

ÇEV 806
Hava Kirliliği ve İklim Deđiřimi

9 - Sera Etkisi ve Sera Gazları

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://ozgurzeydan.com.tr/>

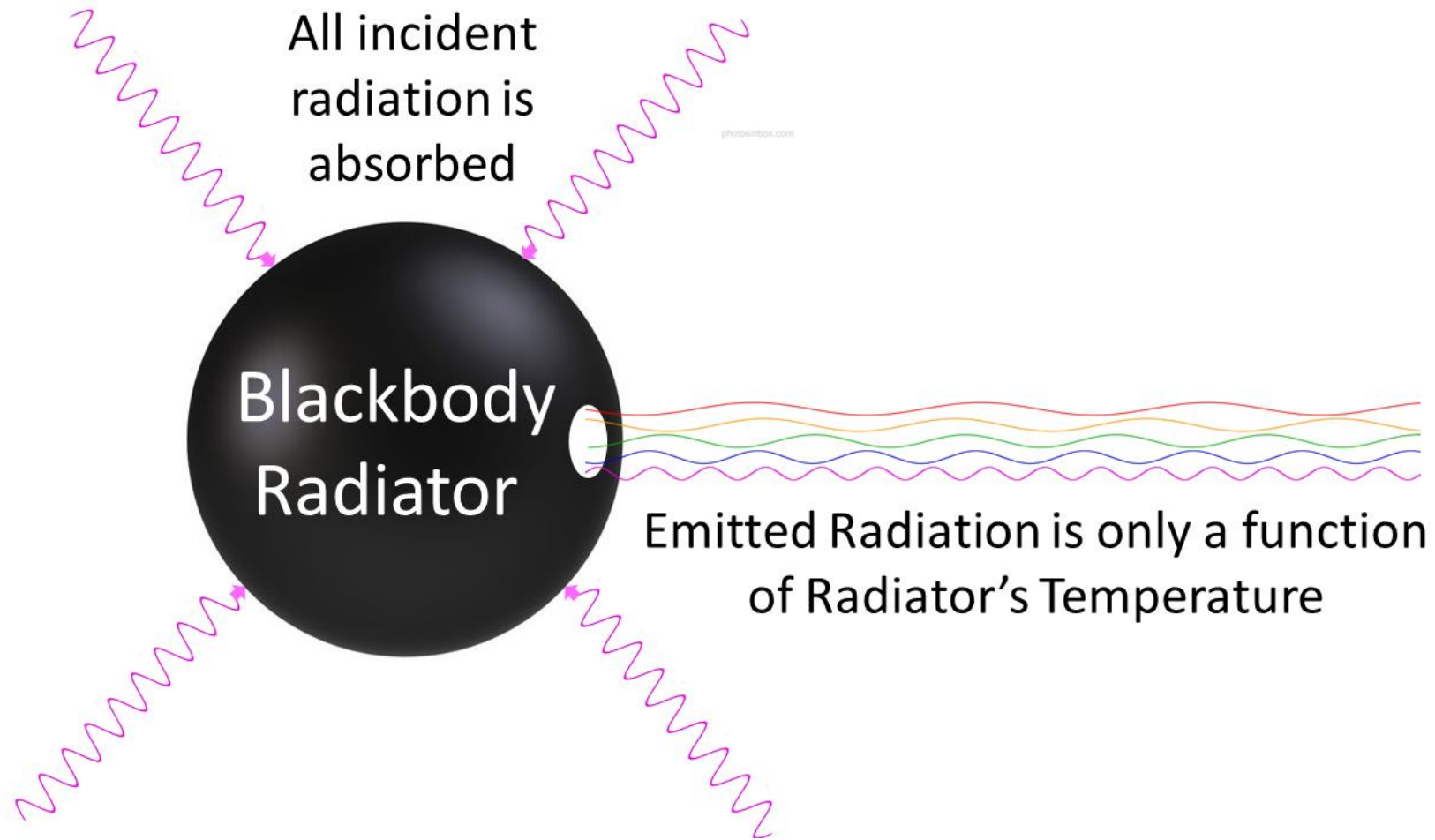
Sera Etkisi, Sera Gazları ve Karbon Döngüsü

- Sera Etkisi
- Sera Gazları
 - Doğal sera gazları
 - Sentetik sera gazları
 - Dolaylı sera gazları
- Biyojeokimyasal döngüler
 - Karbon döngüsü

Dünyanın Ortalama Sıcaklığı

- Bir önceki derste Jean Fourier'ın, dünyanın bu kadar sıcak olmaması gerekir şeklindeki düşüncesi belirtilmişti...
- Dünyayı bir **Kara Cisim** (Blackbody) olarak kabul edersek Dünyanın ortalama sıcaklığını hesaplamak için **Stefan Boltzman Kanunu**'nu kullanabiliriz.
- Kara Cisim: üzerine gelen tüm dalga boylarındaki radyasyonu %100 absorbe eden gerçekte olmayan ideal (teorik) cisim. Daha sonra kara cisim radyasyonu sıcaklığına bağlı olarak yayar.

Kara Cisim



Dünyanın Güneşten gelen radyasyonu absorplaması

- Güneşten Dünyaya gelen yıllık radyasyon:
- $S = 1372 \text{ W /m}^2$
- S: Solar sabit
- Güneş radyasyonunun Dünya üzerinde πR^2 disk alanına ulaştığı düşünülüğünde, absorplanan enerji
- $E_{\text{absorplanan}} = S\pi R^2$

Stefan Boltzman Kanunu

➤ $E = \sigma AT^4$

➤ E: Kara cismin toplam enerji yayma hızı (Watt veya J/sn)

➤ σ : Stefan Boltzman sabiti ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^2 / \text{T}^4$)

➤ T: Sıcaklık (K)

➤ A: Kara cismin yüzey alanı

➤ Yüzey alanı olarak $4\pi R^2$ yazılırsa Dünyanın yansıttığı enerji:

➤ $E_{\text{yansıyan}} = \sigma(4\pi R^2)T^4$ olarak yazılır.

