

# Levegő- és vízvédelem

2018

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Vegyésszmérnöki és Biomérnöki Kar

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Előadó: Valentínyi Nóra

tanársegéd

A levegő összetétele és öntisztulása.  
A levegő fizikai állapotátározói és szerepük a  
levegőszennyezésben.  
A levegőszennyezés forrásai és fajtái.

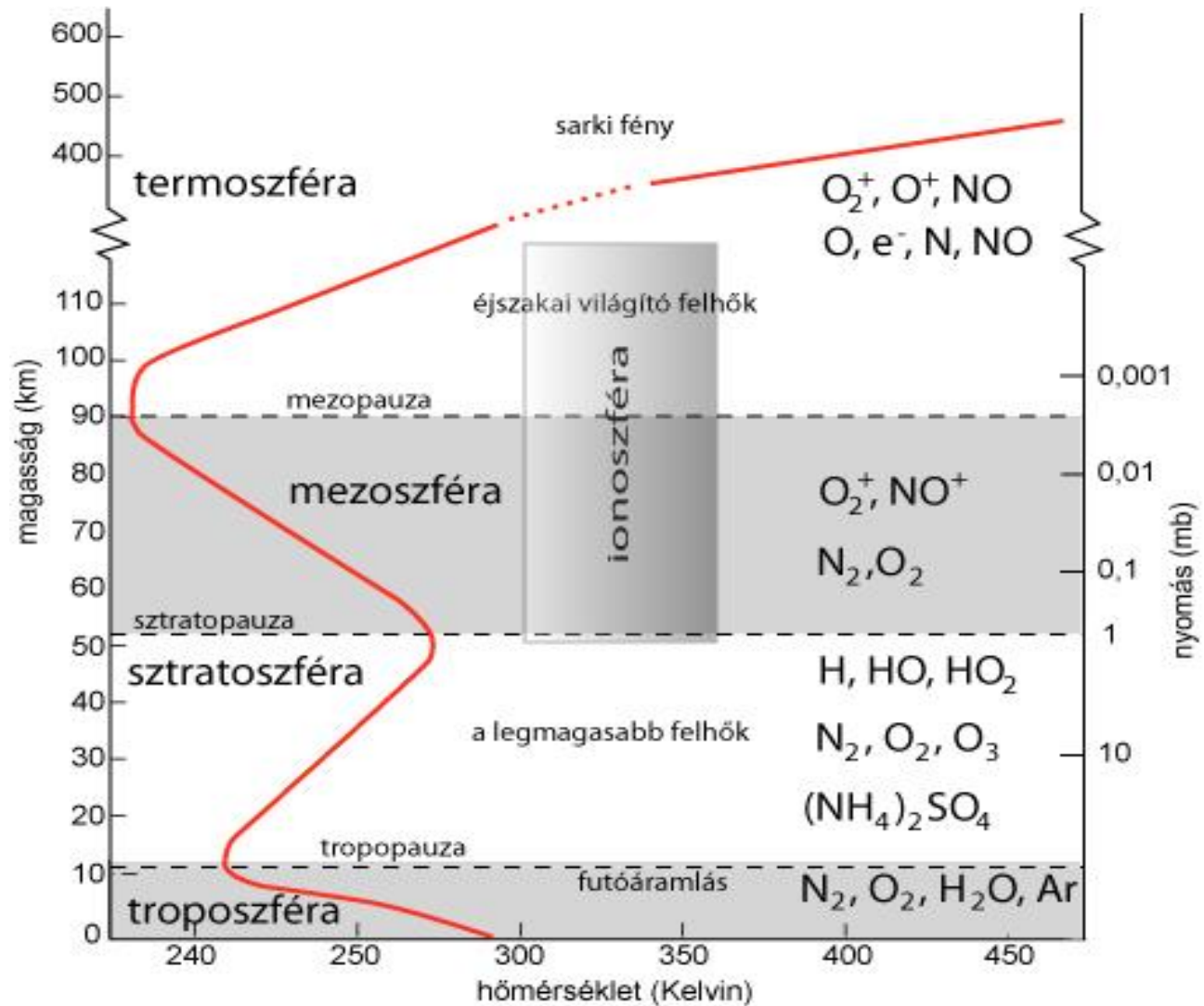
# A levegő szerepe

- ▶ **Levegő szerepe:**
  - ▶ biológiai anyagcsere egyik alapja
  - ▶ ipar és mezőgazdaság egyik legfontosabb nyersanyaga, üzemanyaga (energiatermelés)
  - ▶ közlekedés: repülés közege, nyers- és üzemanyag
- ▶ Levegővagyron arányos az ország területével
- ▶ Szennyezettsége általában az adott országon múlik, DE: határokon átívelő szennyezések

# Összetétel, öntisztulás

- ▶ Több ezer km vastag a Föld körül
- ▶ Sűrűsége felfelé csökken
- ▶ Állandó keveredés -> kb 80 km magasságig összetétele állandó: **homoszféra**
  - ▶ *troposzféra*:
    - felhőöv (pólusokon 8 km, Egyenlítő felett: 18 km, nálunk 10-11 km)
    - hőmérséklet csökk.:  $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$
    - hőenergiája a földfelszíntől
  - ▶ *sztratoszféra*:
    - hőmérséklet a magassággal emelkedik
    - 50 km-ig tart ( $\sim 0^{\circ}\text{C}$ )
    - hőenergia Nap UV sugárzásából,  $\text{O}_3$  réteg elnyeli
  - ▶ *mezoszféra*:
    - hőmérséklet felfelé csökken

# Légkör szerkezete

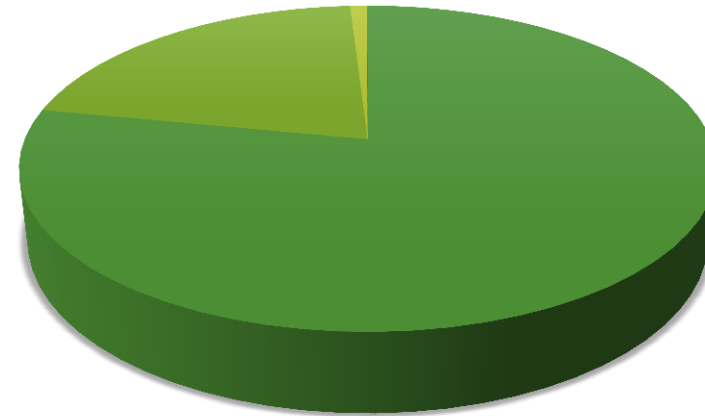


<http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kornyeztan9/www/out/html-chunks/ch17s02.html>

