Demir & çelik</i>	2,0	5,3	+6%	Yüksek fırın dominasyonu sürüyor
<i>Kimya & petrokimya</i>	1,4	3,7	+15%	Plastik ve gübre talebi artıyor
<i>Diğer sanayi</i>	1,3	3,5	+12%	Cam, kağıt, alüminyum vb.
ULAŞIM – Alt Toplam	6,1	16,2	+1%	Karayolu %74, hava %12, deniz %10
<i>Kara taşıtları (ICE)</i>	4,5	12,0	+3%	EV geçişiyle yavaşlayan artış
<i>Havacılık</i>	0,7	1,9	-25%	COVID sonrası toparlanıyor
<i>Denizyolu</i>	0,6	1,6	+3%	Küresel ticaret hacmine bağlı
<i>Demiryolu & diğer</i>	0,3	0,7	-5%	Elektrifikasyon etkisi
BİNALAR & ISINMA – Alt Toplam	2,3	6,1	-3%	Konut+ticari; ısı pompası katkısı
<i>Konut ısıtma & sıcak su</i>	1,3	3,5	-4%	Doğalgaz & fuel-oil ağırlıklı
<i>Ticari binalar</i>	0,6	1,6	-3%	Ofis, okul, hastane
<i>Pişirme & diğer konut</i>	0,4	1,0	+1%	LPG kullanımı gelişmekte olan ülkelerde
TARIM & ATIK – Alt Toplam	4,9	13,0	+1%	Metan ağırlıklı; CO₂-eşd. dahil
<i>Hayvancılık (CH₄)</i>	2,1	5,6	+2%	Sığır ve koyun sindirim metan emisyonu
<i>Tarım arazisi</i>	1,1	2,9	+1%	Gübre, arazi kullanım değişimi
<i>Katı atık & atık su</i>	0,9	2,4	0%	Düzenli depolama, biyogaz fırsatı
<i>Ormansızlaşma</i>	0,8	2,1	+3%	Özellikle Amazon ve Güneydoğu Asya
KÜRESEL TOPLAM	37,2	~100	+5%	Paris Anlaşması 1,5°C hedefinin ~2 KATI

Tablo 3: Sektörel CO₂ Emisyonları – Alt Toplamlarla (2025) | Kaynak: IEA, Global Carbon Project 2024, IPCC AR6



Şekil 5: En Büyük 10 CO₂ Yayıcı Ülke (2025, Gt) | Kaynak: Deng et al., Nat. Rev. Earth Environ. (2026)

8. Sonuç ve Politika Önerileri

TEMEL SONUÇ – İKLİM HEDEFLERİ NEDEN TUTTURULMUYOR VE NEDEN TUTTURMAK GİDEREK ZORLAŞIYOR?

Paris Anlaşması (2015) ile dünya liderleri küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlamayı taahhüt etmiştir. Bu hedefe ulaşmak için küresel CO₂ emisyonlarının 2030'a kadar 2019 düzeyinin **%43 altına** düşmesi, yani yaklaşık **~20 Gt seviyesine gerilemesi** gerekmektedir. Ancak 2025 emisyonu **37,2 Gt ile bu hedefin neredeyse 2 katıdır**.

Mevcut politika trendleri sürdürülürse 2100'de beklenen ısınma **2,6–3,1°C** bandında seyredecek; bu, kıyı taşkınları, aşırı kuraklıklar ve 1 milyarı aşkın insanın yaşam alanı kaybını beraberinde getirecektir (IPCC AR6, 2023).

Küresel enerji sistemi derin bir çelişki içindedir: yenilenebilir enerji kapasitesi rekor kırarken fosil yakıt tüketimi de aynı anda tarihinin en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Bunun temel nedenleri şöyle sıralanabilir:

- **Enerji adaleti çelişkisi:** 3 milyardan fazla insan hâlâ güvenilir elektriğe erişememekte; bu ülkeler büyürken zorunlu olarak fosil yakıt kullanmaktadır.
- **Yatırım hızı yetersizliği:** IEA'ya göre net sıfır için 2030'a kadar yıllık 4,5 trilyon \$ yatırım gerekli; şu an yapılan yalnızca 2,0 trilyon \$'dır.
- **Politik irade eksikliği:** NDC (Ulusal Belirlenmiş Katkı) taahhütlerinin tam uygulanma oranı %30'un altında kalmaktadır.