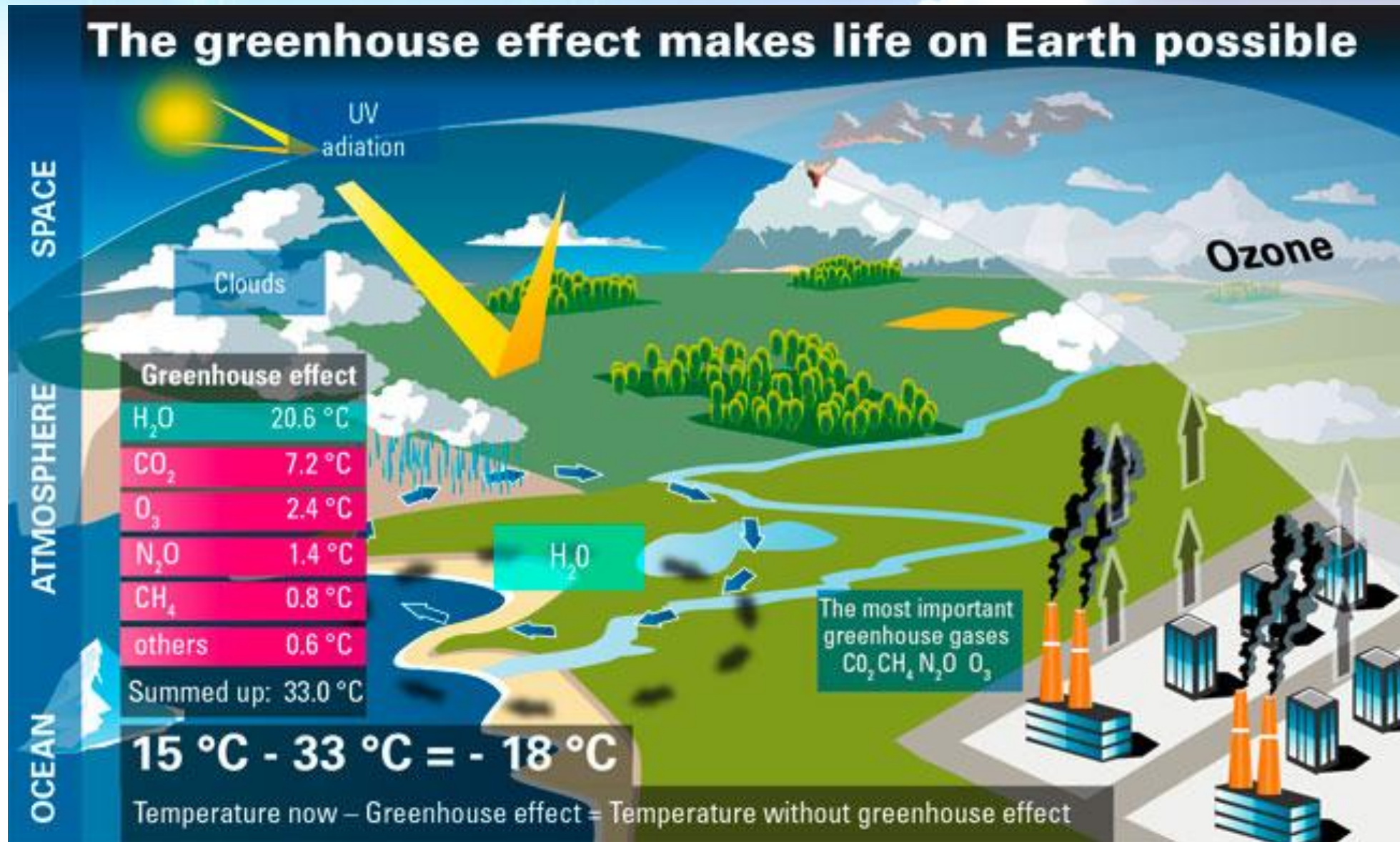
Dünyanın Ortalama Sıcaklığı

- $E_{\text{absorplanan}} = E_{\text{yansıyan}}$
- $S\pi R^2 = \sigma(4\pi R^2)T^4$
- $T = (S/4\sigma)^{1/4} = (1372 \text{ W/m}^2 / (4 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^2 / \text{T}^4)) = 297 \text{ K}$
- Gerçekte güneş radyasyonunun %100'ü absorbe edilmez. %30'u albedo (A) sebebiyle uzaya yansır.
- Bu bilgi dikkate alınınca dünyanın ortalama sıcaklığı:
- $T = (S*(1-A)/4\sigma)^{1/4} = (1372 \text{ W/m}^2 *(1-0.3) / (4 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^2 / \text{T}^4)) = 255 \text{ K } (-18^\circ\text{C})$ hesaplanır.

Sera Etkisi

- Sera etkisi, ısının "sera gazları" olarak bilinen maddeler tarafından Dünya yüzeyinin yakınında hapsedildiği süreçtir.
- Sera gazları gezegeni saran bir battaniye gibi düşünülebilir.
- Sera etkisi hiç olmasaydı Dünya'nın ortalama sıcaklığı 15°C yerine -33°C daha soğuk olacaktı (-18°C) ve Dünya yaşam için elverişsiz olacaktı.

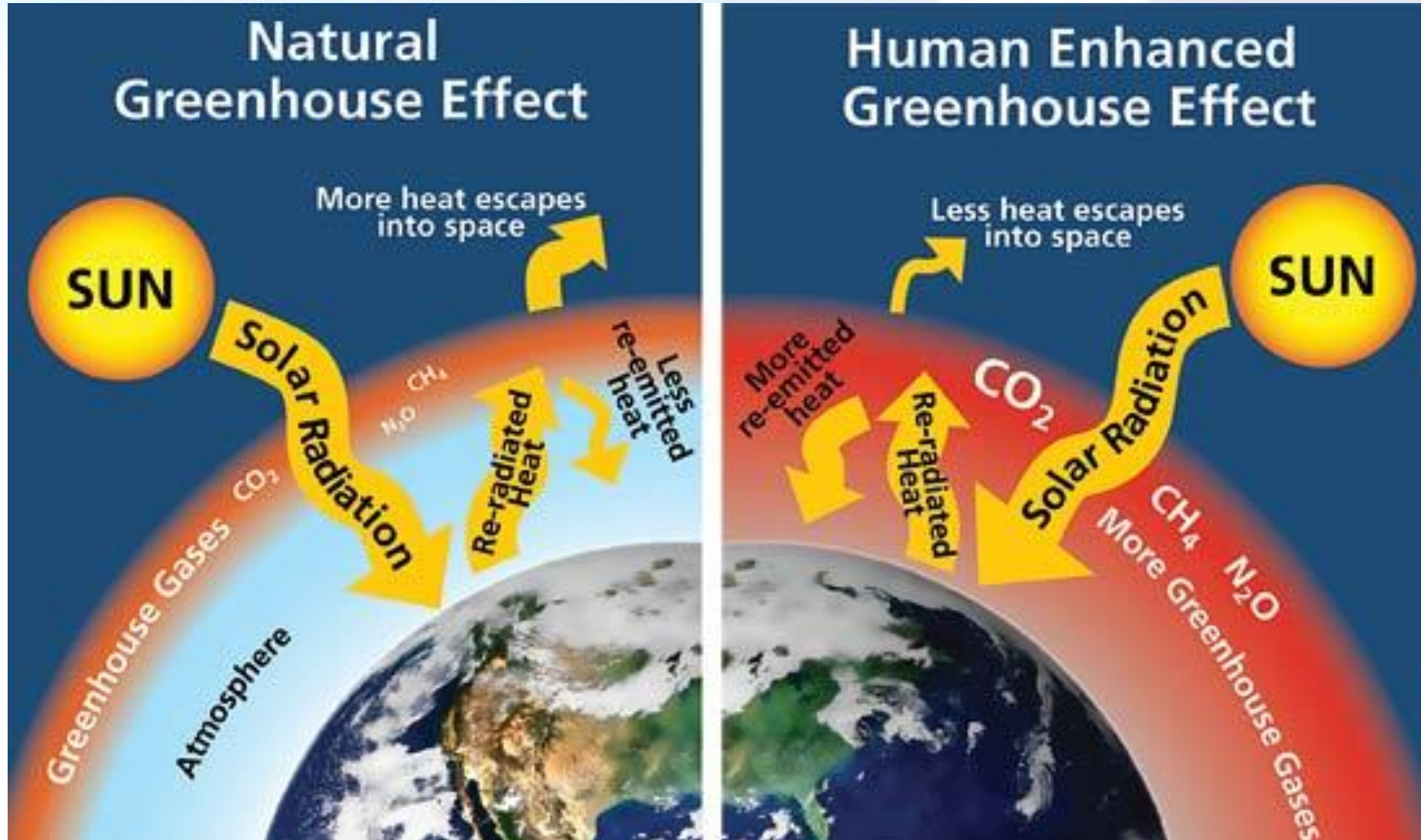
Sera Etkisi



İnsanlar Sera Etkisini Nasıl Deđiřtiriyor?

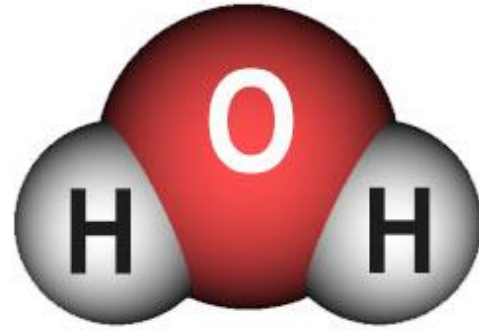
- Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması havadaki CO₂ miktarını artırır. Bu yakıtları neden yakıyoruz? Elektrik retimi, ısıtma, ulaşım ve endüstriyel faaliyetler için.
- Gübre uygulaması gibi hayvancılık ve tarım faaliyetleri havadaki sera gazı miktarını artırır.
- Ormansızlaşma: Ormanlar CO₂ yutaklarıdır. Ormanların yok edilmesi havada daha fazla CO₂ kalmasına neden olur.
- Düzensiz atık depolama alanları.

