



ÇEV 806
Hava Kirliliği ve İklim Deđiřimi

1 - Hava Kirliliği ve Hava Kirleticileri

Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

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

Hava Kirliliği

Tanım: atmosferin doğal yapısında bulunmayan kirleticilerin insan sağlığına, bitkilere, hayvanlara veya materyallere zarar verebilecek konsantrasyonda ve yeterince uzun süre havada bulunması.

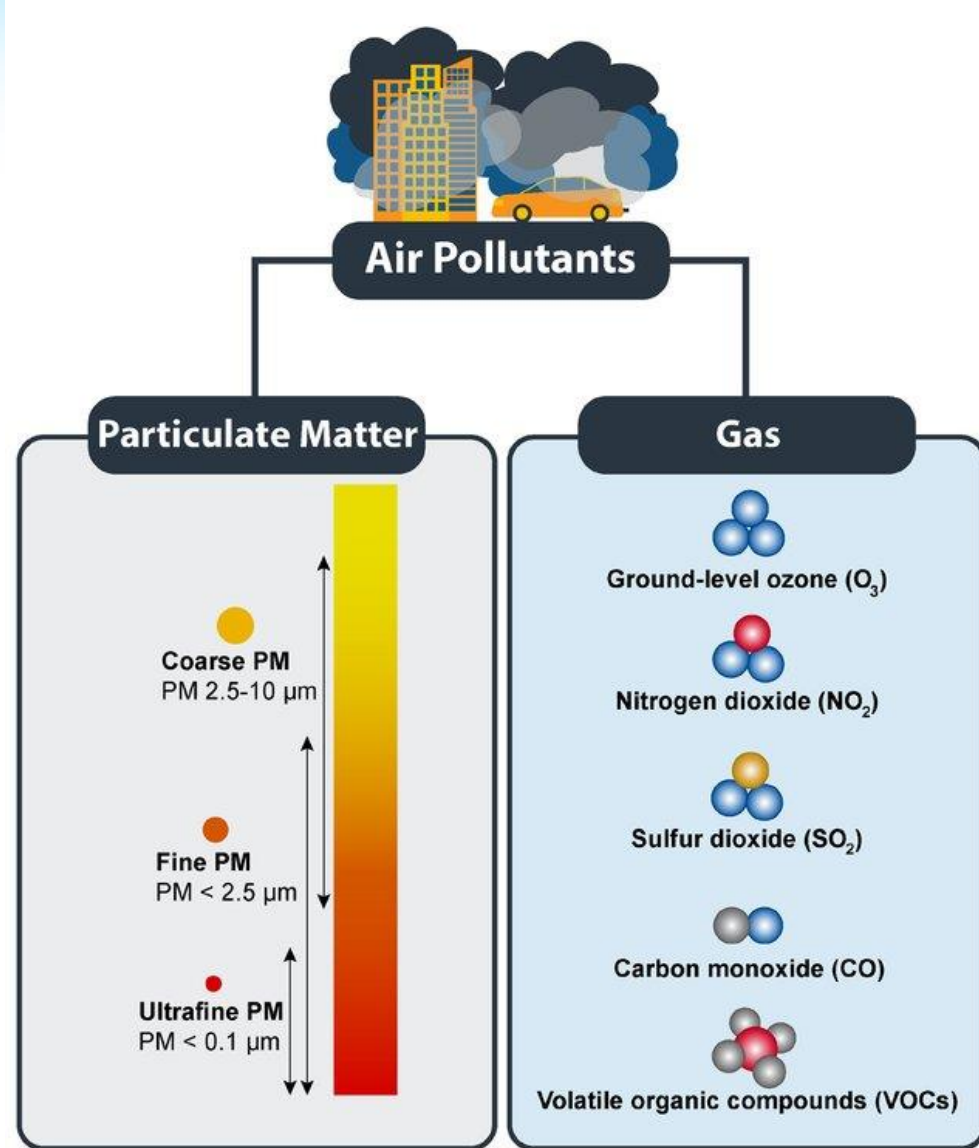
Başlıca Hava kirleticileri:

- Kükürt dioksit
- Azot oksitler
- Karbon monoksit
- Uçucu organik bileşikler
- Hidrojen sülfür
- Aerosoller

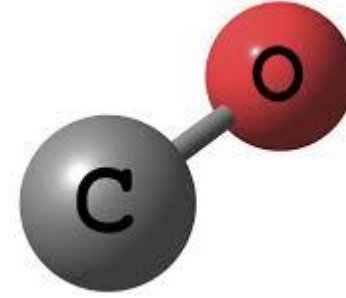
EPA - Criteria Air Pollutants

- Yer seviyesi ozonu (O_3)
- Partikül madde (PM)
- Karbon monoksit (CO)
- Kükürt dioksit (SO_2)
- Azot dioksit (NO_2)
- Kurşun (Pb)

Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması



Karbon Monoksit (CO)



- Renksiz ve kokusuz bir gazdır.
- Tam yanmama sonucu oluşur.
- Başlıca kaynağı motorlu taşıtlardır.
- Soba zehirlenmeleri
- Yüksek konsantrasyonda solunmasıyla kandaki hemoglobin ile birleşerek karboksihemoglobin (COHb) oluşumuna sebep olur. Kanın oksijen taşıma kapasitesi düşer. Tepkime geri dönüşümsüzdür.
- Zehirleyicidir, ölüme sebep olabilir.

