

### Eğitimde Yapay Zekânın Çevresel Etkisi: Paradigma Değişimi

Yapay zekânın çevresel etkisi, paradigma değişimi ile ortaya çıkan kritik bir konu olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ teknolojilerine yapılan yatırımlar arttıkça, bunları desteklemek için büyük veri merkezlerine olan ihtiyaç da artıyor. Bu durum, söz konusu tesislerin enerji tüketimine dair medyada geniş yer bulmasına ve yapay zekânın yükselişinin iklim değişikliğiyle mücadele çabalarını sekteye uğratabileceğine dair spekülasyonlara yol açıyor. Öte yandan, bazıları yapay zekânın karbon nötr bir enerji şebekesi ve diğer çevreci teknolojileri mümkün kılacak inovasyonları teşvik edeceğini öngörüyor. New York Times'ın yakın tarihli bir manşeti, kamuoyundaki tartışma havasını şu şekilde özetliyor: "Yapay zekâ gezegeni yok mu edecek, yoksa kurtaracak mı?".<sup>1</sup>

Birçok kurum yöneticisi, aynı sorunun kendi versiyonu üzerine kafa yoruyor. Pedagoji<sup>2</sup> dâhil olmak üzere üretken yapay zekâdan hâlihazırda görmeye başladıkları faydalar, daha iyi bir toplum yaratma misyonlarını baltalayacak çevresel bir maliyetle mi gelecek? Yeniliği çevresel sorumlulukla dengeleyen etik bir yol mümkün mü?

#### 1.Mevcut Çevresel Bağlam

Yapay zekânın çevresel etkisini, çevrenin genel durumu hakkında temel bir anlayışa sahip olmadan değerlendirmek mümkün değildir.

Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklimin durumu ve farklı politika yaklaşımlarının olası gelecekteki etkileri hakkında düzenli raporlar<sup>3</sup> yayınlamaktadır. Herkesin bu raporların ayrıntılarını incelemesini teşvik ediyoruz, ancak kolay başvuru için burada bir özet sunuyoruz;

- Bilimsel bir fikir birliği vardır ki, Sanayi Devrimi'nden bu yana insan üretimindeki artış, sera gazı emisyonlarının yükselmesine ve küresel yüzey sıcaklıklarının artmasına yol açmıştır. En son veriler, ortalama küresel yüzey sıcaklığının 1800'lere kıyasla +1,1°C olduğunu göstermektedir.
- Bu artış yüzyılın sonuna kadar +1,5°C'nin üzerine çıkarsa, küresel çevreye önemli zararlar vereceği konusunda yüksek düzeyde güven vardır. Bu zararlar; aşırı hava olayları, gıda ve su kıtlığı ve geri döndürülemez ekolojik tahribat gibi durumları içermektedir, ancak bunlarla sınırlı değildir.
- Küresel ısınmayı +1,5°C veya altında tutmak ve bu çevresel sonuçların en yıkıcılarını önlemek için projeksiyonlar, küresel sera gazı emisyonlarının 2019 seviyelerine kıyasla 2030 yılına kadar %43 oranında azaltılması gerektiğini öngörmektedir.
- Temiz enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar da dâhil olmak üzere emisyonları azaltma girişimlerindeki artışa rağmen, mevcut politikalar yürürlükte kaldığı takdirde bu azalmanın yalnızca %2,6 olacağı tahmin edilmektedir — bu da %43'lük hedefin çok gerisindedir.

Sonuç olarak, IPCC <sup>4</sup> şu değerlendirmeyi yapmaktadır:

*"Bu on yılda, mevcut uyum ile ihtiyaç duyulan uyum arasındaki farkı kapatmak için iklim değişikliğine uyum sağlama konusunda hızlandırılmış eylemler şarttır. Bu arada, ısınmayı sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerinde tutmak, tüm sektörlerde derin, hızlı ve sürekli sera gazı emisyonları azaltımını gerektirir."*

Eğitim kurumları ve eğitim teknolojisi sağlayıcıları açısından çıkarım nettir: Eğitim sektörünün sürdürülebilir bir geleceğinin geliştirilmesi için göz önünde bulundurulması gereken uzun liste arasında — kayıt sorunları, kaynak kıtlığı ve finansman belirsizlikleriyle birlikte — karbon emisyonlarını azaltma ihtiyacı ön sıralarda yer almaktadır. Yapay zekâ kullanımı da dâhil olmak üzere tüm büyük kurumsal girişimler artık bu bakış açısıyla değerlendirilmelidir.