Doğal – Kuvvetlenmiş Sera Etkisi



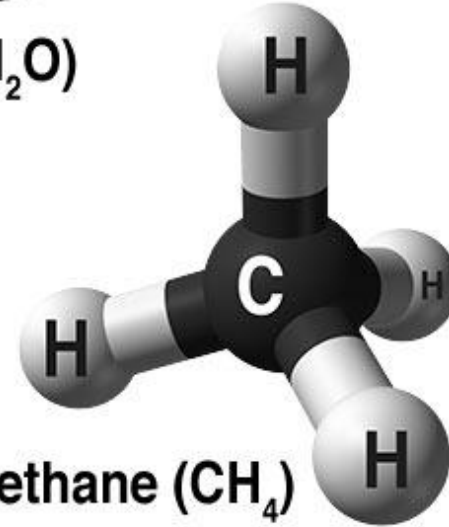
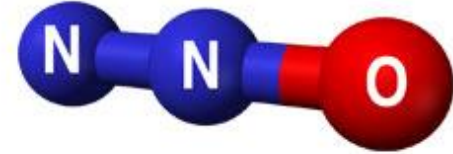
Doğal Sera Gazları

- Karbondioksit (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Diazot monoksit (N_2O)
- Su buharı (H_2O)
- Ozon (O_3)

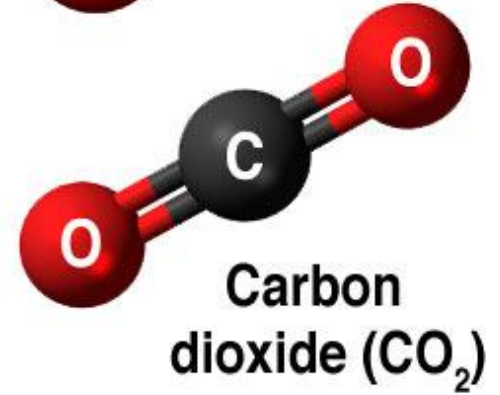


Water vapor (H_2O)

Nitrous oxide (N_2O)



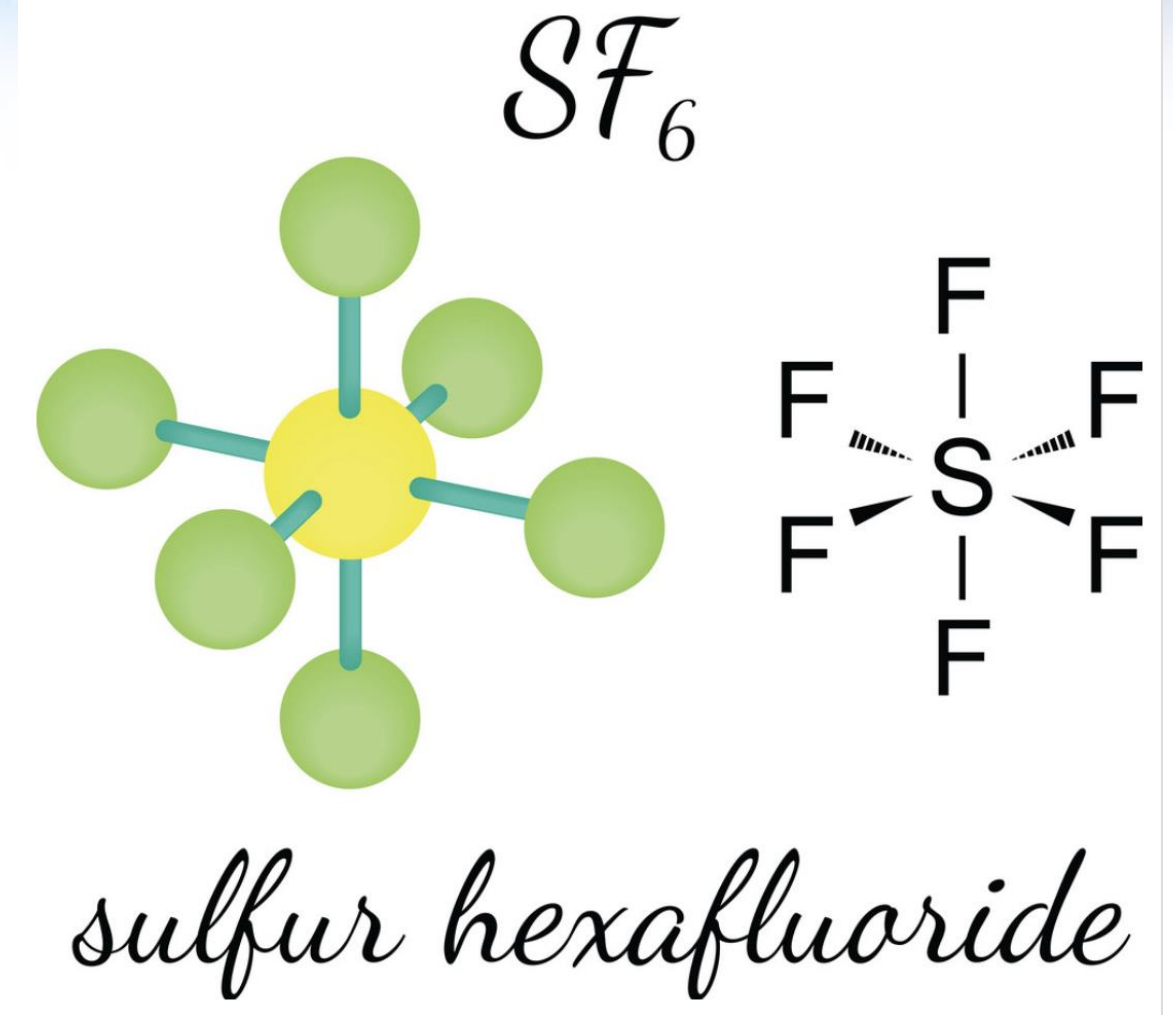
Methane (CH_4)



Carbon dioxide (CO_2)

Sentetik Sera Gazları

- 1930'lu yıllardan sonra sanayi faaliyetleri sonucu atmosfere gönderilen gazlardır.
- Kloroflorokarbonlar (CFC'ler)
- Hidroflorokarbonlar (HFC'ler)
- Perflorokarbonlar (PFC'ler)
- Kükürt hegzaförür (SF_6)