- **Yapısal kilitlenme:** Fosil yakıt altyapısının ekonomik ömrü 30–50 yıl; bugün inşa edilen bir kömür santrali 2070'lere kadar çalışacaktır.
- **Metan kaçakları:** Doğal gaz zincirinin üretim/taşıma aşamasındaki metan sızıntıları, resmi emisyon rakamlarını önemli ölçüde düşük göstermektedir.

Kritik eylem alanları:

- **Elektrik:** Kömür devreden çıkarma hızlanmalı; yenilenebilir yatırımlar yıllık üç katına çıkmalı; enerji depolama altyapısı güçlendirilmelidir. Güneş ve rüzgar yatırımlarında yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) zorunlu hale getirilmeli, panel ve türbin geri dönüşüm altyapısı şimdiden kurulmalıdır.
- **Nükleer:** Mevcut reaktör filolarının ömrü güvenli biçimde uzatılmalı; yeni nesil küçük modüler reaktörler (SMR) ve ileri reaktör tasarımları (Gen IV) için Ar-Ge finansmanı artırılmalı; nükleer enerjinin "düşük karbon" statüsü tüm iklim politika çerçevelerinde kabul edilmelidir. Fransa ve Japonya deneyimi, nükleer+YE kombinasyonunun en hızlı dekarbonizasyon yolunu sunduğunu göstermektedir.
- **Ulaşım:** 2035'e kadar yeni ICE araç satışına son verilmeli; küresel şarj ağı genişletilmeli; havacılık/denizyolu için SAF ve yeşil amonyak zorunlu kılınmalıdır.
- **Isıtma:** Bina enerji verimliliği standartları güçlendirilmeli; ısı pompaları teşvik edilmeli; bölgesel ısıtma (district heating) yaygınlaştırılmalıdır.
- **Sanayi:** Yeşil hidrojen ve CCS için bütçe önceliklendirilmeli; karbon fiyatlandırması küresel ölçekte hayata geçirilmelidir.
- **Finansman & Adalet:** Yıllık 100 Milyar \$ iklim finansmanı taahhüdü karşılanmalı; Kayıp & Hasar Fonu (Loss & Damage) operasyonel hale getirilmelidir.

Bu rapor, aşağıda listelenen kaynakların 2024 baskıları esas alınarak hazırlanmıştır. Tüm sayısal veriler yayım tarihindeki en güncel tahminleri yansıtmaktadır. Öneriler, yazarın önerileri olmayıp, ilgili kaynakların önerileridir.

9. Kaynaklar /YZ/

-
- [1] Deng, Z., Zhu, B., Davis, S.J., Ciais, P. & Liu, Z. (2026). Global carbon emissions and decarbonization in 2025. *Nature Reviews Earth & Environment*, 7, 274–276. <https://doi.org/10.1038/s43017-026-00780-4>
 - [2] Energy Institute. (2025). *Statistical Review of World Energy 2025* (74. Baskı). Londra: BP p.l.c.
 - [3] Global Carbon Project. (2024). *Global Carbon Budget 2024*. *Earth System Science Data*, 15(11), 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
 - [4] ICAO – International Civil Aviation Organization. (2024). *Annual Report of the Council 2023*. Montreal: ICAO.
 - [5] IEA – International Energy Agency. (2025). *World Energy Outlook 2025*. Paris: IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
 - [6] IEA – International Energy Agency. (2025). *Global EV Outlook 2025*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
 - [7] IEA – International Energy Agency. (2025). *Renewables 2025*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>
 - [8] IEA – International Energy Agency. (2025). *Global Energy Review 2025: CO2 Emissions*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025>

- [8] IEA – International Energy Agency. (2023). Energy Statistics Manual. Paris: IEA.
<https://www.iea.org/reports/energy-statistics-manual>
- [9] IMO – International Maritime Organization. (2023). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. Londra: IMO.
- [10] IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report. Cenevre: IPCC.
- [11] IRENA – International Renewable Energy Agency. (2025). Renewable Capacity Statistics 2025. Abu Dabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications/2024/Mar/Renewable-capacity-statistics-2024>
- [12] NEA/IAEA – Nuclear Energy Agency / International Atomic Energy Agency. (2024). Uranium 2024: Resources, Production and Demand. Paris: OECD/NEA.