Karbon Monoksit Zehirlenmesi Belirtileri



Azotun Oksijen ile Oluřturduđu Bileşikler

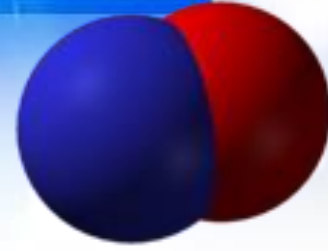
Bileşik	Kimyasal Formül	Azotun Deđerliđi
Diazot monoksit	N_2O	+1
Azot monoksit	NO	+2
Diazot trioksit	N_2O_3	+3
Azot dioksit	NO_2	+4
Diazot pentaoksit	N_2O_5	+5

Azot Oksitler (NO_x)

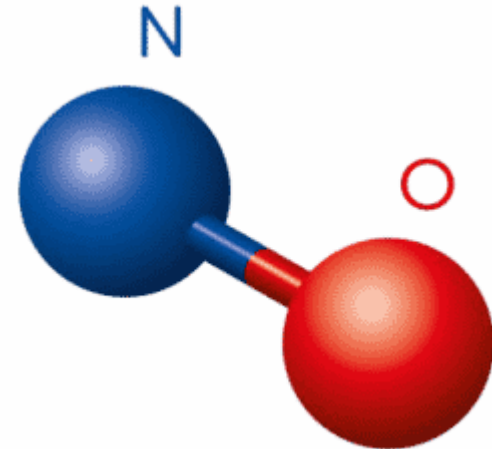
- (NO_x = NO + NO₂)
- Azot monoksit (NO)
- Azot dioksit (NO₂)

- NO + NO₂ toplamı azot oksitler (NO_x) olarak adlandırılır.
- (%95)(%5)

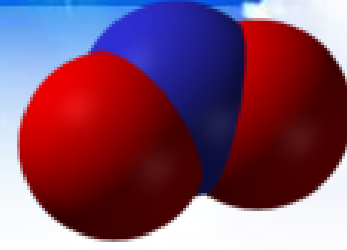
Azot Monoksit (NO)



- Renksiz bir gazdır.
- Orta derecede toksik gazdır.
- Başlıca kaynağı motorlu taşıtlar ve diğer yanma işlemleridir.
- Oksijenle reaksiyonu sonucunda NO₂ oluşur.
- $\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$



Azot Dioksit (NO_2)

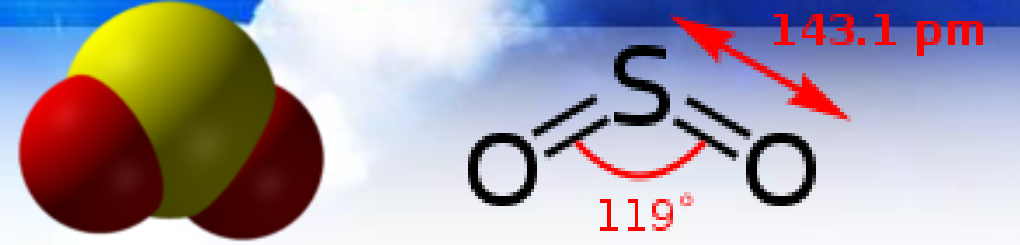


- Kahverengi veya turuncu renktedir.
- Yüksek konsantrasyonları toksiktir.
- Gün ışığında uçucu organik bileşikler ile reaksiyonu sonucunda yer seviyesi ozonu oluşur.
- Havadan ağır olan NO_2 'nin suda çözünmesi ile Nitrik Asit (HNO_3) oluşur. (Asit yağmurlarına sebep olur)

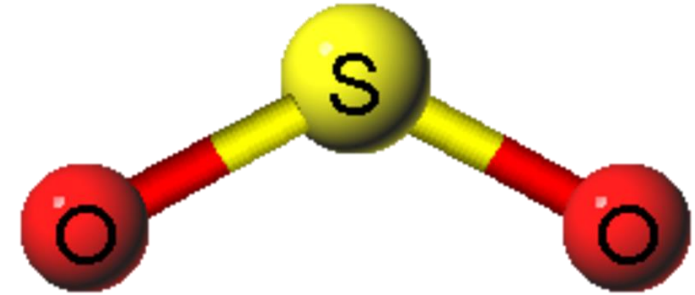
Kükürt Oksitler (SO_x)

- (SO_x = SO₂ + SO₃)
- Kükürt Dioksit (SO₂)
- Kükürt Trioksit (SO₃)
- Hava kirliliği açısından önemli kükürt oksitlerdir.

Kükürt Dioksit (SO₂)

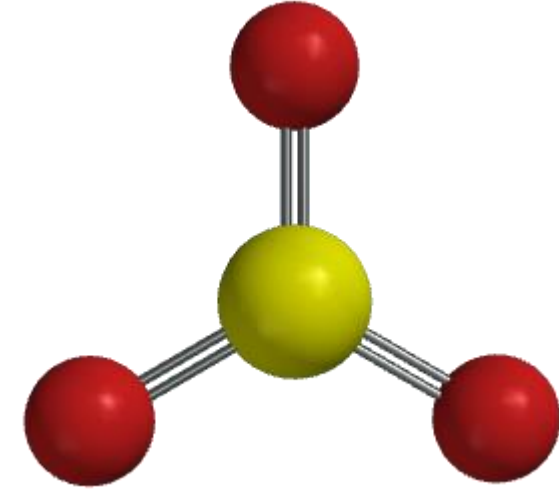
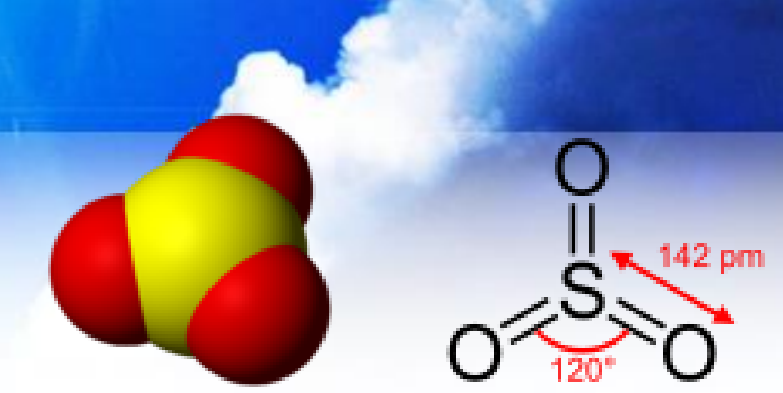


- Renksiz bir gazdır.
- Başlıca kaynağı fosil yakıtlarıdır.
- Solunum sistemine, bitkilere ve materyallere zarar verir.
- Suda çözünerek H₂SO₃'ü (Sülfüroz Asidi) oluşturur.
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- Oksijen ile reaksiyonuyla SO₃ oluşur.
- $\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$

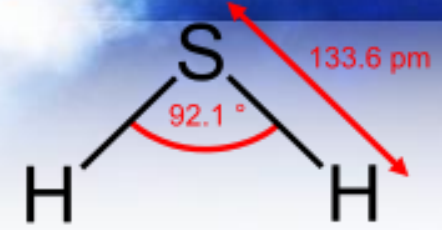


Kükürt Trioksit (SO_3)