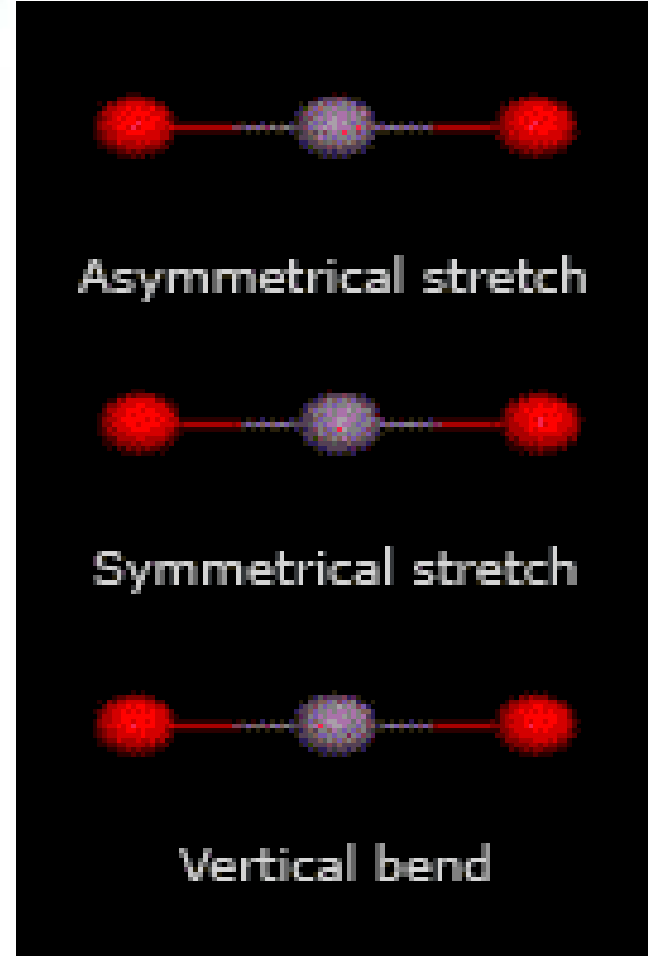


Dolaylı Sera Gazları

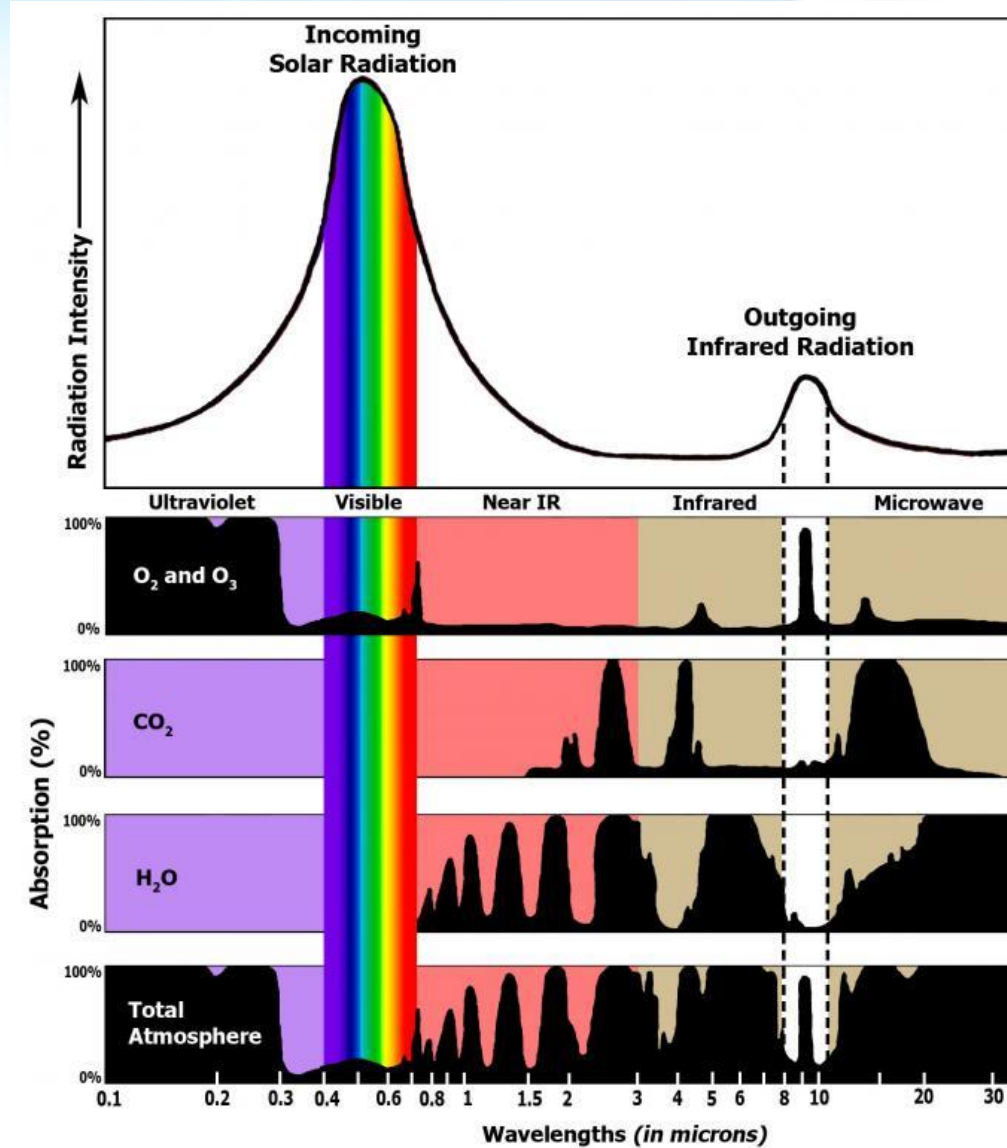
- Kendi başlarına sera etkisi göstermezler.
- Yer seviyesinde ozon oluşumuna sebep oldukları için dolaylı sera gazı olarak bilinirler.
- Yer seviyesi ozonu azot oksitlerin uçucu organik bileşikler ile güneş ışığı altındaki reaksiyonu sonucu oluşur.
- Azot oksitler (NO_x)
- Metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)
- Karbon monoksit (CO)
- CO, ozon oluşumunda katalizör görevi görür.

Sera gazları ve titreşim özellikleri

- Sera gazları, dünyanın yaydığı dalga boylarında ışığı emen "kızılötesi aktif" titreşim modlarına sahip moleküllerden oluşur.
- Kızılötesi aktif modlar asimetric olarak titreşir ve bu asimetric titreşimler önemli miktarda ışığı emebilen tek titreşimlerdir.



Sera Gazı Emilim Spektrumu



Küresel Isınma Potansiyeli

- Sera gazı emisyonlarını ölçmek için ortak bir ölçüğe ihtiyaç vardır.
- Genellikle CO₂ referans gazı olarak alınır.
- Diğer gazların miktarları ise Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) değerleri sayesinde "**CO₂ eşdeğerine**" dönüştürülür.

Küresel Isınma Potansiyeli

Global warming potential (GWP) values relative to CO₂

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265

Detaylı liste için:

https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

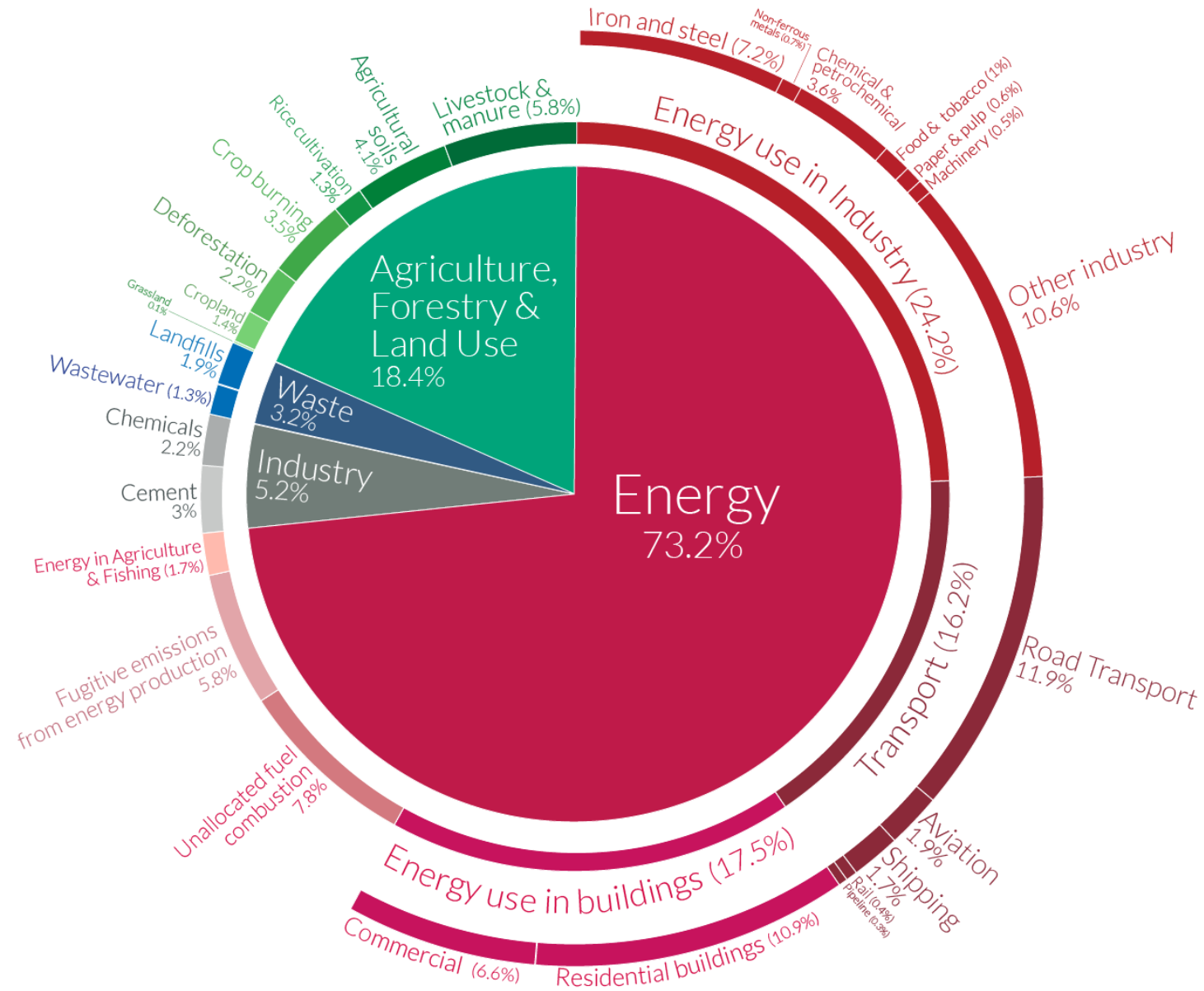
Global greenhouse gas emissions by gas

Greenhouse gas emissions are converted to carbon dioxide-equivalents (CO₂eq) by multiplying each gas by its 100-year 'global warming potential' value: the amount of warming one tonne of the gas would create relative to one tonne of CO₂ over a 100-year timescale. This breakdown is shown for 2016.