# A levegő összetétele

- ▶ Gázok + szilárd és cseppfolyós részek: aerodiszperz rendszer
- ▶ Alapgázok:

Gázok	Térfogat%
nitrogén (N <sub>2</sub> )	78,09
oxigén (O <sub>2</sub> )	20,95
argon (Ar)	0,93
szén-dioxid (CO <sub>2</sub> )	0,03
hidrogén és nemesgázok	0,01

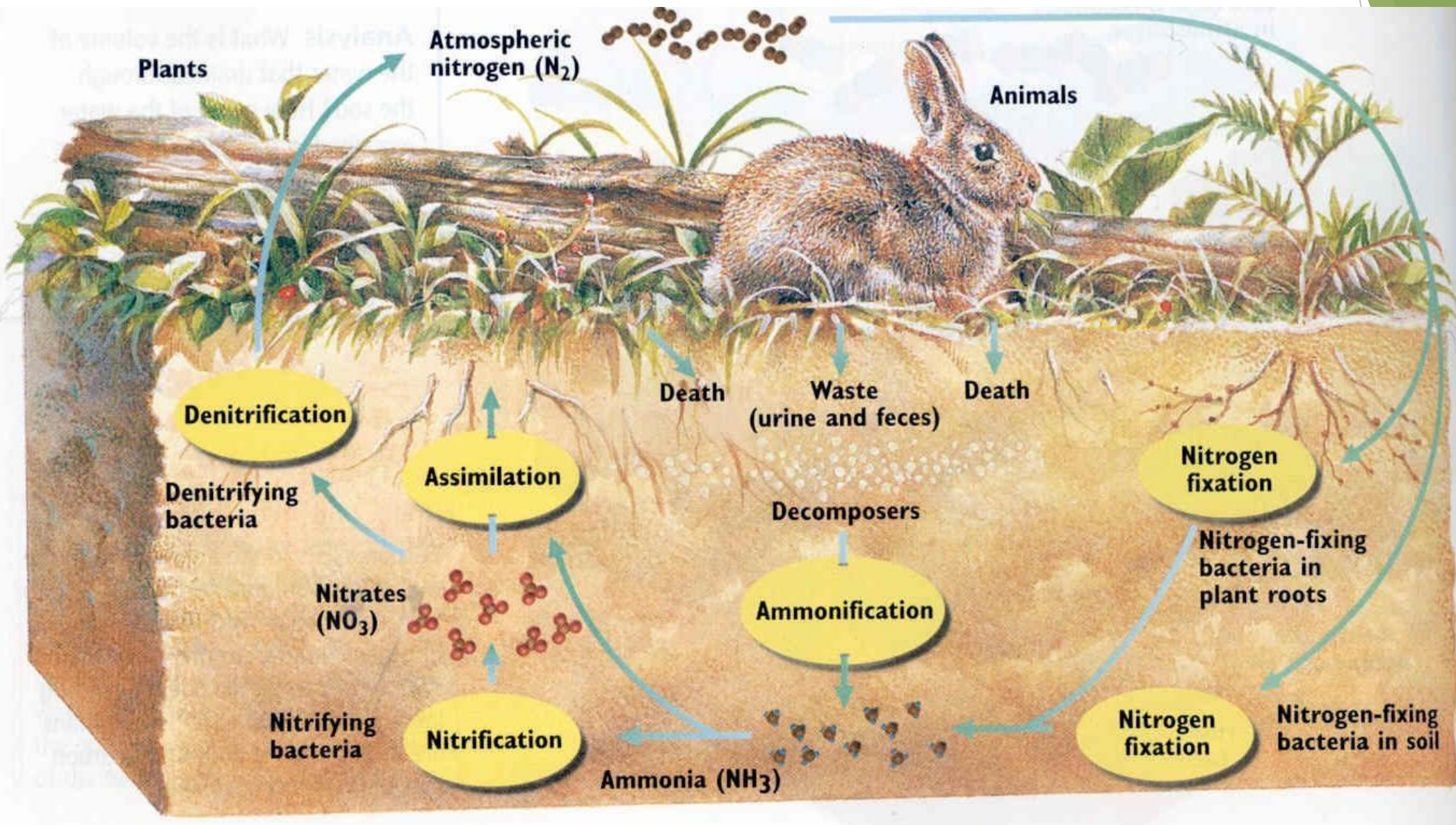


- nitrogén (N<sub>2</sub>)
- oxigén (O<sub>2</sub>)
- argon (Ar)
- szén-dioxid (CO<sub>2</sub>)
- hidrogén és nemesgázok

# A levegő összetétele

## ▶ Nitrogén

- ▶ atmoszféra jelentős hányadát teszi ki
- ▶ színtelen, szagtalan, kémiailag és biológiailag gyakorlatilag teljesen közömbös gáz
- ▶ fontos szerep a szerves, biológiai körforgásban
- ▶ eredete vitatott, földi eredetet feltételeznek
- ▶ ma: mikroorganizmusok működnek közre a létrehozásában
- ▶ N-körforgás:
  - ▶ termőtalaj: nitrifikáló baktériumok
  - ▶ növények gyökereiken keresztül felveszik, beépítik
  - ▶ állatok, emberek elfogyasztják, szerves anyagba épül
  - ▶ élő szerves anyagok elhalásával visszakerül a talajba (korhadás, bomlás)
  - ▶ denitrifikáló baktériumok bontják le, végül újra  $N_2$



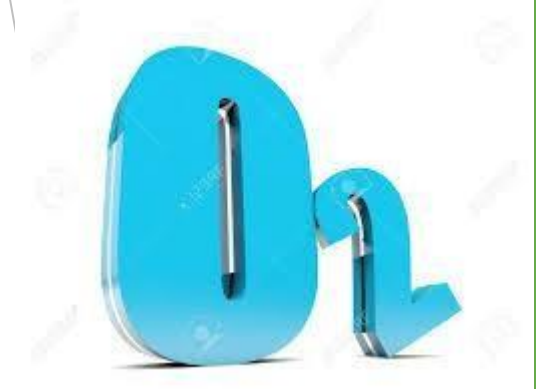
<https://image.slidesharecdn.com/nitrogencycle-100630105502-phpapp01/95/nitrogen-cycle-1-728.jpg?cb=1331620263>



# A levegő összetétele

## ▶ Oxigén

- ▶ atmoszféra ősgázai között nem volt jelen (kezdetben redukáló légkör)
- ▶ első élő szerveződések anaerobok voltak (mélységi vizekben)
- ▶ törzsfelődés -> klorofill: fotoszintézis  
 $\text{CO}_2 + \text{napfény} \rightarrow \text{O}_2 + \text{szerves építőanyag}$
- ▶ termelés-fogyasztás kvázi egyensúlya: állandó mennyiség
- ▶ de! erdőirtás, elsivatagosodás



