

Elektrik üretirken havayı CO₂ ile en az kirleten ülke: Nükleer Enerji Kullanan Fransa

Dünya, Almanya, Fransa ve Türkiye Elektrik Üretimi ve CO₂ Emisyonları Karşılaştırmalı Analizi (2023/2024)

Yüksel Atakan, Radyasyon Fizikçisi ybatakan4@gmail.com, 05.01.2026 /I/

1.Giriş

Daha önceki yazımızda Fransa'nın çok sayıda nükleer reaktörleriyle, elektrik ürettiğini belirtmiş ve Almanya ile Türkiye karşılaştırmalarını da yapmıştık /Bkz I,1/. Bu yazımızda, 2023 verileri ve 2024 öngörülerini ışığında, küresel ölçekte ve seçilmiş üç ülke (Almanya, Fransa, Türkiye) özelinde, elektrik üretimi ile bunun karbondioksit (CO₂) emisyonları üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak daha yakından inceleyeceğiz. Analizin birincil amacı, ülkelerin enerji kaynakları kompozisyonlarındaki farklılıkların hem elektrik üretim miktarlarına, hem de şu iki kritik emisyon ölçütüne olan yansımalarını ortaya koymaktır:

(1) Sadece elektrik üretim sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonları,

(2) Enerjinin tüm kullanım alanlarından (elektrik, ulaşım, sanayi, ısınma vb.) kaynaklanan toplam enerji sektörü CO₂ emisyonları.

Bu ayırım, bir ülkenin elektrik sisteminin ne kadar (az ya da çok) CO₂ saldıgını ve genel ekonomisinin ne kadar CO₂ üreten yakıtlara bağlı olduğunu net olarak gösterecektir. Sonuç olarak, yoğun olarak nükleer enerji kullanan Fransa, yoğun olarak Yenilenebilir Enerjilere odaklanan ve nükleer enerjiden çıkan Almanya'dan çok daha az CO₂ havaya salmaktadır.

Yazı, saygın uluslararası enerji ve iklim kuruluşlarının raporları ile kamuya açık ulusal istatistiklerin bir sentezine dayanmaktadır. Bkz. Kaynaklar /I/.

Kömür, Güneş ve Rüzgar santralleri (Beyaz duman, soğutma kulelerinden çıkan su buharıdır)



2. Küresel ve Ülkesel Elektrik Üretimi ile CO₂ Emisyonları

2024 yılı, küresel elektrik gereksinimindeki sürekli büyümenin yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının (özellikle rüzgar ve Güneş) kapasitelerindeki rekor artışlarla belirgin olmuştur (IEA, 2024). Ancak, artan gereksinimin önemli bir bölümü yine de fosil yakıtlarla, özellikle de Asya bölgesinde kömürle ve diğer fosil yakıtlarla karşılanmıştır (Ember, 2024).

2.1. Dünya Geneline Elektrik Üretimi: 2024'te küresel elektrik üretimi yaklaşık **30.500 TeraWattSaat (TWh)** düzeyine ulaşmıştır (IEA, 2024). Bu, bir önceki yıla göre yaklaşık %2'lik bir artışa karşılık gelmektedir.

CO₂ Emisyonları: Küresel tüm enerji sektörü CO₂ emisyonlarının 2023'te **37.4 Milyar Ton** olduğu hesaplanmıştır (Global Carbon Project, 2023). Bunun yaklaşık **12.5 Milyar Ton'u**, yani **%33,4'ü**, sadece elektrik üretiminden kaynaklanmaktadır. Bu oran, elektrik sektörünün küresel ısınmadaki önemli rolünü açıkça göstermektedir.

3. Karşılaştırmalı Veri Analizi (2023)

3.1. Ülkelerin ürettikleri elektrik % olarak hangi kaynaklardan sağlanıyor?