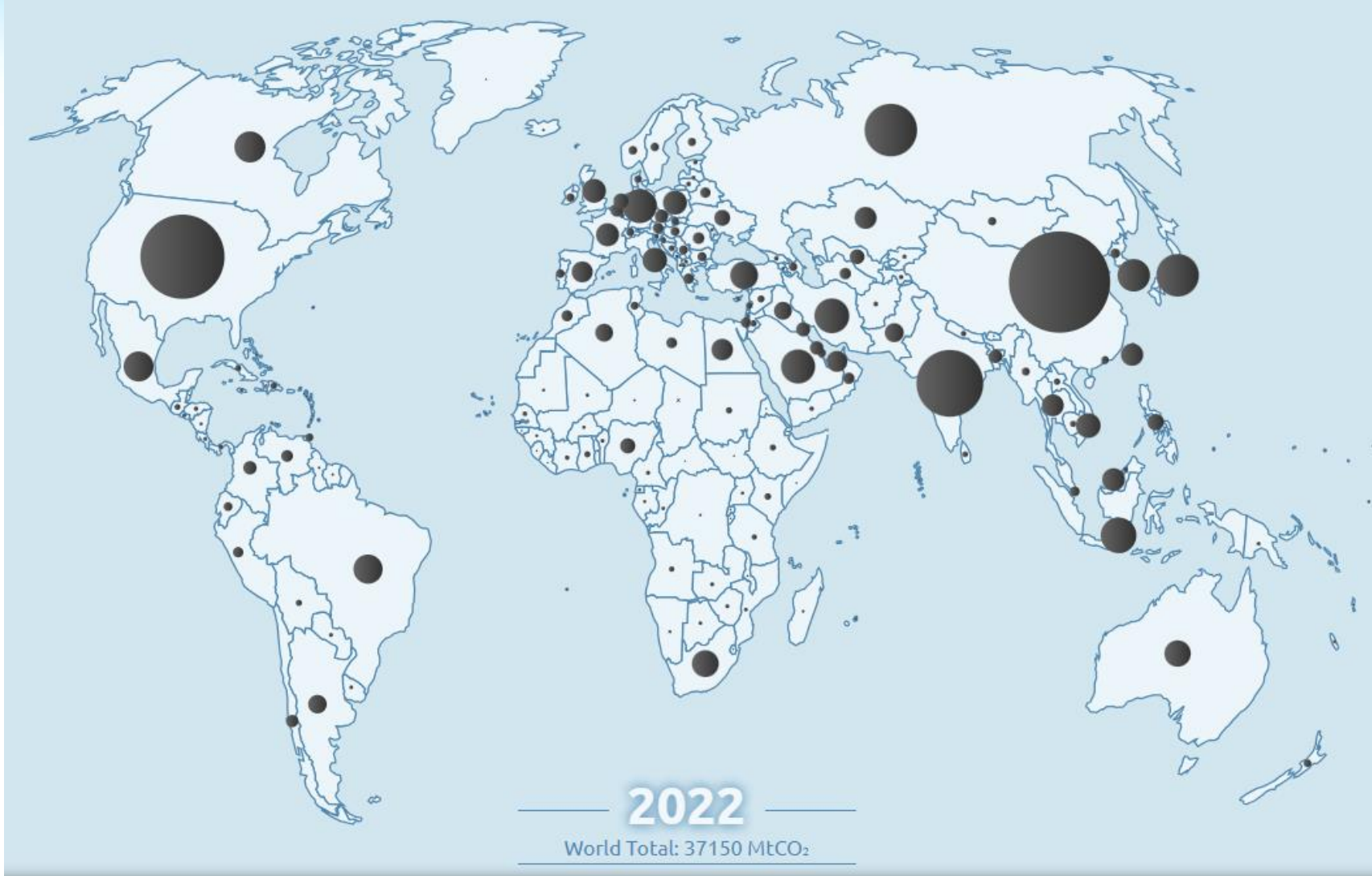


Global greenhouse gas emissions by sector

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO₂eq.



Sera Gazı Emisyon Miktarları (Ülkelere Göre)



<https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>

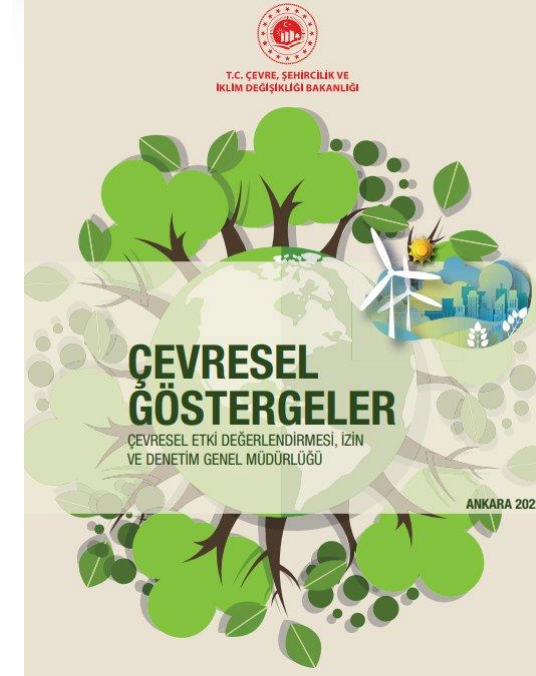
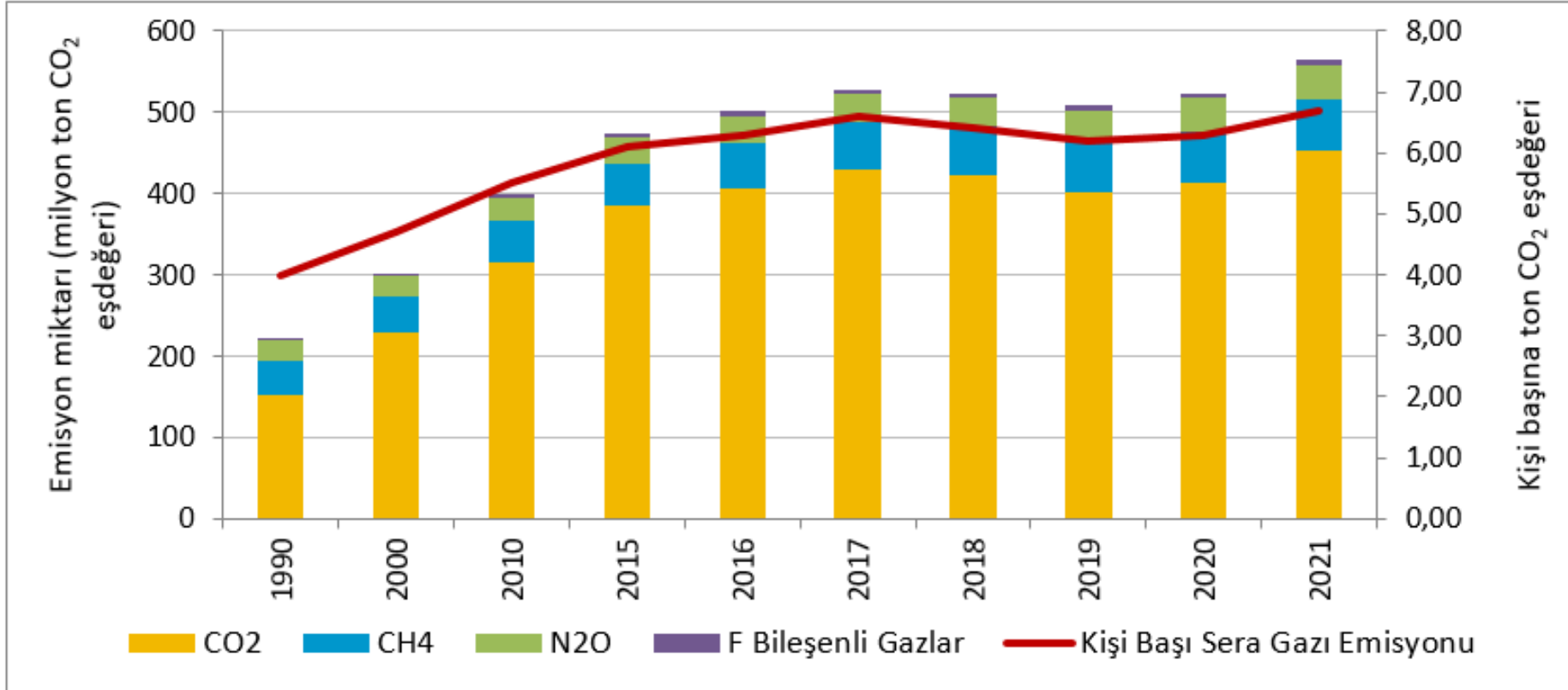
Sera Gazı Emisyon Miktarları (Ülkelere Göre)