## 2. Yapay Zekâ Çevreyi Nasıl Etkiler?

Yapay zekânın çevre üzerindeki etkisini anlamak, hem doğrudan hem de dolaylı faktörleri dikkate almayı gerektirir.

Aşağıda, üretken yapay zekânın gezegen üzerinde doğrudan nasıl bir yük oluşturduğunu açıklıyor, ardından bu etkinin boyutuna ilişkin en güncel verileri gözden geçiriyoruz.

Daha sonra, yapay zekânın dolaylı maliyetlerinden bazılarını ve yapay zekâ inovasyonunun genel çevresel sonuçları azaltmaya nasıl yardımcı olabileceğini inceleyeceğiz.

## Yapay Zekânın Çevresel Etkisi

### Doğrudan Çevresel Etki (YZ Hesaplama Yaşam Döngüsü)

| Üretim                                                                                                                                        | Nakliye                                                                                                                                                   | Operasyon                                                                                                                                               | Kullanım Ömrü Sonu                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Üretim kaynaklı karbon salımı</li><li>• Hammadde çıkarımı</li><li>• Montaj</li><li>• İmalat</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Taşıma kaynaklı karbon salımı</li><li>• Dağıtım</li><li>• Yük taşımacılığı</li><li>• Taşıma ve depolama</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Veri merkezi operasyonlarından kaynaklı karbon salımı</li><li>• Enerji tüketimi</li><li>• Su tüketimi</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Elektronik atık</li><li>• Toplama ve sevkiyat</li><li>• Söküm ve geri dönüşüm</li><li>• Atık bertarafı</li></ul> |

### Dolaylı Çevresel Etki (YZ Uygulamaları)

YZ uygulamalarının net çevresel maliyeti veya faydası  
(enerji, su, karbon vb. kaynakların tasarrufu/kullanımı)

Yapay zekâ (AI) iş yükleri, Google, Microsoft ve Amazon gibi tanınmış büyük teknoloji şirketlerinin veri merkezlerinde gerçekleşmektedir. Bu durum, üç önemli yolla doğrudan çevresel etkiye sahiptir:

### Küresel karbon emisyonları

Son yıllarda bulut tabanlı bilgi işlem talebinin artması, büyük teknoloji şirketlerini veri merkezlerini önemli ölçüde genişletmeye yöneltmiştir. Bu tesislerin çalışması için büyük miktarda elektrığe ihtiyaç duyulur ve küresel enerji şebekesi hâlâ büyük ölçüde kömür ve gaza bağımlı olduğundan bu durum önemli ölçüde emisyonlara yol açar. Mevcut tahminlere göre veri merkezleri, toplam karbon emisyonlarının<sup>5</sup> yaklaşık %2,5 ila %3,7'sinden sorumludur.

Yapay zekâ şu anda veri merkezi iş yüklerinin %14'ünü oluşturmaktadır<sup>6</sup>. AI kullanımının yaygınlaşmasıyla bu oranın gelecekte artma potansiyeli olsa da, şu an için AI'ı veri merkezi emisyonlarının başlıca nedeni olarak tanımlamak —hele ki tamamen sorumlu tutmak— doğru değildir. Medyada, AI kullanımı ile tüm bilgi işlem süreçlerinin genel etkisinin birbirine karıştırılması, kafa karışıklığına neden olmaktadır.

### Su tüketimi

Modern veri merkezlerinin muazzam işlem gücü, çok fazla ısı üretir; bu nedenle soğutmaya büyük yatırım yapılır. Bu durum, yukarıda belirtilen enerji tüketimine ek olarak çok fazla su gerektirir.

Tahminlere göre bu suyun yaklaşık %80'i buharlaşma yoluyla kaybolur ve sürekli olarak yeniden temin edilmesi gerekir.<sup>7</sup> Bu durum, yerel düzeyde belirgin bir çevresel etki yaratabilir ve veri merkezlerinin bulundukları bölgelerdeki su kaynakları üzerindeki etkisi konusunda haklı endişeler bulunmaktadır.