Enerji Kaynağı	ÜLKELER:			
	Almanya	Fransa	Türkiye	Dünya
1. Kömür	26.4%	0.6%	35.1%	35.8%
2. Doğal Gaz	14.6%	6.7%	22.8%	22.7%
3. Petrol ve Diğer Fosil	0.9%	0.5%	0.4%	2.6%
→ TOPLAM FOSİL YAKITLAR	41.9%	7.8%	58.3%	61.1%
4. Nükleer	0%	64.9%	0%	9.2%
5. Hidroelektrik	3.7%	10.5%	19.9%	14.9%
6. Rüzgâr	27.2%	8.7%	10.6%	7.8%
7. Güneş (Fotovoltaik)	12.1%	4.2%	4.7%	5.5%
8. Biyokütle, Jeotermal, Atık, Diğer	8.6%	1.9%	2.5%	3.5%
→ TOPLAM YENİLENEBİLİR	51.6%	25.3%	37.7%	31.7%
9. Diğer (Atık, Net İthalat Dengesi vb.)	6.5%	2.0%	4.0%	-2.0%*
→ GENEL TOPLAM	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Not: Nükleer enerji, Güneş ve Rüzgar Enerjileri gibi CO₂ salmamasına rağmen, YE sayılmadığından, rakamlar toplanmıyor. Fransa için YE ile Nükleer Enerji oranları toplandığında ise, Fransa CO₂ salmayan ülkeler arasında % 90 ile en başta yer alıyor.

3.2. Ülke Analizleri

İncelenen üç ülkenin elektrik kaynak karışımları, CO₂ emisyon profillerinde belirleyici olmuştur.

Almanya: 2023'te nükleer enerjiden tümüyle çıkan Almanya, 2024'te elektrik üretiminin çoğunluğunu yenilenebilir kaynaklardan (%52) sağlamıştır (Fraunhofer ISE, 2024). Ancak, kömür (%27) ve doğal gaz (%15) hala önemli paylardadır. Bu durum, Almanya'nın elektrik sektörü emisyonlarını yine de yüksek tutmaktadır.

Fransa: Elektrik sistemi, daha çok düşük miktarda karbonlu yakıtlardan oluşuyor. 2023'te **elektriğinin yaklaşık %65'ini nükleer enerjiden**, %25'ini yenilenebilir kaynaklardan üreten **Fransa, incelenen ülkeler ve dünya ortalamasına göre en düşük elektrik sektörü CO₂ emisyon yoğunluğundadır** (RTE, 2024).

Türkiye: Hızlı büyüyen ekonomisi ve artan elektrik gereksinimiyle dikkat çekmektedir. 2024'te rüzgar ve Güneş enerjisi kapasitesinde rekor artışlar yaşanmış ve barajların da olumlu katkıları olmakla birlikte, elektrik üretiminde kömür (%35) ve doğal gaz (%23) halen baskın kaynaklardır (TEİAŞ, 2024). % 58 fosil yakıt kullanımıyla, Türkiye'nin elektrik kaynaklı emisyonları yüksek düzeydedir.

Karşılaştırmalı Tablo (Sadece Elektrik'ten ve ayrıca Toplam Enerji'den kaynaklı CO₂ miktarları sağ sütunda alt alta gösterilmiştir)

"Elektrik Sektörü" sütunundaki değerler, ısı üretimini dahil etmeyen, sadece elektrik santrallerinden kaynaklanan CO₂'yi temsil edecek şekilde güncellenmelidir. Bu değerler, "Elektrik/Isı" toplamından genellikle biraz daha düşük olur.