Territorial (MtCO₂)

Rank	Country	MtCO ₂
1	China	11397
2	United States of America	5057
3	India	2830
4	Russian Federation	1652
5	Japan	1054
6	Indonesia	729
7	Iran	691
8	Germany	666
9	Saudi Arabia	663
10	South Korea	601
11	Canada	548
12	Mexico	512
13	Brazil	484
14	Turkey	436
15	South Africa	404
16	Australia	392
17	Vietnam	344
18	Italy	338
19	Poland	323
20	United Kingdom	319
21	France	298
22	Malaysia	291
23	Taiwan	278

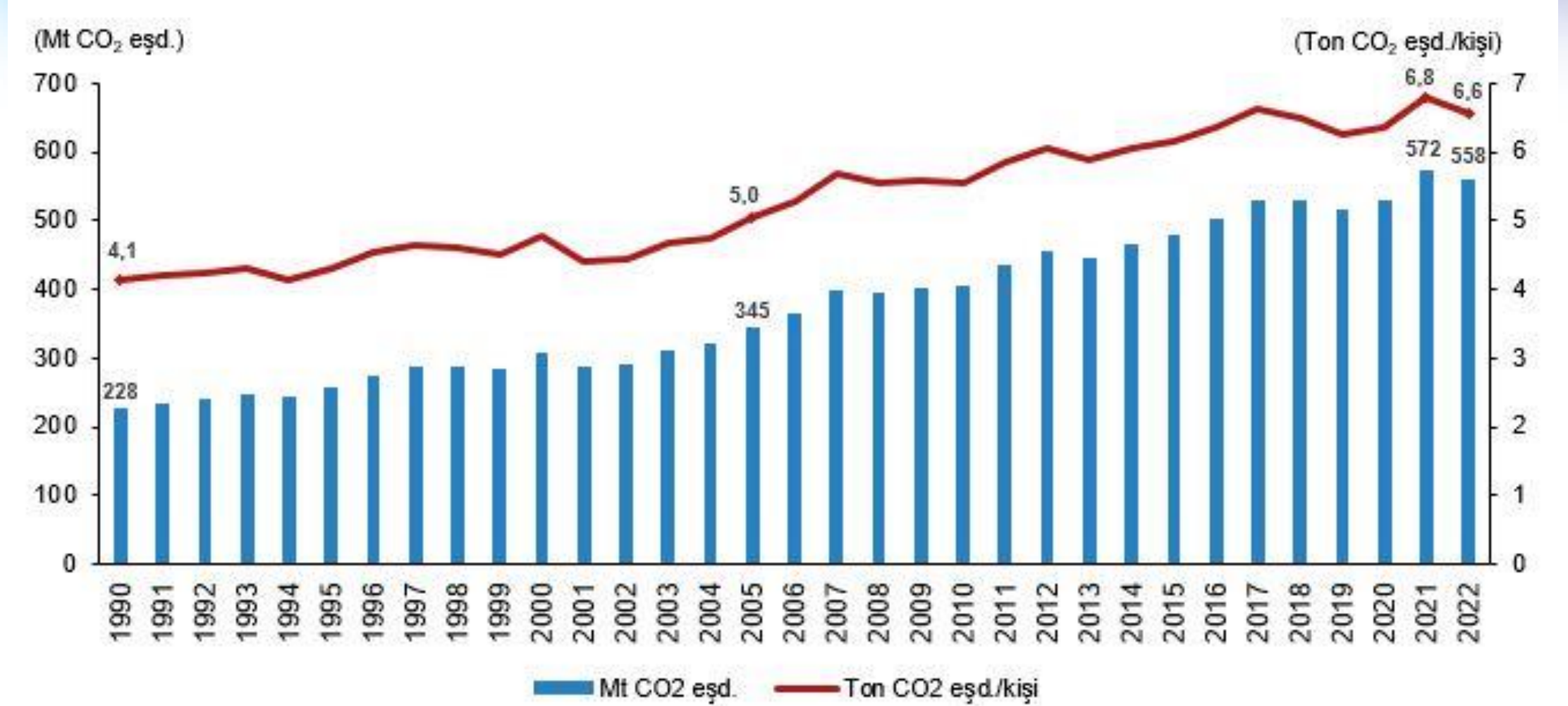
<https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>

Türkiye'nin Sera Gazı Emisyonları



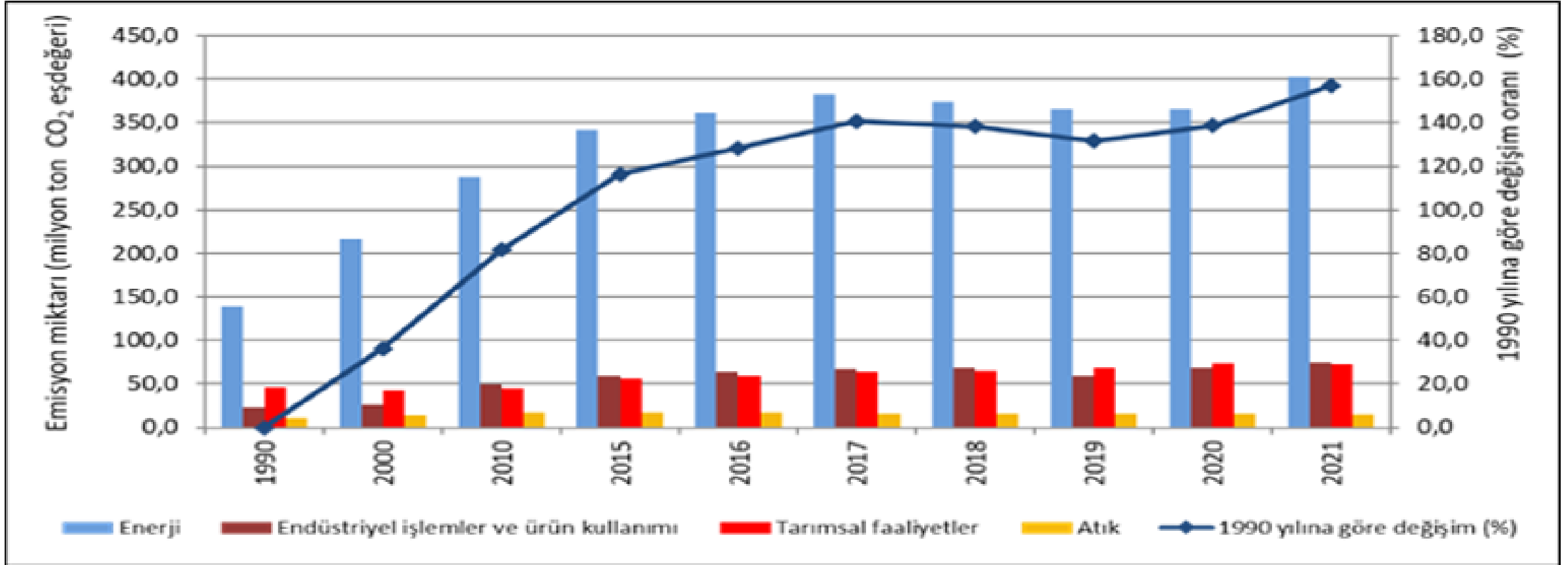
<https://cevreselegostergeler.csb.gov.tr/seragazi-emisyonlari-i-85722>