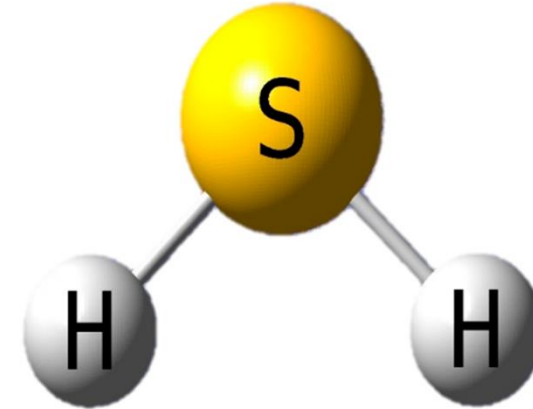
- Oldukça aşındırıcıdır.
- Solunum sistemini tahriş eder.
- Suda çözünerek H_2SO_4 'ü (Sülfürik Asiti) oluşturur. (Asit yağmuru)
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$



Hidrojen Sülfür (H₂S)



- Renksiz bir gazdır, çürük yumurta gibi kokar.
- Oldukça toksiktir, koroziftir, yüksek oranda alev alabilir.
- Organik maddenin oksijensiz ortamda bozunması (anaerobik digestion) sonucunda oluşur.
- Kanalizasyon sistemlerinde taç korozyonuna sebep olur.

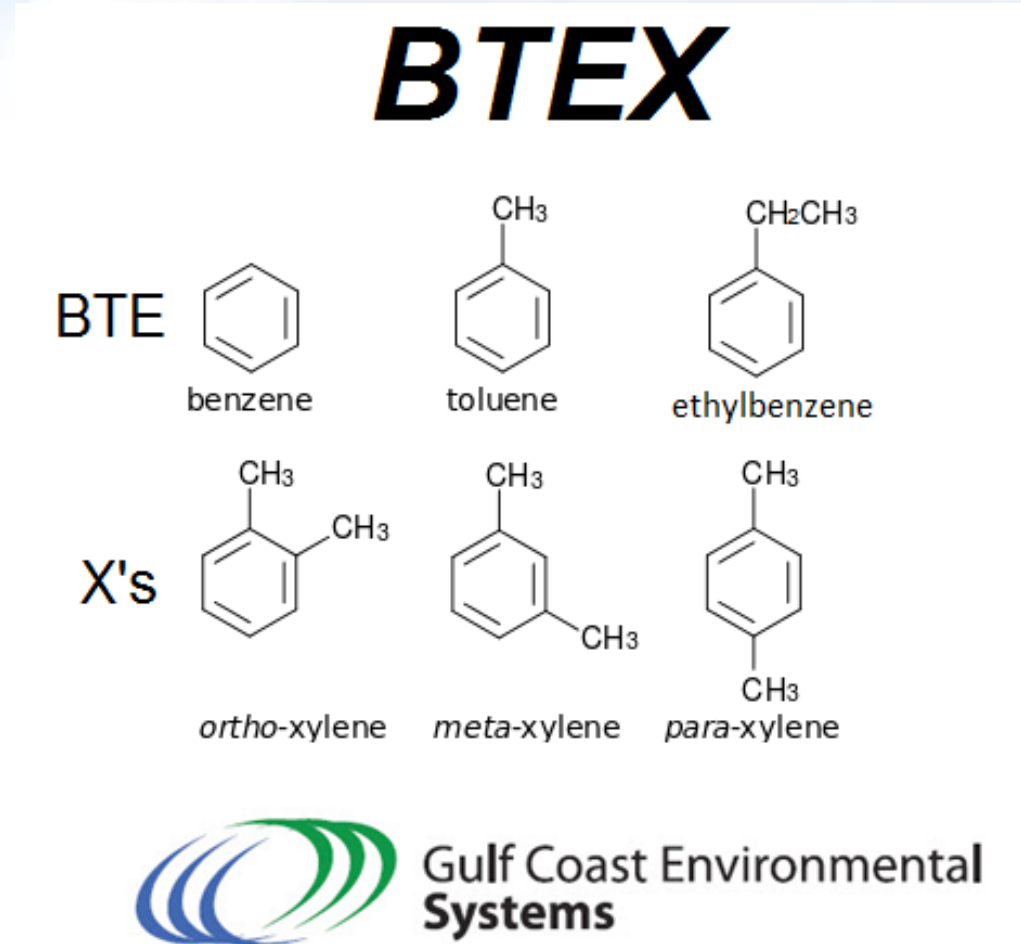


Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

- Volatile Organic Compounds (VOC)
- Metan (CH_4) ve Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC) olarak 2 gruba ayrılır.
- Metanın reaktivitesi oldukça düşüktür.
- NMVOC kaynakları motorlu taşıtlardır.
- Ayrıca, yeşil bitkilerin de uçucu organik bileşik emisyonları (biyojenik emisyonlar) vardır.

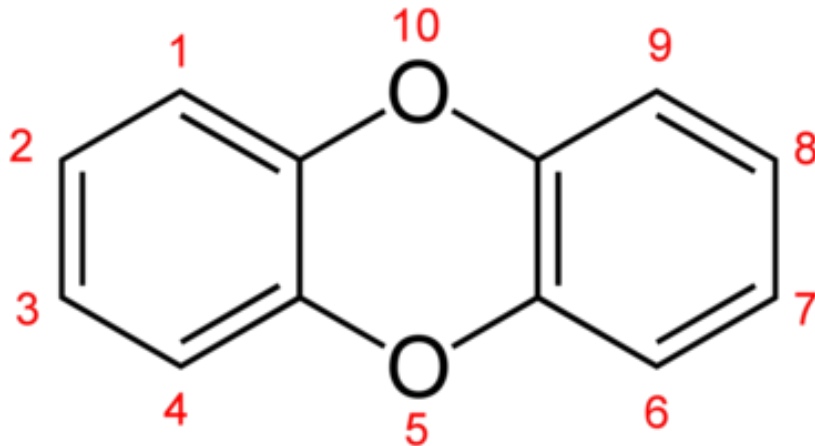
BTEX Bileşikleri

- **B**enzen (C_6H_6)
- **T**oluen (Metil Benzen) (C_7H_8)
- **E**til Benzen (C_8H_{10})
- **K**silenler
 - Orto Ksilen (1,2 Dimetil Benzen) (C_8H_{10})
 - Meta Ksilen (1,3 Dimetil Benzen) (C_8H_{10})
 - Para Ksilen (1,4 Dimetil Benzen) (C_8H_{10})