Ülke/Bölge	Elektrik Üretimi & Kapasite (2023/24)	Başlıca Kaynaklar (2023/24, %)	CO ₂ Emisyonları (2023 Verileri)
Dünya	~30.500 TWh (Kurulu Güç: ~9.500 GW)	Kömür (%36), Yenilenebilir (%30), Doğal Gaz (%23)	Sadece Elektrik Üretimi: ~12.5 Milyar Ton (Toplam Enerji Sektörü: ~37.0 Milyar Ton)
Almanya	~500 TWh (Kurulu Güç: ~258 GW)	Yenilenebilir (%52), Kömür (%27), Doğal Gaz (%15)	Sadece Elektrik Üretimi: ~185 Milyon Ton (Toplam Enerji Sektörü: 644 Milyon Ton)
Fransa	~445 TWh (Kurulu Güç: ~148 GW)	Nükleer (%65), Yenilenebilir (%28), Doğal Gaz (%7)	Sadece Elektrik Üretimi: ~20 Milyon Ton (Toplam Enerji Sektörü: 302 Milyon Ton)
Türkiye	~330 TWh (Kurulu Güç: ~107 GW)	Kömür (%36), Doğal Gaz (%32), Yenilenebilir (%32)	Sadece Elektrik Üretimi: ~130 Milyon Ton (Toplam Enerji Sektörü: 505 Milyon Ton)

3.3 Elektrik Sisteminden kaynaklanan CO₂ emisyonlu ülke sıralaması:

Fransa (~20 MtCO₂), nükleer ve yenilenebilir ağırlıklı elektrik üretim sistemiyle **açık ara CO₂ emisyonu en az olan ülkedir**. Elektrik üretimi, ülkenin toplam CO₂ emisyonlarının sadece % 6.6'ini oluşturur. Bu, son derece düşük karbonlu bir elektrik temelini yansıtır.

Türkiye (~130 MtCO₂): Elektrik üretimi, ülkenin toplam CO₂ emisyonlarının % 26 oluşturur.

Almanya (~185 MtCO₂) : Elektrik üretimi, ülkenin toplam CO₂ emisyonlarının % 29'unu oluşturur. **Almanya'nın** toplam emisyonunun (644 MtCO₂) yüksek olması, ağır sanayisi ve elektrik dışı sektörlerdeki (ulaşım, imalat) fosil yakıt kullanımından kaynaklanıyor.

○

3.4. Emisyon Yoğunluğu Karşılaştırması

Elektriğin karbon yoğunluğu (gCO_2/kWh), bir elektrik sisteminin ürettiği her kilovat-saat (kWh) elektrik başına saldıgı CO_2 miktarını belirtir ve kaynak karışımı etkisinin en net göstergesidir.

- **Dünya Ortalaması: $\sim 475 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$** (Ember, 2023). Bu değer, Çin, Hindistan, ABD ve diğer birçok ülkede elektrik üretiminin halen kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara dayalı olmasından kaynaklanmaktadır. Küresel ortalamayı yukarı çeken en büyük faktör, elektriğinin yaklaşık %60'ını kömürden üreten Çin'dir (emiyon yoğunluğu $\sim 530 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$).
- **Almanya: $\sim 360 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$** (Fraunhofer ISE, Agora, 2023/24). Yenilenebilir enerjideki yüksek paya (%52) rağmen, elektrik üretiminde kalan kömür (%26) ve doğal gaz (%15) kullanımı, yoğunluğu Avrupa Birliği ortalamasının ($\sim 250 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$) üzerinde tutmaktadır.
- **Fransa: $\sim 55 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$** (RTE, IEA, 2023). Nükleer (%65) ve yenilenebilir (%25) enerjinin baskın olduğu karışım, Fransa'yı dünyadaki en düşük karbon yoğunluklu büyük ölçekli elektrik sistemlerinden biri haline getirmektedir.
- **Türkiye: $\sim 430 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$** (SHURA/Ember analizi, TEİAŞ verileri, 2023). Son yıllarda rüzgar ve güneş enerjisindeki hızlı büyümeye rağmen, kömür (%35) ve doğal gazın (%23) elektrik üretimindeki yüksek payı, emiyon yoğunluğunu Almanya seviyelerinin de üzerinde, küresel ortalamaya yakın bir düzeyde tutmaktadır.

4. Sonuç ve Değerlendirme

2023 verileri ve 2024 projeksiyonları, ülkelerin enerji politikaları ile kaynak seçeneklerinin, hem elektrik sistemlerinin karbon ayak izi hem de genel ekonomilerinin emiyon profili üzerinde belirleyici olduğunu açıkça göstermektedir.