Türkiye'nin Sera Gazı Emisyonları

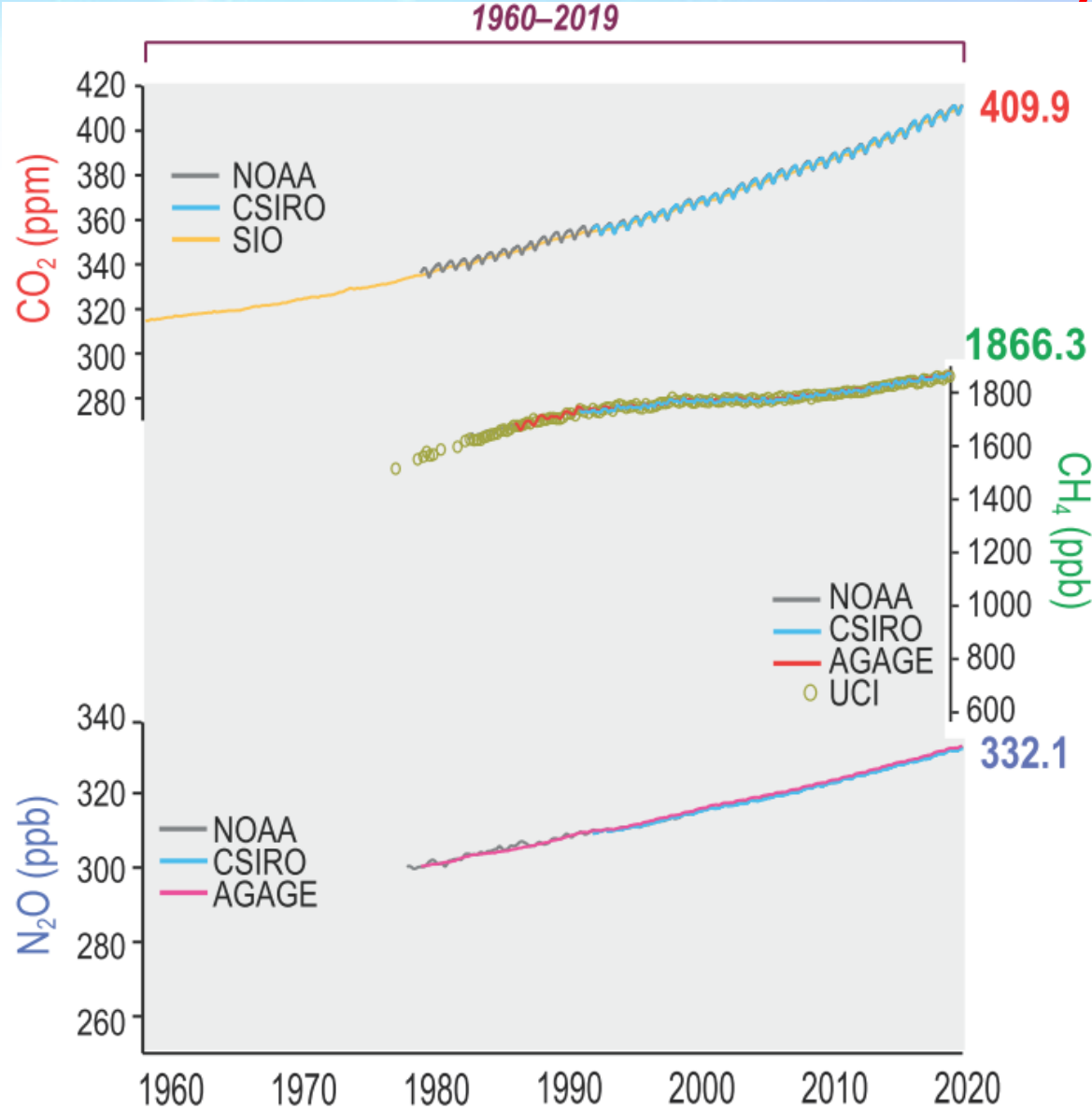


<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>

Sektörlere Göre Toplam Seragazi Emisyonları



Atmosferdeki Sera Gazı Konsantrasyonları (IPCC, 2021)



Ağustos 2024'te CO₂
konsantrasyonu:

422.71 ppm

<https://www.co2.earth/>

Sanayi Devriminden Bu Yana Atmosfere Atılan CO₂

$$\text{➤ } C_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_a} = \frac{N_C}{N_a} = \frac{M_a}{M_C} \cdot \frac{m_C}{m_a}$$

➤ CO₂ : **422.71 ppm** (Ağustos 2024 - <https://www.co2.earth/>)

$$\text{➤ } \Delta m_C = m_a \frac{M_C}{M_a} \cdot \Delta C_{CO_2} = 5.2 \times 10^{18} \cdot \frac{12 \times 10^{-3}}{29 \times 10^{-3}} \cdot (422.71 \times 10^{-6} - 280 \times 10^{-6})$$

$$\text{➤ } \Delta m_C = 3.07 \times 10^{14} \text{ kg} = 307 \text{ milyar ton}$$

Daniel J. Jacob'un "Introduction to Atmospheric Chemistry" kitabından uyarlanmıştır.

Biyojeokimyasal Döngüler

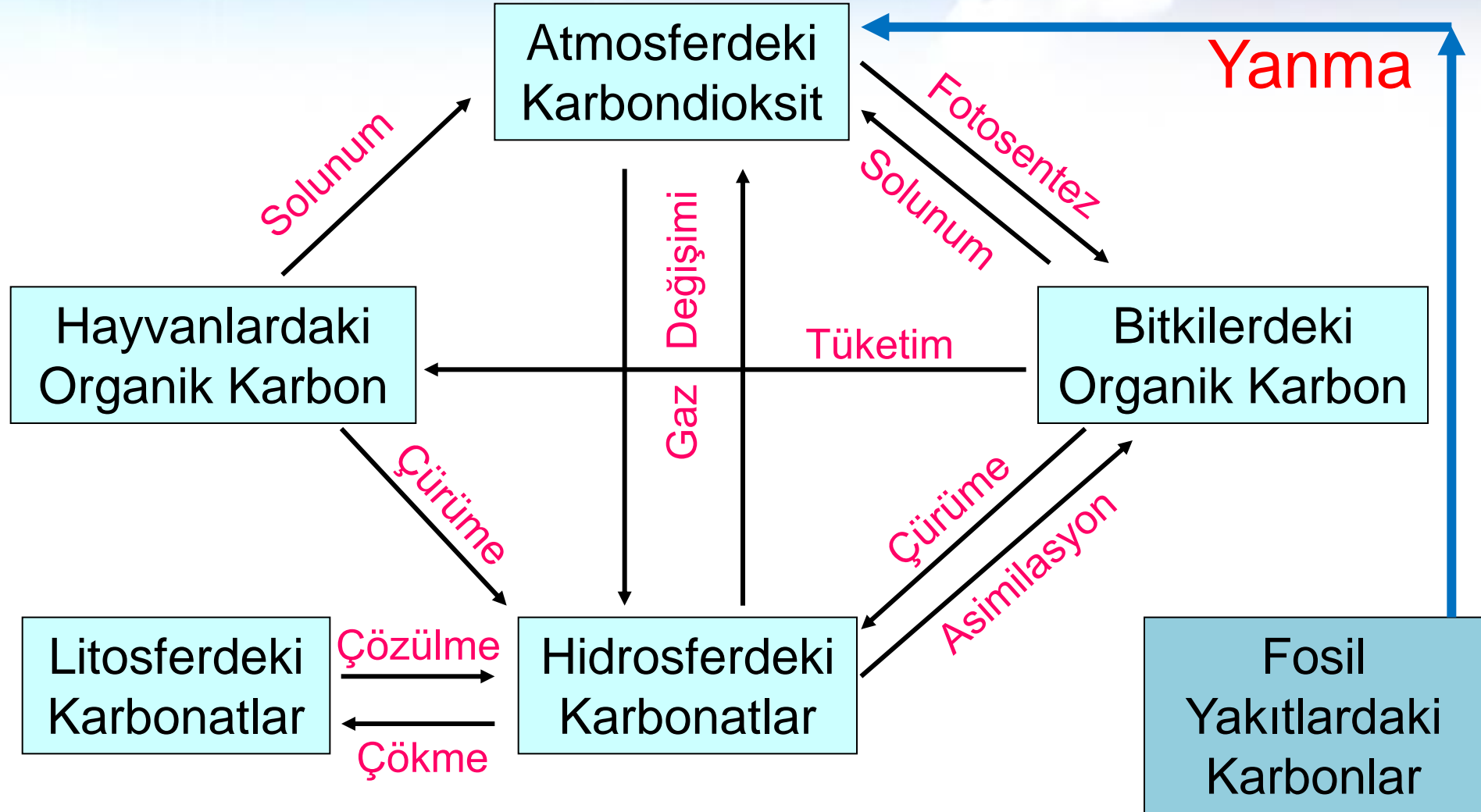
- Organik moleküllerin yapısında bulunan 6 temel element (**karbon**, oksijen, hidrojen, azot, fosfor, kükürt) çeşitli kimyasal formlarda hava kürede (atmosfer), su kürede (hidrosfer) ve taş kürede (litosfer) yer alır.
- Maddelerin bu kürelerde ve canlı varlıklar içerisindeki hareketi döngüsel olarak gerçekleşir.
- Bu döngülerde biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar ile jeolojik süreçler rol oynar.