Bu konu, veri merkezleri su kıtlığının önemli bir çevresel ve toplumsal sorun olduğu bölgelere genişledikçe daha da tartışmalı hâle gelmektedir. Ancak son gelişmelerde, tesislerin giderek daha serin iklimlere taşındığı görülmektedir.<sup>8</sup>

### Üretim ve kullanım ömrü sonu

Veri merkezleri için gerekli donanımın üretilmesi, yerel düzeyde çevresel maliyetler de yaratmaktadır. Bu süreç, GPU'lar\*, piller ve sunucuların üretimi için gerekli malzemelerin çıkarılmasıyla başlar; madencilik faaliyetleri ekosistemlere zarar verebilir. Süreç, yüksek enerji gerektiren yonga (çip) üretimiyle devam eder. Yapay zekâ teknolojisi hızla geliştiğinden, bu donanımların yaşam döngüsü genellikle kısa olmaktadır ve yenileriyle değiştirilen donanımların bertaraf edilmesi her yıl milyonlarca ton toksik e-atığın oluşmasına yol açmaktadır.<sup>9</sup>

### 3. Yapay Zekânın Çevresel Etkisi Ne Kadar Önemli?

Üretken yapay zekânın yükselişinin çevremizi nasıl olumsuz etkileyebileceğini ortaya koyduğumuza göre, şimdi bu etkinin gerçek ölçeğine bakalım — ve bunu iklim değişikliğiyle mücadele bağlamına değerlendirmeye çalışalım.

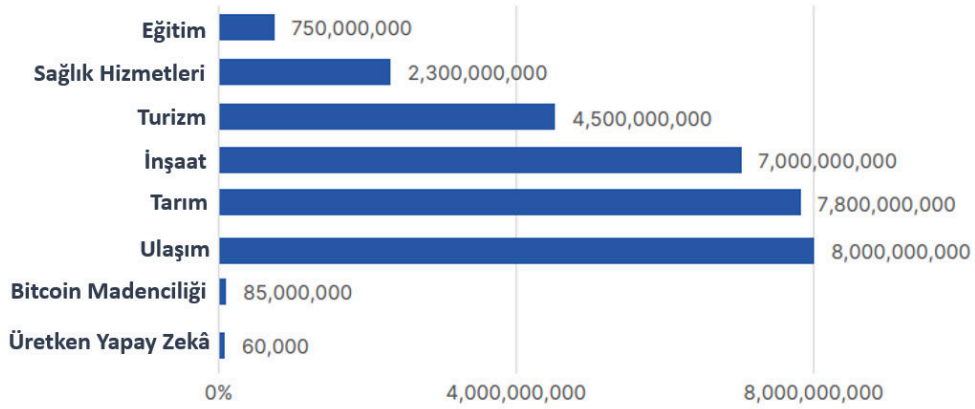
Örneğin, OpenAI GPT-4'e yapılan tek bir metin sorgusu 0,3 Watt-saat (Wh) enerji kullanır.<sup>10</sup> Günlük yaşam diline çevrildiğinde bu, yaygın birçok görevin harcadığı enerjinin yalnızca küçük bir yüzdesine karşılık gelir.



*\*Grafik işlem birimleri (GPU'lar), aynı anda birçok hesaplama yapabildikleri için üretken yapay zekâ açısından vazgeçilmezdir. Bu sayede karmaşık yapay zekâ modellerinin verimli şekilde eğitilmesi ve çalıştırılması mümkün olur.*

Daha geniş bir perspektiften bakıldığında, endüstriyel düzeyde etkinin ölçeği daha net görülebilir. Örneğin, ulaşım sektörünü kıyaslama noktası olarak alırsak, büyük teknoloji şirketlerinin veri merkezlerinin (önceki bölümde belirttiğimiz gibi, AI bunun yalnızca küçük bir kısmını oluşturuyor) mevcut çevresel etkisi, havacılık sektörüyle (%2,5 toplam küresel emisyon) benzer düzeydedir, ancak kara taşıtlarının (%15) etkisinin yalnızca küçük bir bölümüdür.<sup>11</sup> Gelecekte bu etkinin artabileceğini öngörmek mümkün olsa da — bazı tahminler 2030’a kadar yapay zekânın teknoloji endüstrisinin enerji kullanımını %20 oranında artıracaklarını öne sürüyor — bu durum temelde bu denklemi değiştirmeyecektir.<sup>12</sup>