# A levegő összetétele

## ▶ CO<sub>2</sub>

- ▶ kozmikus gázok disszipációja után a szilárd övekből felszabadult másodlagos légköri komponens
- ▶ ósztatmoszférában magasabb szint
- ▶ kémiai reakciók, bioszféra, fotoszintézis -> koncentrációja csökken
- ▶ ma felborult egyensúly: szerves anyag bomlás <-> fotoszintézis
- ▶ egyéb természetes forrás: vulkáni tevékenység
- ▶ emberi tevékenység:
  - ▶ fosszilis tüzelőanyagok elégetése -> üvegházhatás

Időszak	Karbon-kibocsátás CO <sub>2</sub> formájában
1945	1 milliárd tonna
1960	2,5 milliárd tonna
ma	7 milliárd tonna

Típus	Összetevő	Térfogat%	ppm	Tartózkodási idő
Állandó	Nitrogén (N <sub>2</sub> )	78,084		10 <sup>6</sup> év
	Oxigén (O <sub>2</sub> )	20,947		5·10 <sup>3</sup> év
	Argon (Ar)	0,934		∞
	Neon (Ne)		18,18	∞
	Hélium (He)		5,24	∞
	Kripton (Kr)		1,14	∞
	Xenon (Xe)		0,087	∞
Változó	Szén-dioxid (CO <sub>2</sub> )		380	15 év
	Metán (CH <sub>4</sub> )		1,774	4 év
	Hidrogén (H <sub>2</sub> )		0,5	6,5 év
	Dinitrogén-oxid (N <sub>2</sub> O)		0,32	8 év
	Ózon (O <sub>3</sub> )		0,04	≈ 2 év
Erősen változó	Szén-monoxid (CO)		0-0,05	≈ 0,3 év (100 nap)
	Vízgőz (H <sub>2</sub> O)	0-4		10-14 nap
	Nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )		0-0,003	≈ 6 nap
	Ammónia (NH <sub>3</sub> )		0-0,02	≈ 7 nap
	Kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )		0-0,002	≈ 4 nap
	Kén-hidrogén (H <sub>2</sub> S)		0-0,003	≈ 2 nap

# A levegő összetétele

- ▶  $\text{CO}_2$  áll. 0,03 tf%
  - ▶ tenger, légkör, bioszféra közti egyensúly
  - ▶ Föld sugárzási mérlegében van szerepe
- ▶ Alapgázokon kívüli gáz, cseppfolyós, szilárd aeroszolok a bioszféra dinamikus anyagcseréje miatt:
  - ▶ Vízgőz (~1%): szilárd vagy gáz kondenzációs magvakon kicsapódik -> köd
    - ▶ öntisztulásban nagy szerep, eső
  - ▶ nem antropogén  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ : biológiai, légköri (villámlás), vulkanikus eredet
  - ▶  $\text{O}_3$ : légkör energiaháztartása, védelem az UV sugárzás elnyelésével
  - ▶ nitrogénvegyületek:  $\text{N}_2\text{O} > \text{NH}_3 > \text{NO}_2$
  - ▶ kénvegyületek:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , összesen 100 millió t kibocsátás, fele antropogén
  - ▶ cseppfolyós, szilárd aeroszolok föld-, óceánfelszínről diszpergálódással, vulkánkitörések, reakciók útján levegőben képződik
  - ▶ aeroplankton: levegőben lebegő élőlények
  - ▶  $^{222}\text{Rn}$  talajból levegőbe -> aeroszolok ált. radioaktívak