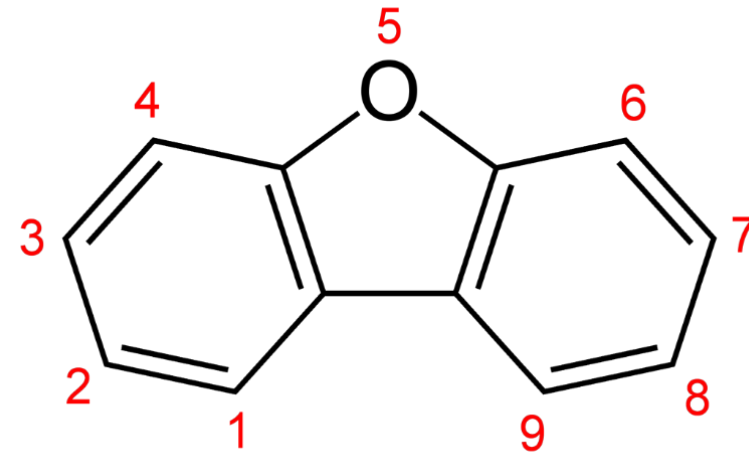


Dioksin (PCDD) ve Furanlar (PCDF)

- PVC, PCB ya da diğer organohalojenlerin 1200 °C'nin altında yanması veya pirolizi sonucunda oluşurlar.
- Cl atomları 1,2,3,4,6,7,8 veya 9 nolu karbonlara bağlanabilir.
- Kanserojen, mutajen ve teratojen bileşiklerdir.



PCDD

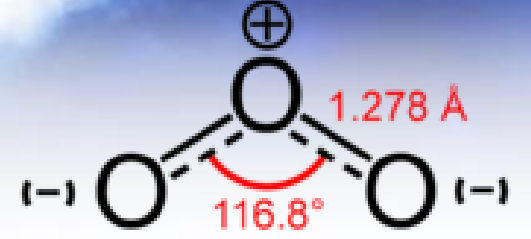
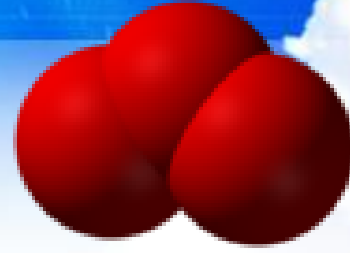


PCDF

Hazardous Air Pollutants

- Kansere veya diğer ciddi sağlık etkilerine sebep olan toksik hava kirleticileridir.
- Evsel, sanayi veya mobil kaynaklardan salınabilirler.
- EPA [Initial List of Hazardous Air Pollutants with Modifications](#)

Troposferik Ozon (O₃)

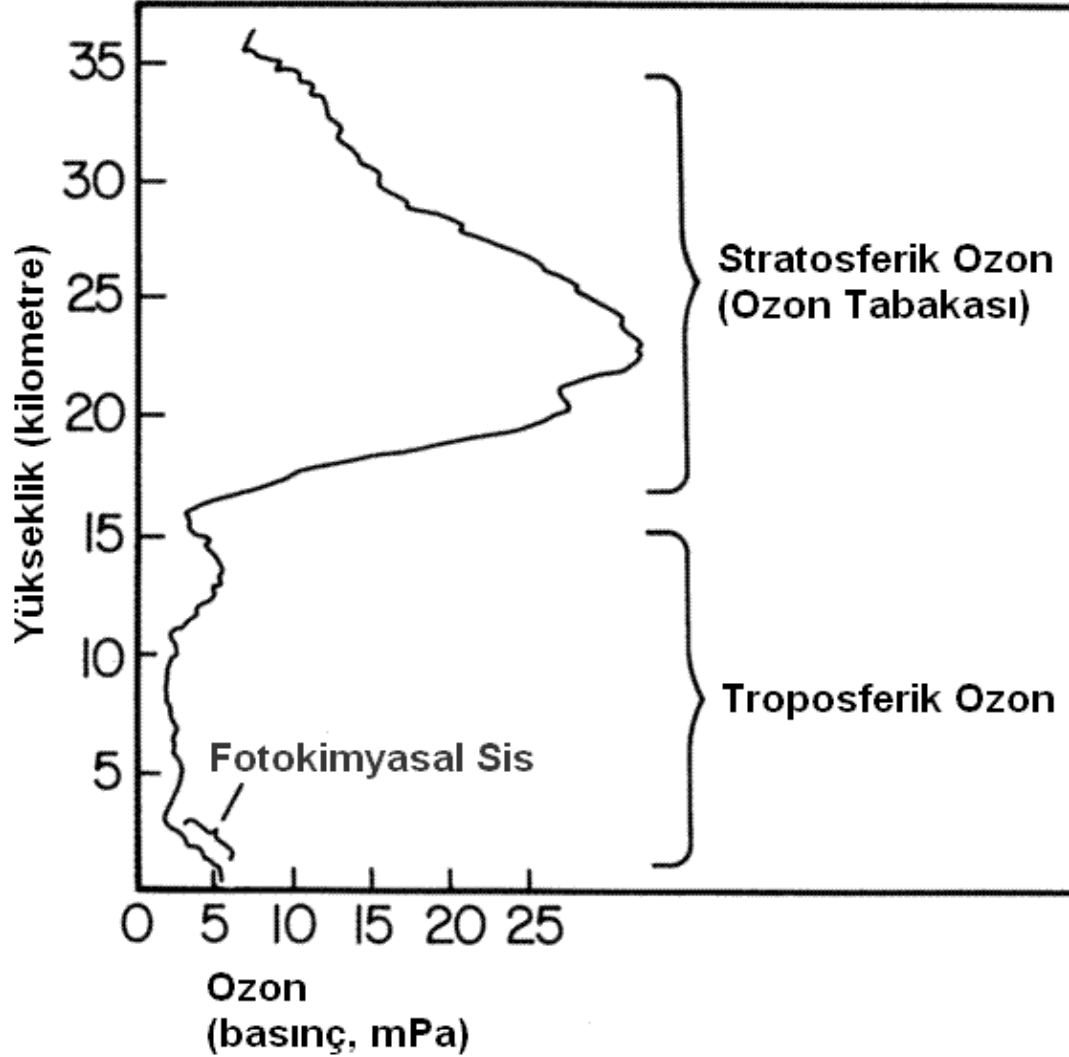


- Troposferde ikincil kirletici olarak oluşmaktadır.
- Fotokimyasal sis olarak da adlandırılır.
- Azot oksitler ile uçucu organik bileşiklerin güneş ışığındaki reaksiyonu sonucu ortaya çıkan fotokimyasal bir kirleticidir.