Karbon Döngüsü

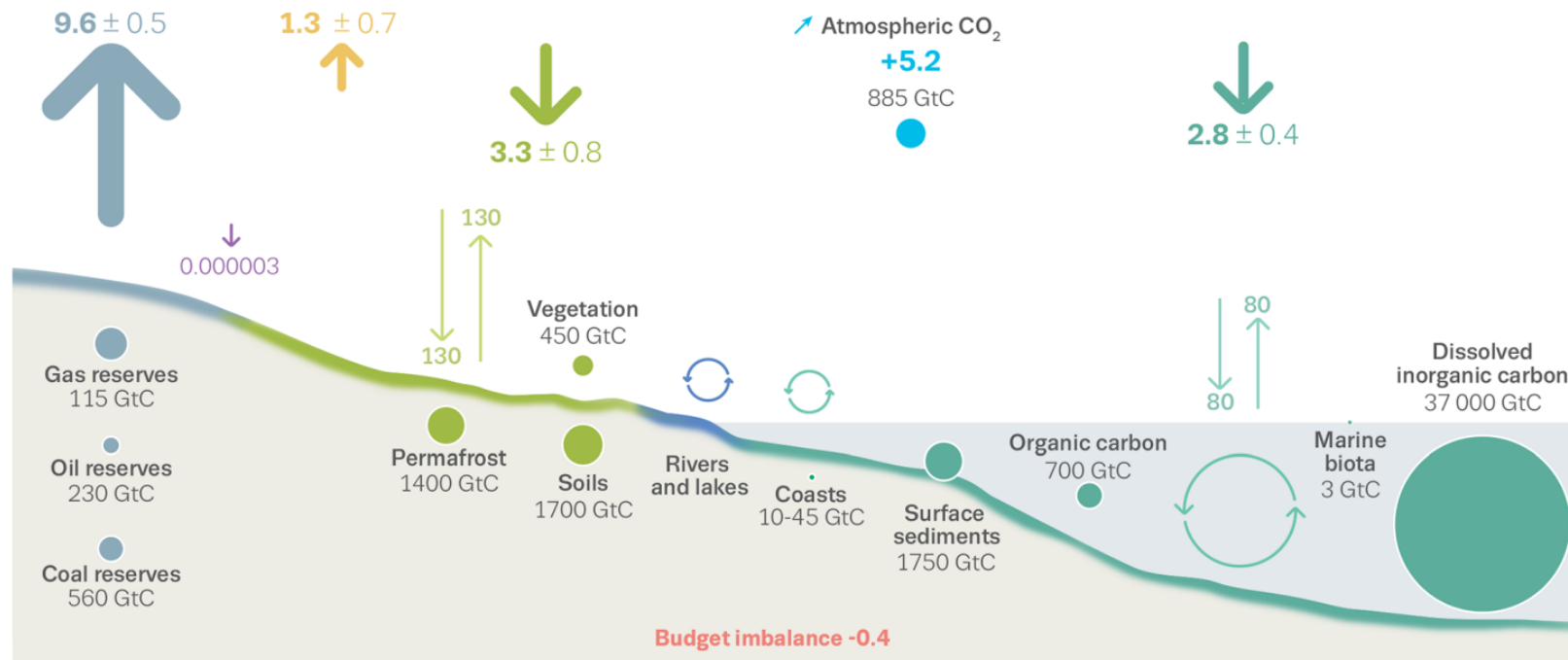
Karbon

- Atmosferde karbondioksit formunda
- Hidrosferde karbondioksit ve bikarbonat halinde
- Litosferde kömür, doğalgaz, petrol ve kireçtaşı olarak
- Biyosferde organik maddelerin temel yapıtaşı halinde yer alır.

Karbon Döngüsü



The global carbon cycle



Anthropogenic fluxes 2013-2022 average GtC per year

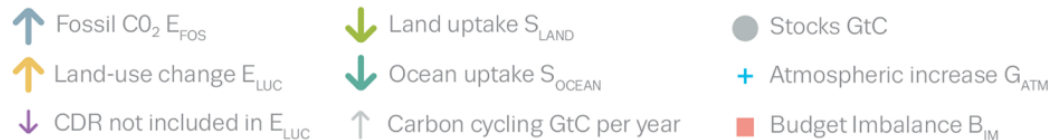


Figure 2. Schematic representation of the overall perturbation of the global carbon cycle caused by anthropogenic activities, averaged globally for the decade 2013–2022. See legend for the corresponding arrows. Flux estimates and their 1 standard deviation uncertainty are as reported in Table 7. The uncertainty in the atmospheric CO₂ growth rate is very small (± 0.02 Gt C yr⁻¹) and is neglected for the figure. The anthropogenic perturbation occurs on top of an active carbon cycle, with fluxes and stocks represented in the background and taken from Canadell et al. (2021) for all numbers, except for the carbon stocks in coasts, which is from a literature review of coastal marine sediments (Price and Warren, 2016). Fluxes are in gigatonnes of carbon per year (Gt C yr⁻¹) and reservoirs in gigatonnes of carbon (Gt C).

Özetle

- Atmosferdeki sera gazlarının miktarının artması bir hava kirliliği problemidir ve sera etkisini kuvvetlendirmektedir.
- Fosil yakıtların tüketilmesi taş kürede bulunması gereken karbonu, karbondioksit olarak hava küreye göndermektedir.
- Karbon döngüsünün bozulması sera etkisini kuvvetlendirmektedir.

Kaynaklar

- Atımtay A. & Tuncel, G. (2023) Hava Kirliliği. Nobel Akademik Yayıncılık Eđitim Danışmanlık. Ankara.
- Jacob D.D. (1999) Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press
- <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>
- <https://www.teriin.org/article/qa-what-are-hfcs>
- [https://webdosya.csb.gov.tr/db/cevreselgostergeler/haberler/c-
evresel-go-stergeler-2022-20230904154545.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cevreselgostergeler/haberler/c-
evresel-go-stergeler-2022-20230904154545.pdf)
- <https://www.co2.earth/>
- <https://sutema.org/karbon-dongusu-ve-su>