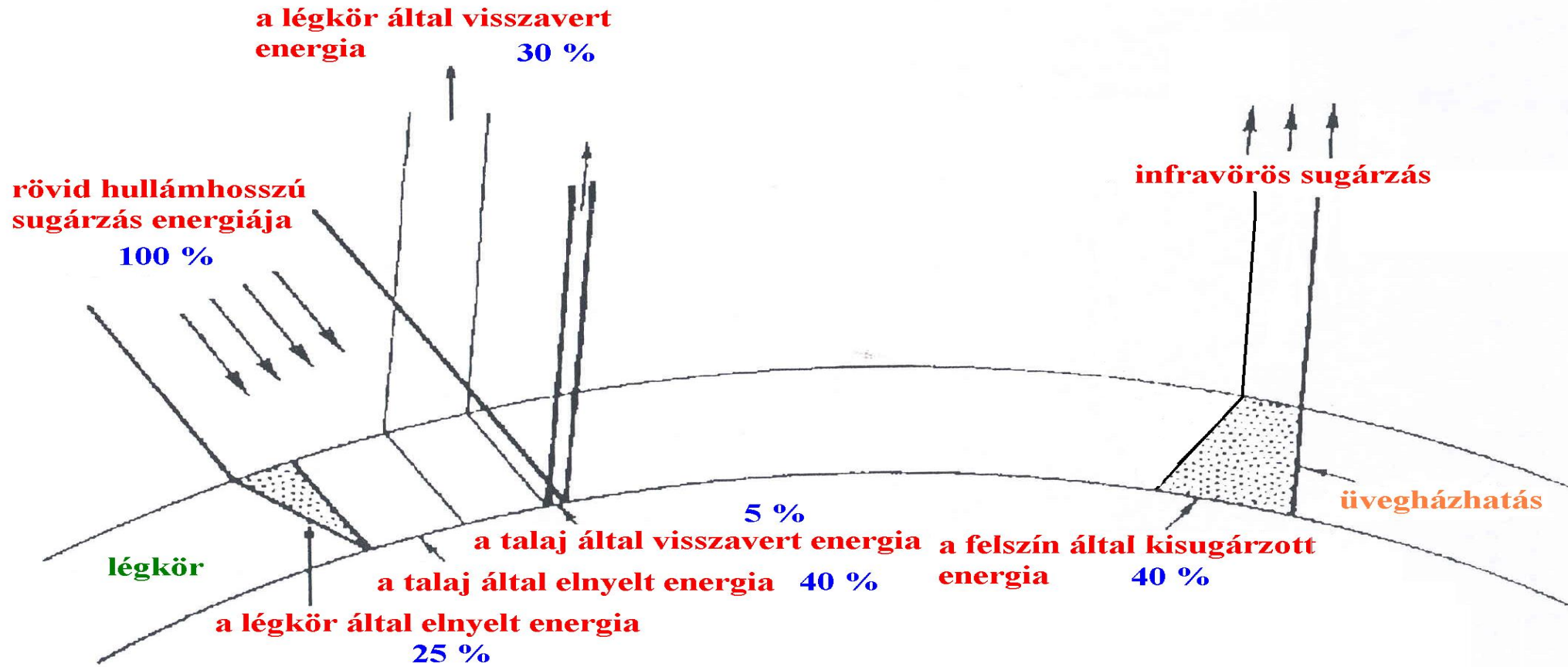
# Üvegházhatás



<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/node/4881>

rövidhullámú  
sugárzás áthalad

# A Föld energiamérlege

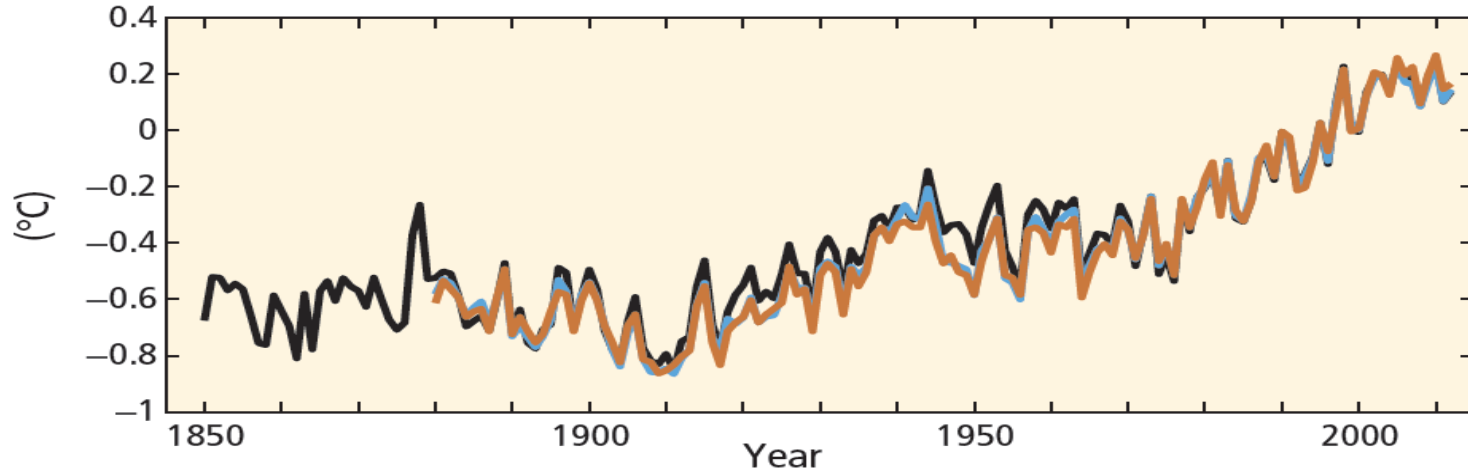


# Üvegházhatású gázok

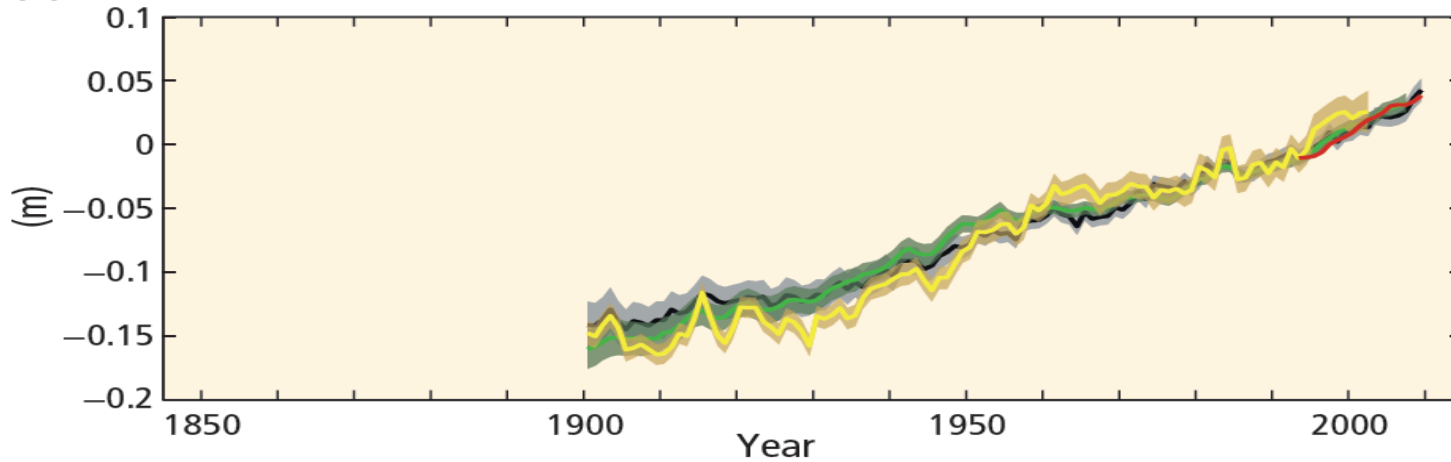
Üvegházgáz	Tartózkodási idő (év)	Üvegházhatás		
		Időhorizont (év)		
		20	100	500
CO <sub>2</sub>	4	1	1	1
CF <sub>4</sub>	50.000	4.100	6.300	9.800
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10.000	8.200	12.500	19.100
CH <sub>4</sub>	7	62	25	7,5
N <sub>2</sub> O	200	290	320	180