Güneş ışığı

- UOB + NO_x \longrightarrow Troposferik ozon
- Oldukça reaktiftir, canlılara ve materyallere zarar verir.
- Solunduğunda boğazda tahriş, öksürük, boğaz kuruluğu, baş ve göğüs ağrısı, akciğer fonksiyonlarında azalma ve astım atakları görülür.

Ozonun Atmosferde Bulunuđu



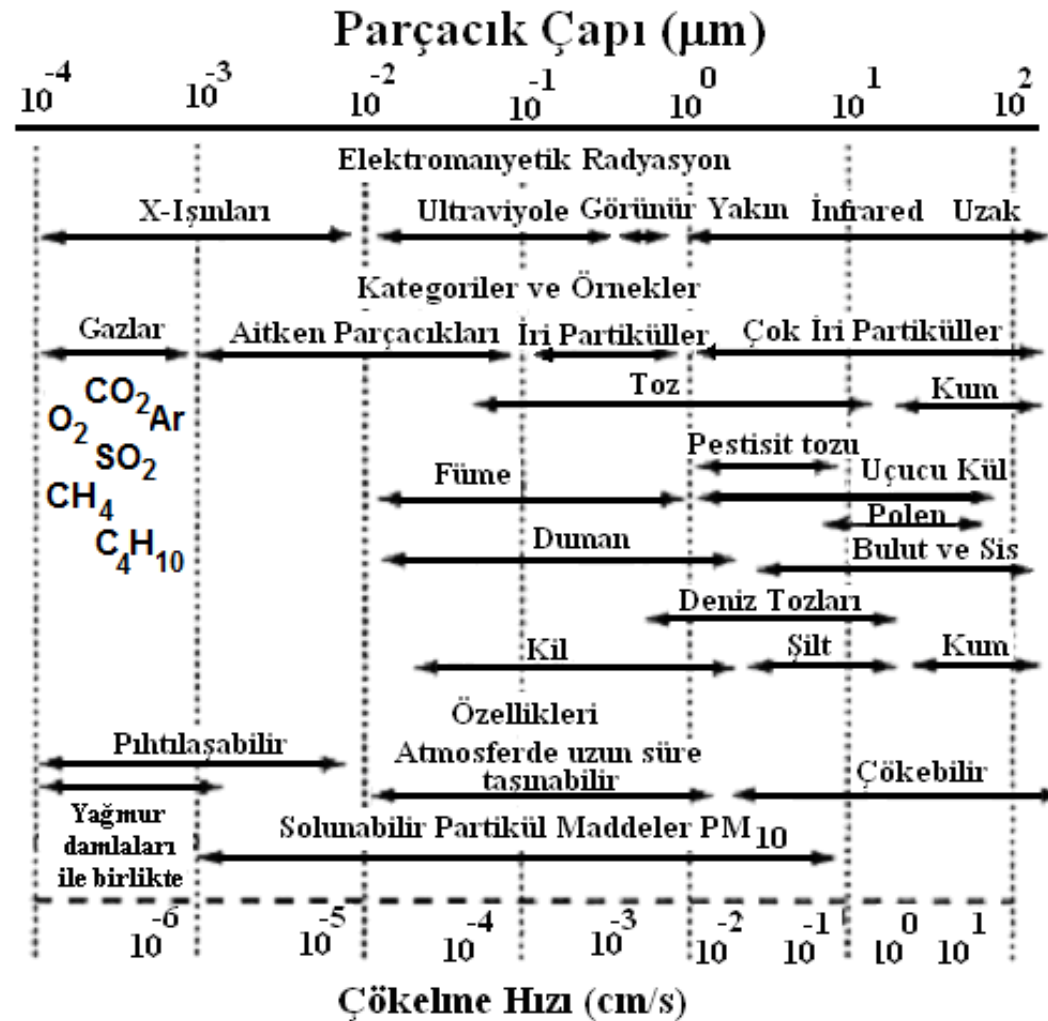
Partikül Maddeler (PM)

- Boyut, kaynak ve kimyasal yapıları bakımından kompleks bir karışım gösteren tozlardır.
- PM₁₀: kaba partiküller (aerodinamik $\text{çap} \leq 10 \mu\text{m}$)
 - Kısa sürede çökerler
- PM_{2.5}: ince partiküller (aerodinamik $\text{çap} \leq 2.5 \mu\text{m}$)
 - Atmosferde uzun süre kalırlar
- PM_{0.1}: süper ince partiküller (aerodinamik $\text{çap} \leq 0.1 \mu\text{m}$)

Table 4.1. Definitions of terms that describe airborne particulate matter.

<u>Term</u>	<u>Definition</u>
Particulate matter	Any material, except uncombined water, that exists in the solid or liquid state in the atmosphere or gas stream at standard condition.
Aerosol	A dispersion of microscopic solid or liquid particles in gaseous media.
Dust	Solid particles larger than colloidal size capable of temporary suspension in air.
Fly ash	Finely divided particles of ash entrained in flue gas. Particles may contain unburned fuel.
Fog	Visible aerosol.
Fume	Particles formed by condensation, sublimation, or chemical reaction, predominantly smaller than 1 micron (tobacco smoke).
Mist	Dispersion of small liquid droplets of sufficient size to fall from the air.
Particle	Discrete mass of solid or liquid matter.
Smoke	Small gasborne particles resulting from combustion.
Soot	An agglomeration of carbon particles.