**2024 Yıllık Karbon Emisyonları (tCO<sub>2</sub>e)** 13



Veriler, üretken yapay zekânın şu anda küresel enerji kullanımına kayda değer bir katkı sağlamadığını göstermektedir. AI kullanımının artacağını ve buna bağlı karbon emisyonlarının izlenmesinin önemli olacağını öngörmek makul olsa da, hem bireysel hem de endüstri genelindeki tüketim ölçümleri mevcut etkinin nispeten küçük olduğunu ortaya koymaktadır. Su tüketimine kısaca değinecek olursak, bir ChatGPT sorgusu yaklaşık 0,000085 galon, yani 0,3 mililitre su kullanır.<sup>14</sup> Karşılaştırmak gerekirse, tek bir pamuklu tişört üretmek için 700 galon (2.600 litre), bir kot pantolon için ise 2.000 galon (7.570 litre) su gerekir. Nitekim, sanayi bazında su tüketiminde moda sektörü, tarımdan sonra ikinci sıradadır.<sup>15</sup>

**Bu noktada, şimdiye kadar ele aldıklarımızı özetlemek ve vurgulamak önemlidir. İklim değişikliği giderek büyüyen bir tehdittir ve büyük teknoloji şirketlerinin veri merkezleri küresel emisyonlara önemli bir katkı yapmaktadır. Üretken yapay zekâ bunun bir parçasıdır ve kullanımı hızla artmaktadır; bu nedenle eğitimde kullanımının çevresel boyutları önemli bir tartışma konusudur. Ancak, potansiyel riskler her zaman daha geniş bir bağlamda değerlendirilmelidir ve veriler, mevcut çevresel etkinin, mevcut birçok tüketici ve kurumsal davranışla karşılaştırıldığında nispeten küçük olduğunu göstermektedir.**

### Model seçimi önemlidir.

Veriler hâlâ yeni yeni ortaya çıkmakla birlikte, farklı yapay zekâ modellerinin çevresel etkilerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu olumlu bir durumdur; çünkü en verimli modeller için itibar avantajı yaratacak ve büyük teknoloji şirketlerinin yapay zekâ hizmetlerini çevreye duyarlı hâle getirmek amacıyla yatırım yapmasını teşvik edecektir.

Buradaki önemli bir faktör, modellerin eğitilme verimliliğidir. Mevcut veriler, yapay zekânın çevresel etkisinin yaklaşık %40'ının büyük dil modellerinin eğitilmesinden, %60'ının ise kullanımından kaynaklandığını göstermektedir.<sup>16</sup> Daha büyük modeller geliştirildikçe—GPT-3'ün 175 milyar parametresi varken GPT-2'nin yalnızca 1,5 milyar parametresi vardı—bu modeller, kullanılabilir çıktılar üretebilecek seviyeye gelmeden önce daha yoğun eğitim süreçlerine ihtiyaç duyar. Mevcut modelleri sıfırdan başlamak yerine yeniden eğitmek, bu süreci daha verimli hâle getirebilir.

Aşağıdaki tablo, yaygın bazı yapay zekâ modelleri için eğitim ve kullanım aşamalarına göre tahmini karbon emisyonlarını göstermektedir.<sup>17</sup> Bu verilerden iki kritik sonuç çıkar:

Birincisi, enerji tüketiminin modelin karmaşıklığıyla orantılı olduğu açıktır. Bu nedenle, yapılacak görev için uygun bir model kullanmak önemlidir.

İkincisi, okuyucunun gözünden kaçmayacak nokta, hâlen kamuya açık olmayan bilgi miktarıdır. Dolayısıyla, bu tür önemli verilerin şu anda açıklanmıyor olması büyük bir sorundur. Bu belgenin son bölümünde, teknolojilerimizde yapay zekâ kullanımının çevresel etkisine dair görünürlük ve hesap verebilirlik sağlamak için başlattığımız bazı heyecan verici girişimleri açıklayacağız.

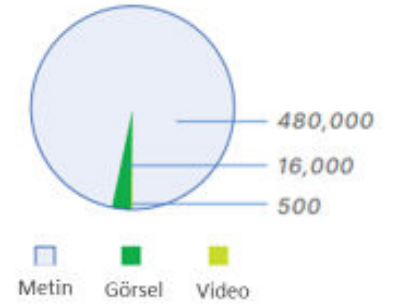
| Model              | Eğitim Emisyonları (tCO <sub>2</sub> e) | Kullanım Emisyonları (tCO <sub>2</sub> e) |
|--------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| OpenAI GPT-3.5     | 500-550                                 | 15,000 (kamuya açık değil)                |
| OpenAI GPT-4       | 15,000                                  | 5,000-10,000 (kamuya açık değil)          |
| Anthropic Claude 3 | 10,000-20,000 (kamuya açık değil)       | 5,000 (kamuya açık değil)                 |
| Google Gemini 1.5  | 15,000 (kamuya açık değil)              | Minimal (kamuya açık değil)               |