# Globális klímaváltozás

**(a) Globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly**



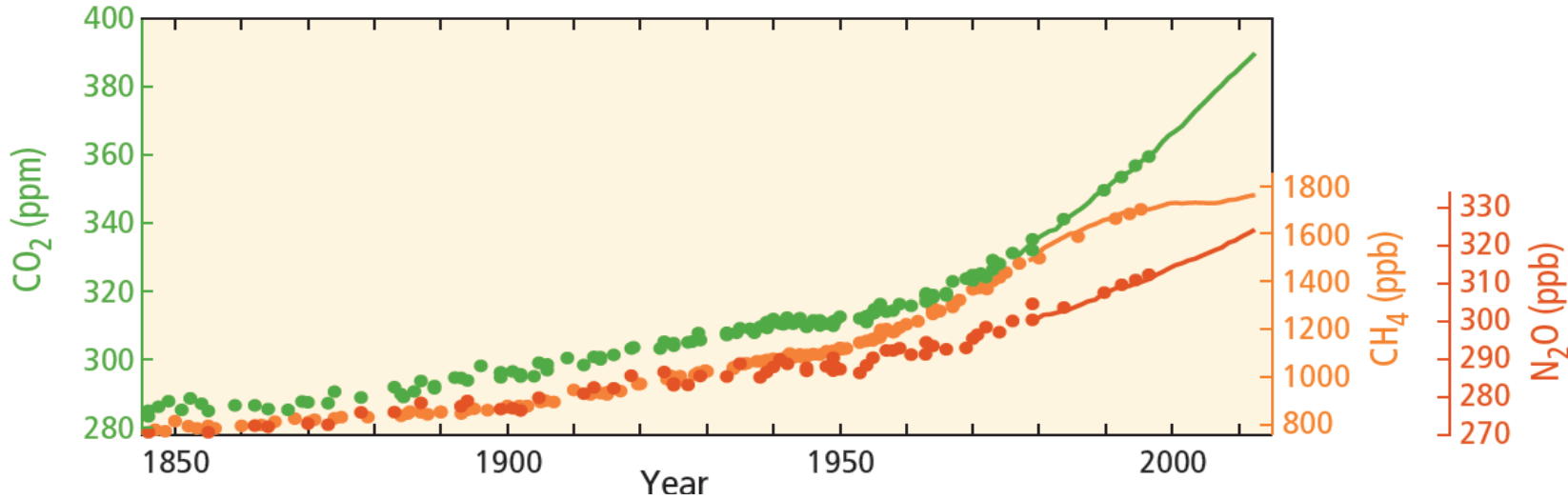
**(b) Globally averaged sea level change**



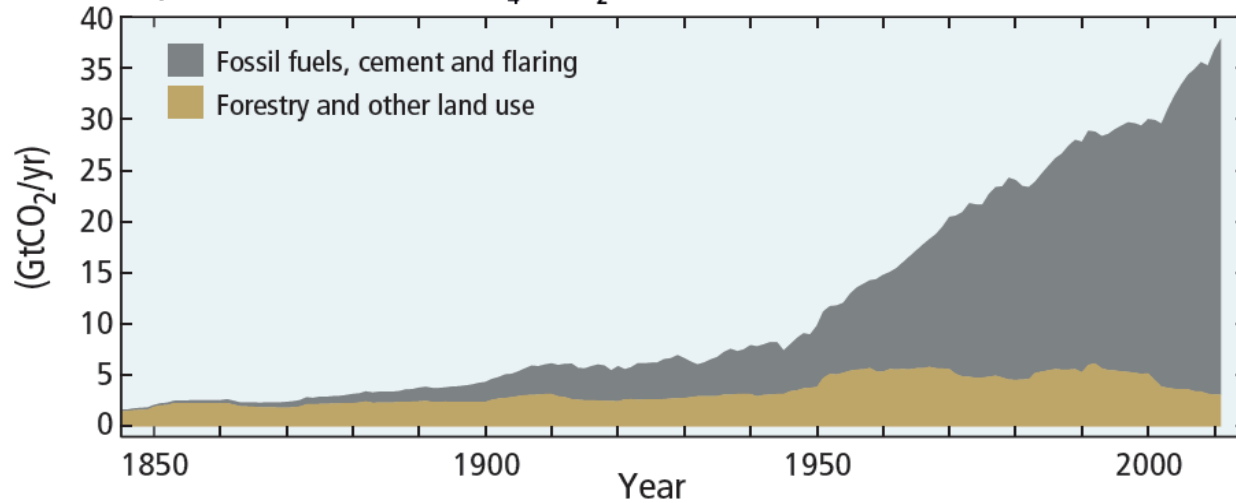


# Globális klímaváltozás

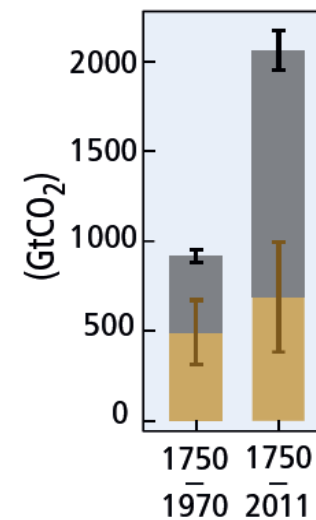
(c) Globally averaged greenhouse gas concentrations



(d) Global anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions  
Quantitative information of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emission time series from 1850 to 1970 is limited



Cumulative CO<sub>2</sub> emissions



# Légkörbe kerülő komponensek forrásai

## ► Természetes:

- vulkán-tevékenység (porok, gőzök és gázok ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ))
- homokviharok ( $\text{SiO}_2$ ,)
- szerves anyagok bomlástermékei (bűzösek - ammónia, kén-hidrogén, aminok és merkaptánok, stb.)
- erdőtüzek ( $\text{CO}_2$ , korom, szén-hidrogének))
- szél-erózió (karbonátokból, szulfátokból és oxidokból áll (pl.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SiO}_2$  stb.))
- tengervíz hullámozás
- pollenek



# Légekörbe kerülő komponensek forrásai

## ▶ Mesterséges

- ▶ ipar
- ▶ bányászat
- ▶ mezőgazdaság (insecticidek, herbicidek, fungicidek, klórozott szén-hidrogének, hormon hatású vegyületek)
- ▶ közlekedés (por, korom, szén-hidrogéneket és származékaik, kén-dioxid, szén-oxidok (CO, CO<sub>2</sub>), nitrogén-oxidok)
- ▶ háztartások (tökéletlen égés a tüzelőberendezésekben)
- ▶ energiafogyasztás



# Légkörbe kerülő komponensek forrásai

- ▶ A természetes forrásokhoz nyelőfolyamatok is kifejlődtek (kémiai reakciók, biológiai folyamatok, fizikai folyamatok, kiülepedés, óceán és föld elnyelése) => egyensúly
- ▶ Mesterséges folyamatok száma, mennyisége gyorsan nő, nincsenek nyelőfolyamatok => komoly környezeti következmények

# Légszennyezés

## Szennyezett levegő: amikor

- ▶ az adott légtér a természetes alkotóktól minőségileg eltérő komponenseket tartalmaz, vagy
- ▶ a természetes alkotók a szokásostól eltérő mennyiségben szerepelnek,

és ezek az ember testi, szellemi, társadalmi vagy biológiai környezetét és tevékenységét kedvezőtlenül, illetve károsan befolyásolják.