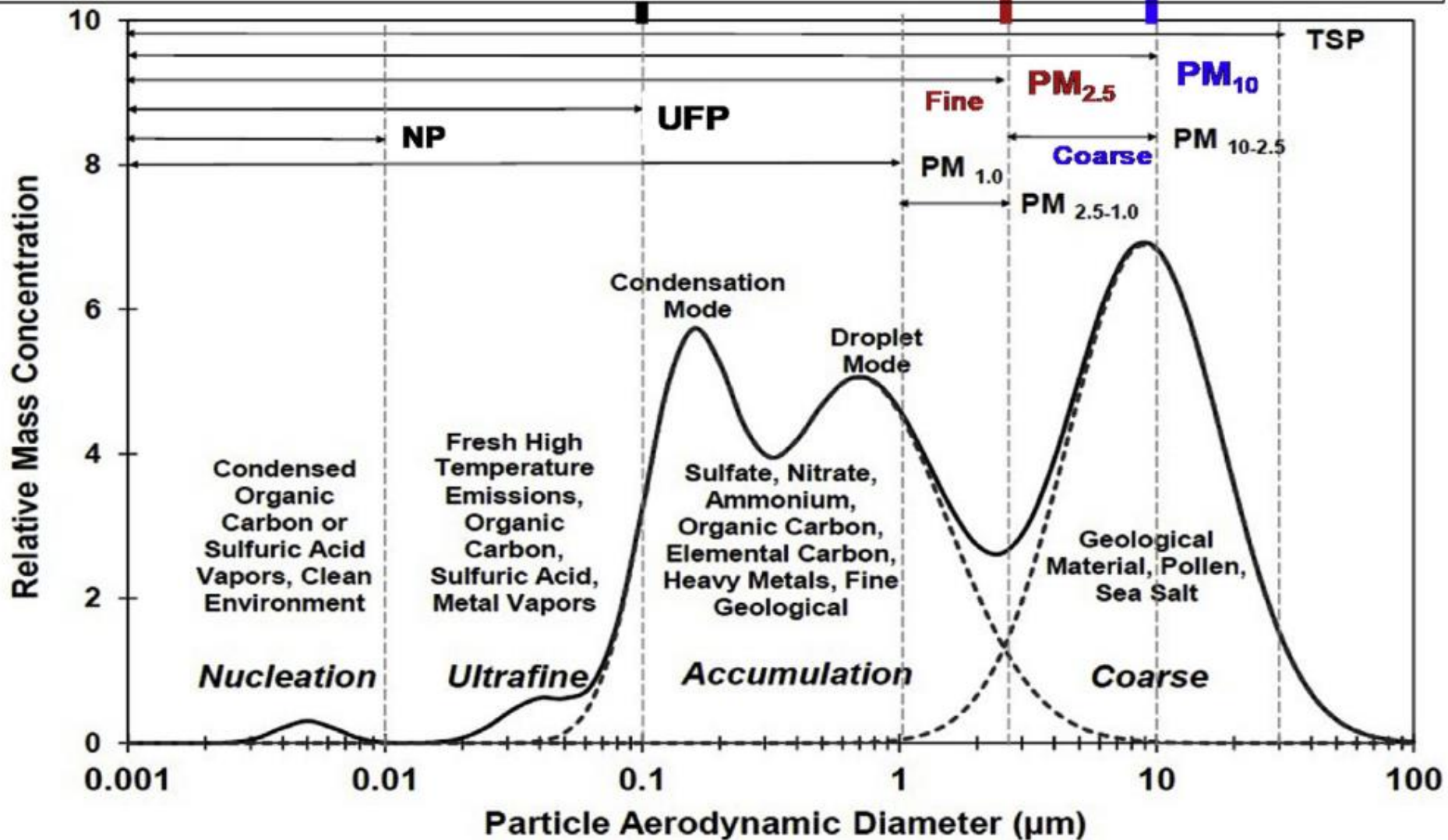
Partikül maddelerin boyut dağılımları, özellikleri ve çökme hızları



Suspension from disturbed soil (farming, mining, unpaved roads), construction, plant and animal fragments

Power plants, oil refineries, wildfires, residential fuel combustion, tailpipe and brake emissions

Fuel combustion (diesel, gasoline) and tailpipe emissions from mobile sources (motor vehicles, aircrafts, ships)



Partikül Maddelerin Kaynakları

Doğal

- Volkanlar
- Orman yangınları
- Deniz spreyleri
- Rüzgar ile taşınan çöl tozları
- Biyolojik kaynaklar (polenler, bakteriler gibi)
- Meteor parçacıkları

Antropojenik

- Ulaşım (dizel yakıt tüketen araç emisyonları)
- Isınma amaçlı tüketilen yakıtların yanması
- Odun sobaları
- Fosil kaynaklı güç santralleri
- Çimento fabrikaları
- Taş ocakları
- Katı ve tehlikeli atık yakma tesisleri
- Çeşitli endüstriyel faaliyetler

Partikül Maddelerin Kimyasal Yapıları

- Sülfat
- Nitrat
- Amonyum
- Organik bileşikler
- Asidik maddeler
- Metaller

Dizel yakıt emisyonlarında:

- n-alkanlar
- n-alkanoik asitler
- Aromatik aldehitler ve asitler
- Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH)