### Kullanım türü de önemlidir.

Benzer şekilde, üretilen çıktıya bağlı olarak çevresel etki de önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Mevcut yapay zekâ kullanım senaryolarının büyük çoğunluğunu metin sorguları oluştursa da, görsel ve video üretimi giderek daha popüler hâle gelmektedir ve bunların üretilmesi çok daha fazla enerji gerektirmektedir.<sup>10</sup>

| Kullanım Türü                    | Sorgu Başına Enerji                    | Sorgu Başına Emisyon      |
|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Kısa Metin<br>(~100 tokens)      | 0.3 Wh                                 | 0.4 g CO <sub>2</sub> e   |
| Tek Görsel<br>(512×512)          | 0.3 Wh (ortalama)<br>12 Wh ( karmaşık) | 1-5 g CO <sub>2</sub> e   |
| Kısa Video Klip<br>(5–10 saniye) | 50-100 Wh                              | 20-50 g CO <sub>2</sub> e |

2024 Tahmini Küresel Yıllık Emisyonlar  
(tCO<sub>2</sub>e) Kullanım Türüne Göre



## Referans

- [1] [Will A.I. Ruin the Planet or Save the Planet?](#) | New York Times
- [2] [Twelve Months of the AI Design Assistant](#) | Anthology
- [3] [Climate Change 2023 | AR6 Synthesis Report](#) | Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- [4] [Urgent climate action can secure a liveable future for all](#) | Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- [5] [Sustainable AI to AI for Sustainability](#) | IDC
- [6] [AI to drive 165% increase in data center power demand by 2030](#) | Goldman Sachs
- [7] [Data Centers and Water Consumption](#) | Environmental and Energy Study Institute
- [8] [Revealed: Big tech's new datacentres will take water from the world's driest areas](#) | The Guardian
- [9] [The global E-waste Monitor 2024 – Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling: UN](#) | United Nations Institute for Training and Research
- [10] [How much energy does ChatGPT use?](#) | EPOCH AI
- [11] [Cars, planes, trains: where do CO<sub>2</sub> emissions from transport come from?](#) | Our Data World
- [12] [Toward climate neutral data centers: Greenhouse gas inventory, scenarios, and strategies](#) | ScienceDirect
- [13] Adapted from data in [Analysis reveals scale of tertiary education's carbon emissions](#) | Priestley Centre for Climate Futures, University of Leeds; [How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crisis and Opportunities for Action](#) | Health Care Without Harm; [Drivers of global tourism carbon emissions](#) | National Library of Medicine; [New Report Urges Immediate Action on Embodied Carbon in Building Materials to Meet Net-Zero Goals](#) | United Nations Environment Programme (UNEP); [Special Report on Climate Change and Land, Chapter 5: Food Security](#) | The Intergovernmental Panel on Climate Change; [IPCC Sixth Assessment Report, Chapter 10: Transport](#) | The Intergovernmental Panel on Climate Change; [UN Study Reveals the Hidden Environmental Impacts of Bitcoin: Carbon is Not the Only Harmful By-product](#) | United Nations University; and [Tracking the carbon footprint of global generative artificial intelligence](#) | ScienceDirect

## WHITE PAPER

The Environmental Impact of AI in Education: Cutting Through the Noise özet raporudur.



[14] [The Gentle Singularity](#) | Sam Altman

[15] [The Environmental Impact of Fast Fashion, Explained](#) | Earth.Org

[16] [AI's Growing Carbon Footprint](#) | Columbia Climate School

[17] Adapted from data in [Explained: Generative AI's environmental impact](#) | MIT News; [Gen AI's Environmental Ledger: A Closer Look at the Carbon Footprint of ChatGPT](#) | Piktochart; [Are You Worthy of My Trust? A Socioethical Perspective on the Impacts of Trustworthy AI Systems on the Environment and Human Society](#) | Jamell Dacon, Morgan State University; [How many parameter does Claude Haiku have?](#) | Reddit; [The Falling Cost of AI: What It Means for Businesses and Developers](#) | Medium; [Jensen Huang just gave us some numbers for the training of GPT4 that are useful to predict GPT5](#) | Reddit; [and AI's Growing Carbon Footprint](#) | Columbia Climate School