- ▶ Légszennyezés a háttérszennyezettségen túl mesterséges forrásokból
- ▶ Légszennyezők koncentrációját befolyásolják:
  - ▶ mennyi szennyező kerül a légkörbe
  - ▶ mekkora levegőtérfogatba
  - ▶ mennyi szennyező távozik a légkörből
- ▶ Emisszió:
  - ▶ elsődleges,
  - ▶ másodlagos (kölsönhatások, reakciók)

# Levegő öntisztulása

- ▶ Szennyező kikerülése a légkörből
  - ▶ ülepedés - szedimentáció
  - ▶ kihullás: radioaktív anyagok esetén
  - ▶ impakció, precipitáció (termo-, elektro-) -felületekhez ütközés, tapadás
  - ▶ ad-, abszorpció : tengerek, talaj, élővilág
  - ▶ kondenzálódás, kimosódás : csapadék mosó hatása
- ▶ Átalakulás más, közömbös anyaggá
- ▶ Koncentráció-csökkenés, hígulás (helyi pozitív hatás)
  - ▶ diffúzió
  - ▶ szelek, légmozgások

# Levegő fizikai állapothatározói

- ▶ Időjárás: pillanatnyi fizikai állapot - meteorológia
- ▶ Éghajlat: időjárások összessége egy adott helyen - klimatológia
- ▶ Fizikai állapothatározók:
  - ▶ léghőmérséklet
  - ▶ légnyomás
  - ▶ nedvességtartalom
  - ▶ felhőzet
  - ▶ látástávolság
  - ▶ szélesebesség
  - ▶ szélirány
- ▶ Óránkénti észlelések, mérések

# Befolyásoló tényezők

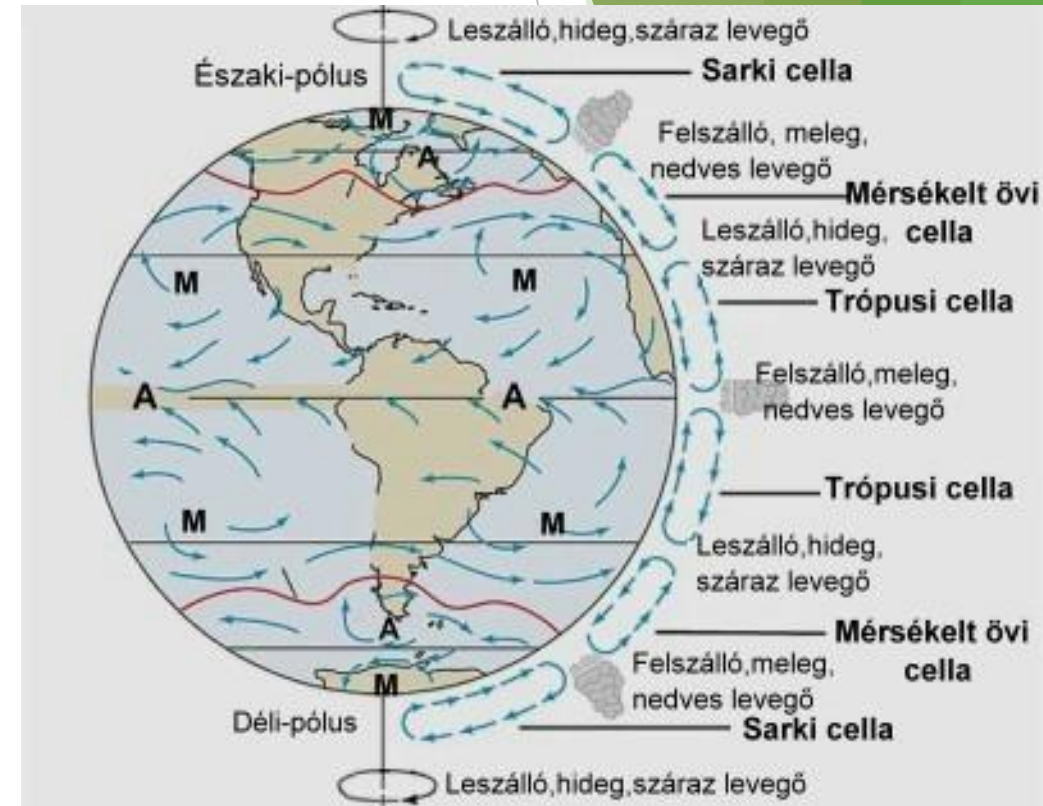
## ► Időjárás

### ► légáramlatok:

napsugárzás -> talaj közeli légréteg melegszik, sűrűsége csökken -> emelkedik, helyére hidegebb légtömeg -> ennek pótlására magasabb rétegekből lefelé áramlik a levegő