PM_{2.5} İçeriği

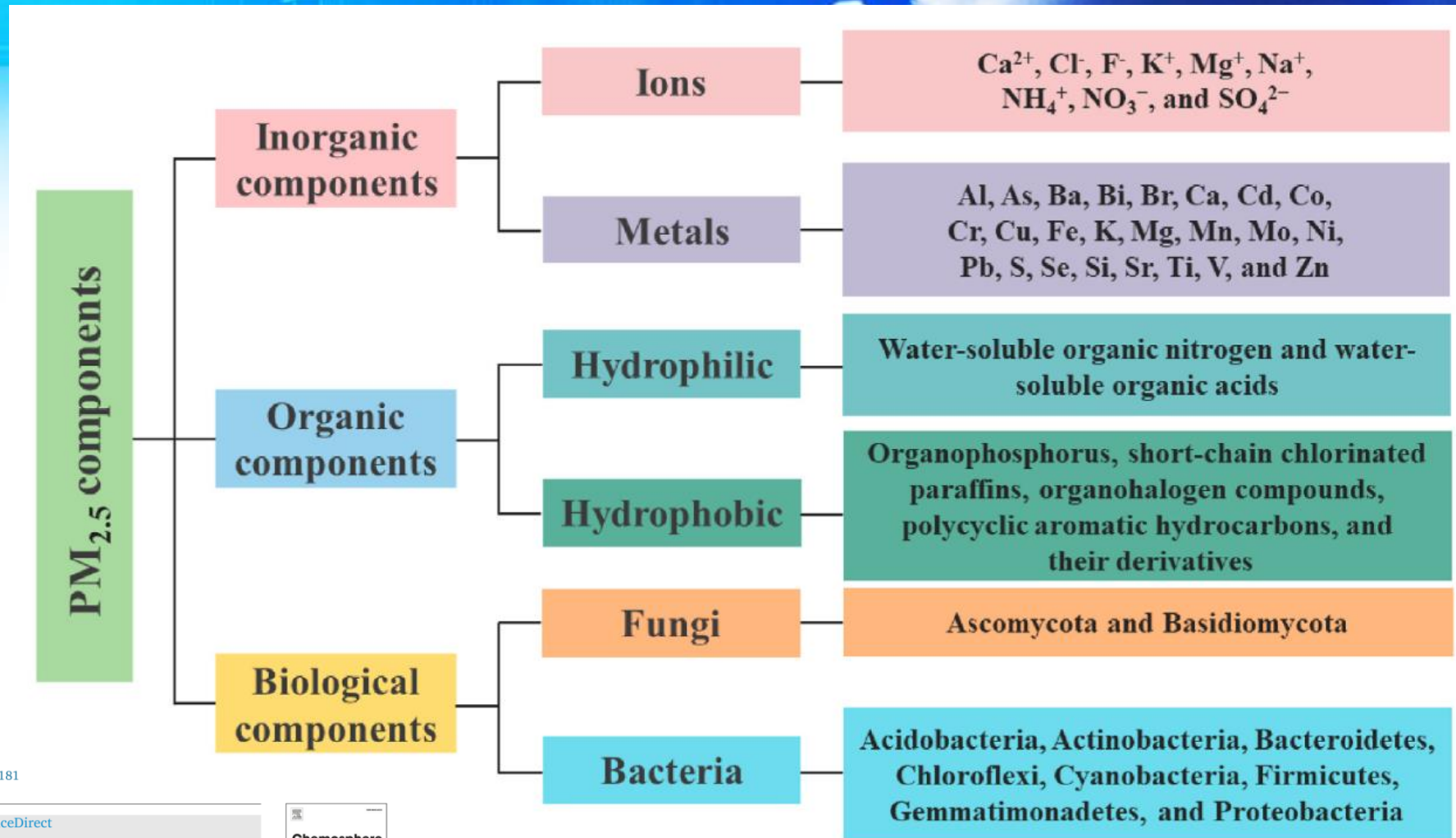


Fig. 3. Classification of components in PM_{2.5}.

Chemosphere 323 (2023) 138181

Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere



ELSEVIER



Overview of PM_{2.5} and health outcomes: Focusing on components, sources, and pollutant mixture co-exposure

Nan Nan^a, Zhipeng Yan^a, Yaru Zhang^a, Rui Chen^{b,c,**}, Guohua Qin^{a,*}, Nan Sang^a

Temiz ve kirli havadaki kirletici miktarları

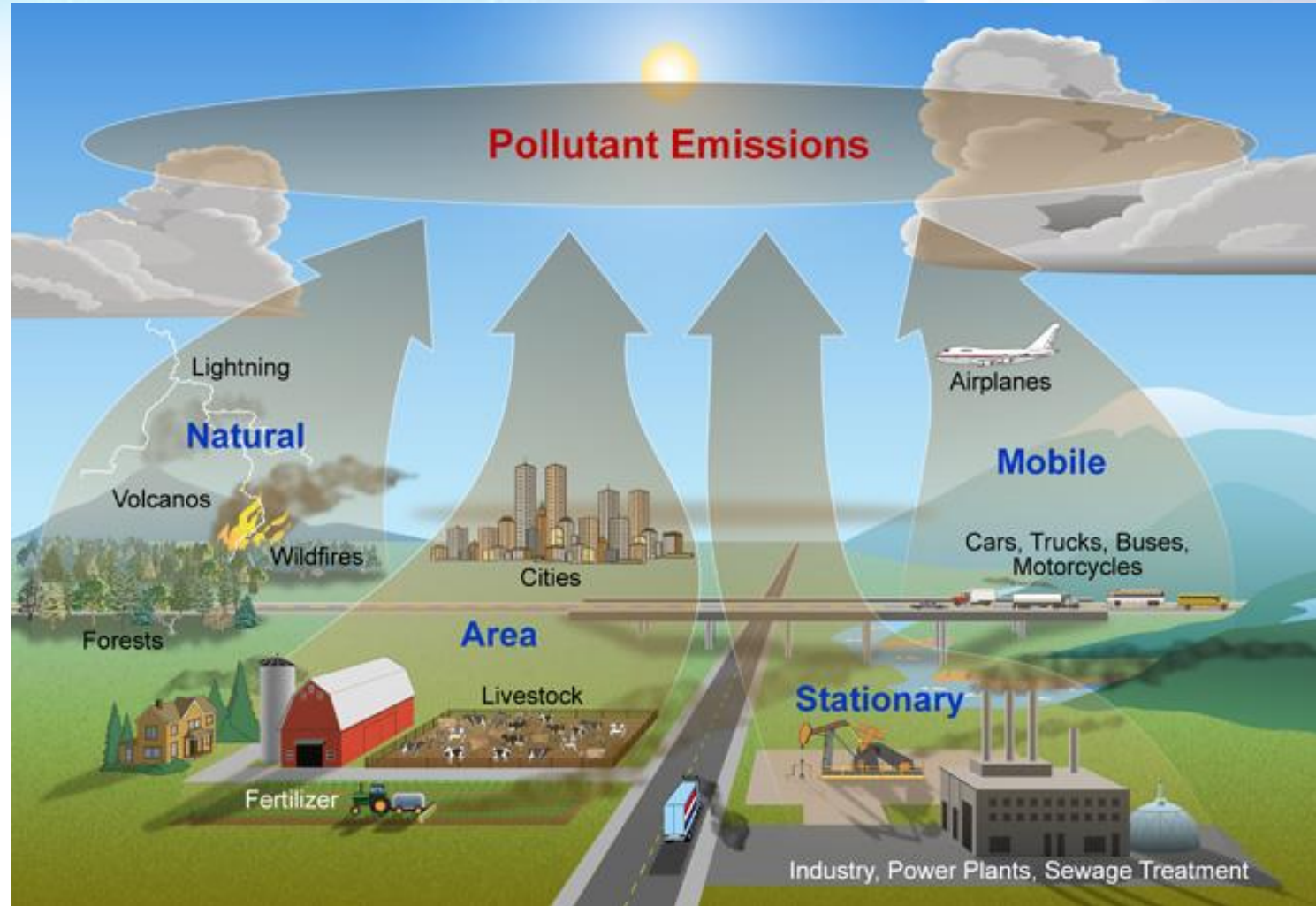
Hava Kirletici	Temiz kabul edilen havadaki konsantrasyon (ppm)	Kirli havadaki konsantrasyon (ppm)
SO ₂	0.001 - 0.01	0.02 - 3.2
CO	1	2 - 300
NO _x	0.001 - 0.01	0.30 - 3.5
Toplam hidrokarbonlar	1	1 - 20
Partikül madde	10 - 20 µg/m ³	260 - 3200 µg/m ³