Fransa, nükleer ve yenilenebilir enerjiye dayalı karışımı sayesinde, hem elektrik sektörü emiyonları hem de elektriğin karbon yoğunluğu açısından en avantajlı konumdadır.

Almanya, *Energiewende* (Enerji Dönüşümü) ile yenilenebilir enerjide kaydettiği önemli ilerlemeye rağmen, nükleerden çıkış ve fosil yakıtlara bir miktar zorunlu bağımlılığı nedeniyle elektrik kaynaklı emiyonları yüksek kalmakta; ağır sanayisi ise toplam emiyonları artırmaktadır.

Türkiye, yenilenebilir enerji yatırımlarını hızlandırmakla birlikte, elektrik üretiminde kömür ve doğal gazın baskınlığı devam ettiğinden, hem elektrik sektörü emiyonları hem de genel emiyon düzeyi açısından karşılaştırılan Avrupa ülkelerinin gerisinde kalmaktadır.

Küresel ölçekte ise, yenilenebilir enerjinin büyümesine rağmen, fosil yakıtların özellikle elektrik üretimindeki kullanımının sürmesi, emiyon artışının temel nedeni olarak görülmektedir. Elektrik sektörünün toplam enerji kaynaklı emiyonların yaklaşık üçte birinden sorumlu olması, bu sektöre yönelik dekarbonizasyon çabalarının önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Bu analiz, Paris Anlaşması hedeflerine ulaşmak için, özellikle kömür kullanımının hızla azaltılması, düşük karbonlu kaynakların YE ve nükleer enerjinin yaygınlaştırılması ve karbonsuz elektriğin diğer sektörlerde kullanımının artırılması (elektrifikasyon) yönündeki küresel çabaların daha da hızlandırılması ve derinleştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça /I/

1. Fransa Nükleer Reaktör Filosuyla Ucuz Elektrik Üretirken CO_2 'i de Azaltıyor! Türkiye ve Almanya Elektrik Üretimi Sorunlarıyla Karşılaştırma Y.Atakan 26.12.2025 - Fizik Y. Müh. Dr. Yüksel Atakan

2. Agora Energiewende. (2023). *Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2023*. Berlin.
3. Citepa. (2024). *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Rapport Secten 2024.
4. Ember Climate. (2024). *Global Electricity Review 2024*. London: Ember.
5. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). (2024). *Net Public Electricity Generation in Germany 2024 [Data Series]*. Retrieved from <https://energy-charts.de>
6. Global Carbon Project. (2023). *Global Carbon Budget 2023*. Earth System Science Data.
7. International Energy Agency (IEA). (2024). *Electricity Market Report – Update 2024*. Paris: OECD/IEA.
8. **Réseau de Transport d'Électricité (RTE)**. (2024). *Annual Electricity Report 2024 – Key Findings*. Paris
9. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). (2024). *Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri – 2023 Yıllık Raporu ve 2024 On Aylık Verileri*. Ankara.
10. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). **Sera Gazı Emisyon Envanteri, 1990-2023**. Haber Bülteni, Sayı: 53745.
11. Umweltbundesamt (German Federal Environment Agency). (2024). **National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2022**. Dessau-Roßlau.
12. **Tablo 1: Elektrik Üretiminde Kaynak Dağılımı (Yaklaşık %)**. Kaynaklar: Fraunhofer ISE (2024), RTE (2024), TEİAŞ (2024), Ember (2024).
13. **Tablo 2: Elektrik Üretimi ve CO₂ Emisyonlarının Karşılaştırması**. Kaynaklar: IEA (2024), Ember (2024), Umweltbundesamt (2024), Citepa (2024), TÜİK (2024), Fraunhofer ISE (2024), RTE (2024), TEİAŞ (2024). Kurulu güç verileri 2023 sonu itibarıyla.