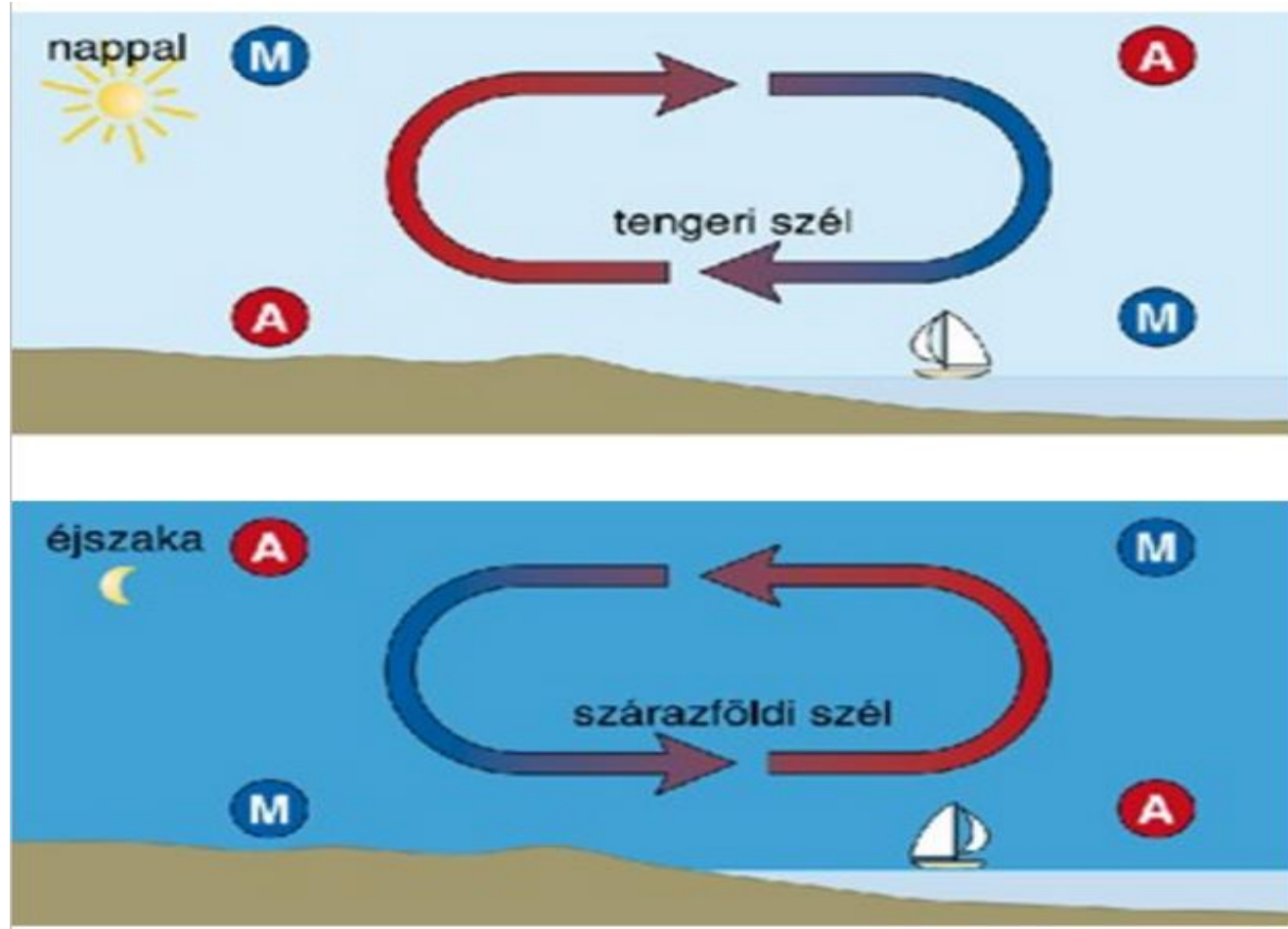
## ► Klíma

- földrajzi szélesség,
- tengertől való távolság,
- szélirány,
- páratartalom ingadozás,
- tengerszint feletti magasság,
- domborzat





# Légáramlatok



# Befolyásoló tényezők

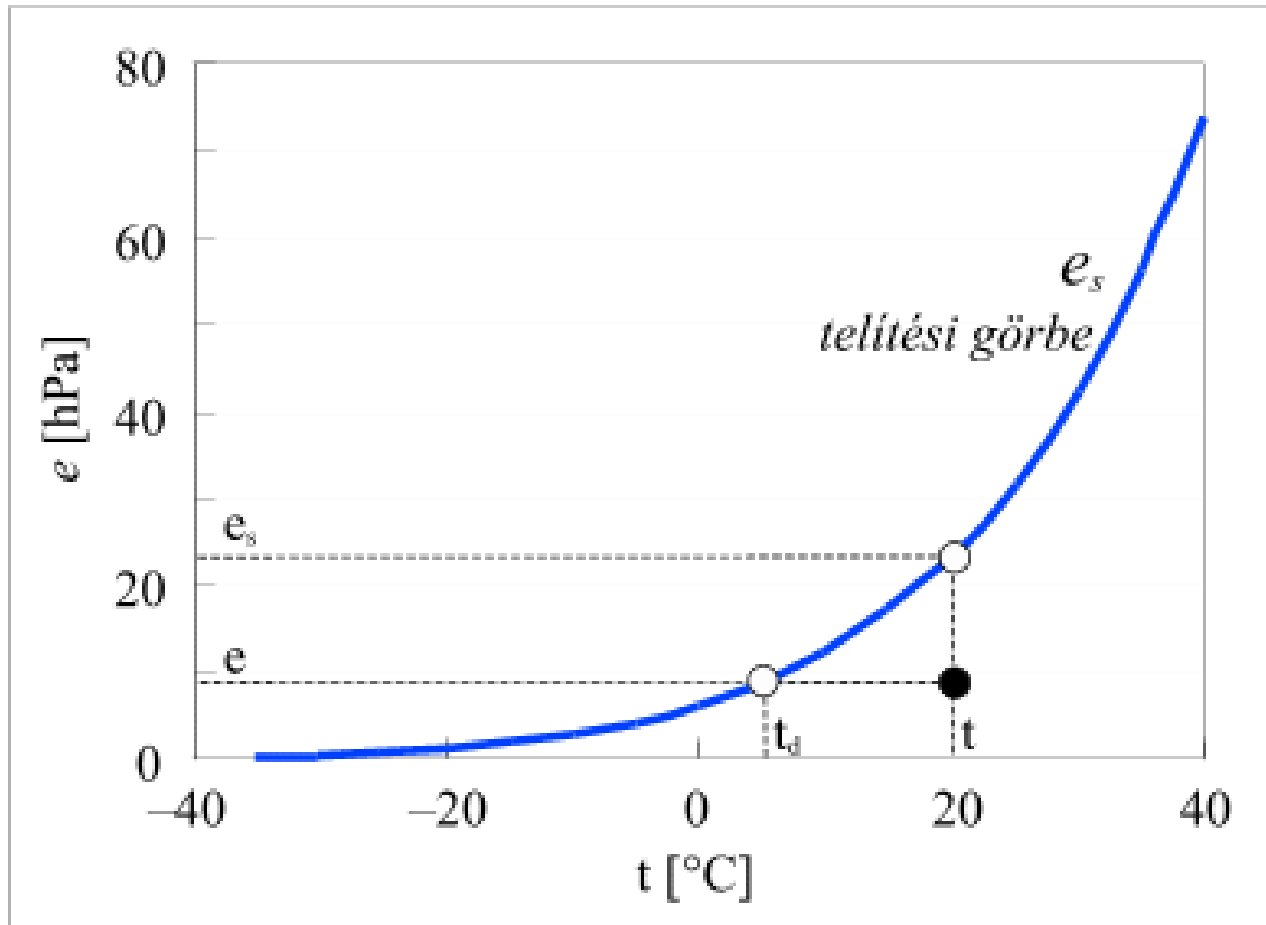
- ▶ Szennyező-koncentráció csökkenéséhez 8-10 m/s szél szükséges, jelentős turbulenciával
  - ▶ Turbulencia nő <- szélirányváltozás, szellőkés, függőleges szél
  - ▶ Turbulens mozgások >>> diffúzió
  - ▶ domborzat lehet káros is (magas kémény, korai füstlecsapódás)
- ▶ Inverziós réteg:
  - ▶ melegebb légréteg az alatta lévőnél => nincs keveredés
  - ▶ 300 m alatt kritikus a hatása

# Befolyásoló tényezők

- ▶ Felhőzet: árnyékol, akadályozza a felmelegedést, záróréteg (kedvezőtlen)
- ▶ Nedvességtartalom:
  - ▶ kölcsönhathat a szennyezőkkel
  - ▶ abszolút nedvességtartalom: g vízpára / 1m<sup>3</sup> levegő
  - ▶ relatív nedvességtartalom
    - ▶ páratartalom a telítési vízgőztartalomhoz képest
    - ▶ szárazföldi klímán nyáron 40-60%, télen 70-90%, köd 100%
    - ▶ hőmérséklettel kell megadni