Kirletici Konsantrasyon Birimleri

$$\begin{aligned} 1 \text{ ppm (vol) pollutant} &= \frac{1 \text{ liter pollutant}}{10^6 \text{ liter air}} \\ &= \frac{(1 \text{ liter}/22.4) \times \text{MW} \times 10^6 \mu\text{g/gm}}{10^6 \text{ liters} \times 298^\circ\text{K}/273^\circ\text{K} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{liter}} \\ &= 40.9 \times \text{MW} \mu\text{g/m}^3 \end{aligned}$$

25 °C ve 760 mmHg

Hava Kirleticilerinin Kaynakları



<https://www.nps.gov/subjects/air/sources.htm>

Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması

➤ Kaynaklarına göre:

- Antropojenik
- Doğal

➤ Harekete göre:

- Sabit
- Hareketli

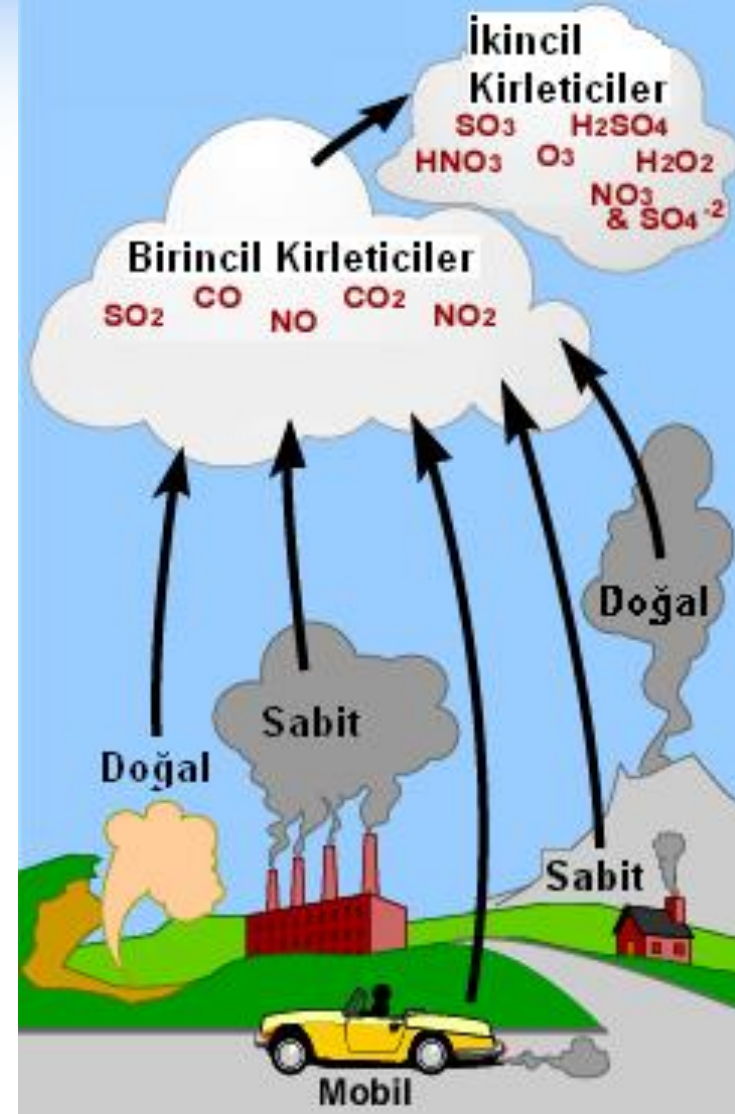
➤ Atmosferde oluşumlarına göre

- Birincil
- İkincil

➤ Kaynak türüne göre

- Noktasal
- Çizgisel
- Alansal

Hava kalitesi modellerine
veri girişi açısından
önemli!



Hava Kirleticilerinin Kaynakları

- CO: Araçlardan ve motorlardan yakıt yanması (ulaşım, konut ısıtması, endüstriyel işlemler).
- UOB'ler: Biyojenik emisyonlar, biyokütle yakımı, tarım, boya, kaplama, baskı kullanımı, yüzey temizliği, yakıt üretimi, dağıtımı ve yanması.
- NOx: Mobil kaynaklar ve sabit yanma kaynakları (araçlar, elektrik tesisatları, büyük endüstriyel kazanlar, odun yakma vb.) dahil olmak üzere her türlü yakıtın havada yanması.

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/psr-2016-0122/html>

Hava Kirleticilerinin Kaynakları

- SO₂: Elektrik enerjisi üretimi, endüstriyel işlemler (petrol rafinasyonu, demir dışı metal eritme vb.) için fosil yakıtların yakılması.
- PM: Malzeme taşıma işlemleri (cevherlerin kırılması veya öğütülmesi, kuru malzemelerin toplu olarak yüklenmesi), yanma işlemleri, endüstriyel işlemler, çiftçilik (sürme, tarla yakma), asfaltsız yollar ve yol inşaatları vb.

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/psr-2016-0122/html>

Birincil ve İkincil Kirleticiler