# Befolyásoló tényezők

## ► Nedvességtartalom:



$t_D$ : harmatponti hőmérséklet (az a hőmérséklet (°C), amelyre a levegőt állandó nyomás mellett lehűtve, az telítetté válik)

$e_s$ : telítési gőznyomás ( $t$  hőmérsékletű telített levegőben levő vízgőz parciális nyomását)

# Befolyásoló tényezők

- ▶ Csapadék:
  - ▶ vízgőz a kondenzációs magokon (füst, korom, por, stb.) kondenzálódik
  - ▶ 10  $\mu\text{m}$ -ig felhő
  - ▶ ha 10  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb -> csapadékként le hull
- ▶ Hirtelen lehűléskor jégeső, nincs ideje kristályosodni
- ▶ Levegőt átmossa
- ▶ Kondenzációs hő -> felmelegszik a levegő

# Befolyásoló tényezők

- ▶ Nagyobb szemcseméretű szilárd légszennyezők kiülepednek
- ▶ Kisebbek agglomeráció után ülepednek
- ▶ Hidrofil porok nem agglomerálódnak, víz veszi körül, nagy tartózkodási idő
- ▶ Gázok hatására hidrofób porok is hidrofilek lehetnek => légnedvesség stabilizáló hatása

# Szmog

- Szennyezők szinergizmusa, károsabb hatás: pl porok felületén gázok kötődhetnek meg
- füstköd (szmog)
- ▶ Londoni szmog:
  - ▶ szén- és olajtüzelés miatt
  - ▶ téli időszakban
  - ▶ magas nedvességtartalom
  - ▶ SO<sub>2</sub>, CO, korom
  - ▶ hajnalban alakul ki, inverziós állapot



# Szmog

- szennyezők szinergizmusa: pl porok felületén gázok kötődhetnek meg
- füstköd (szmog)
  - ▶ Los Angeles-i szmog
    - ▶ gépjárműforgalom
    - ▶ erős napsugárzás, magas páratartalom
    - ▶ NO<sub>x</sub>, szénhidrogének
    - ▶ napfény katalizálta átalakulás: O<sub>3</sub>, szerves vegyületek
    - ▶ nyáron, déli órákban





# Légszennyezés hatása

- ▶ Légszennyező anyagok káros hatása tehát függ:
  - ▶ szennyező koncentrációjától
  - ▶ más, együtt jelenlévő szennyezők
  - ▶ meteorológiai viszonyok, pl.: köd
  - ▶ környezet topográfiája
- ▶ A kibocsátások szabályozásánál ezeket figyelembe kell venni

# Légszennyező források

- ▶ Levegőszennyező: azok az anyagok, amelyek olyan mértékben jutnak a levegőbe, hogy az embert és környezetét kedvezőtlenül befolyásolják, károsítják
- ▶ Mesterséges források:
  - ▶ Területileg általában koncentráltak: iparterületek, városok
  - ▶ korlátolt nagyságú légtérbe jutnak
- ▶ Légszennyező források: berendezések, épületek, járművek, szabadba elhelyezett anyagok (meddőhányó, szemétkerakó)
- ▶ Fő típusok:
  - ▶ pontforrás
  - ▶ felületi, diffúz forrás

# Pontforrások

- ▶ Ún. koncentrált paraméterű források
- ▶ A légszennyezők koncentrációja és a hordozó gázok térfogatárama => káros anyagok mennyisége egyértelműen meghatározható.
- ▶ Nem csak gépi berendezés biztosíthatja a gázáramlást (ventilátor, szivattyú)
- ▶ Lehet kémény, kürtő, szellőző
- ▶ Egy pontból lépnek ki
- ▶ Magas forrásoknál a légkör hígító képessége optimálisan tud működni

# Felületi forrás

- ▶ Szórt paraméterű, diffúz források
- ▶ A kibocsátó felület meghatározható, de a hordozó gázáram nem
- ▶ Mennyiségére csak közvetett mérések, számítások alkalmazhatók
- ▶ Meteorológia már a kilépést is befolyásolja, nem csak a terjedést
- ▶ Vonalas szennyezők: közút, vasút, víziutak, légifolyosók
  - ▶ Járművek száma, kibocsátása határozza meg az összes szennyezést

# Légszennyezés folyamata



## ▶ Emisszió:

- ▶ időegység alatt a levegőbe bocsátott anyag mennyisége [kg/h]
- ▶ Kibocsátás koncentrációja [g/Nm<sup>3</sup>] a szennyezők a hordozó gáz normál térfogatára vonatkoztatott mennyisége

## ▶ Transzmisszió:

- ▶ hígulás, ülepedés, fizikai-kémiai változások
- ▶ légkörfizikai jelenségek mérése útján számítják

## ▶ Immisszió:

- ▶ környezeti levegőminőség
- ▶ a szennyezők talajközeli levegőben kialakult koncentrációja

# Légszennyezők csoportosítása

## ▶ Halmazállapot szerint:

- ▶ Szilárd
- ▶ Cseppfolyós
- ▶ Gáz: mg/m<sup>3</sup>, mg/Nm<sup>3</sup>, ppm

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{cm}^3 \text{ (légszennyező anyag)}}{\text{m}^3 \text{ (levegő)}}$$

A ppm a gáz hőmérsékletétől, nyomásától nem függ

Átszámítás tömegre:

$$\text{ppm} = \frac{V}{M} k$$

ahol  $V$  a légszennyező moláris térfogata (cm<sup>3</sup>/mmol)

$M$  a szennyező moláris tömege (mg/mmol)

$k$  a tömeg szerinti konc. (mg/m<sup>3</sup>)

# Légszennyezők csoportosítása

- ▶ Por- és ködszennyeződés esetén tömeg szerinti (pl.  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ) vagy részecskeszám szerinti koncentráció ( $\text{db}/\text{cm}^3$ )
- ▶ Ülepedő porok esetén porszóródás [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{hónap})$ ] vagy [ $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{év})$ ]
- ▶ Diszpergált részecskék ülepedése:
  - ▶ 1000-10  $\mu\text{m}$  : gyors ülepedés, ülepedő porok
  - ▶ 10-0,1  $\mu\text{m}$  : lassú ülepedés, stabil aeroszolok, lebegő porok
  - ▶ 0,1-0,001  $\mu\text{m}$  : nem ülepednek, hígulás gázokéhoz hasonló

# Aeroszolok

## Diszperziós aeroszolok:

- ▶ szilárd vagy folyékony anyagok aprítása, porlasztása révén
- ▶ nagyobb szemcseméret
- ▶ szabálytalan alak

## Kondenzációs aeroszolok:

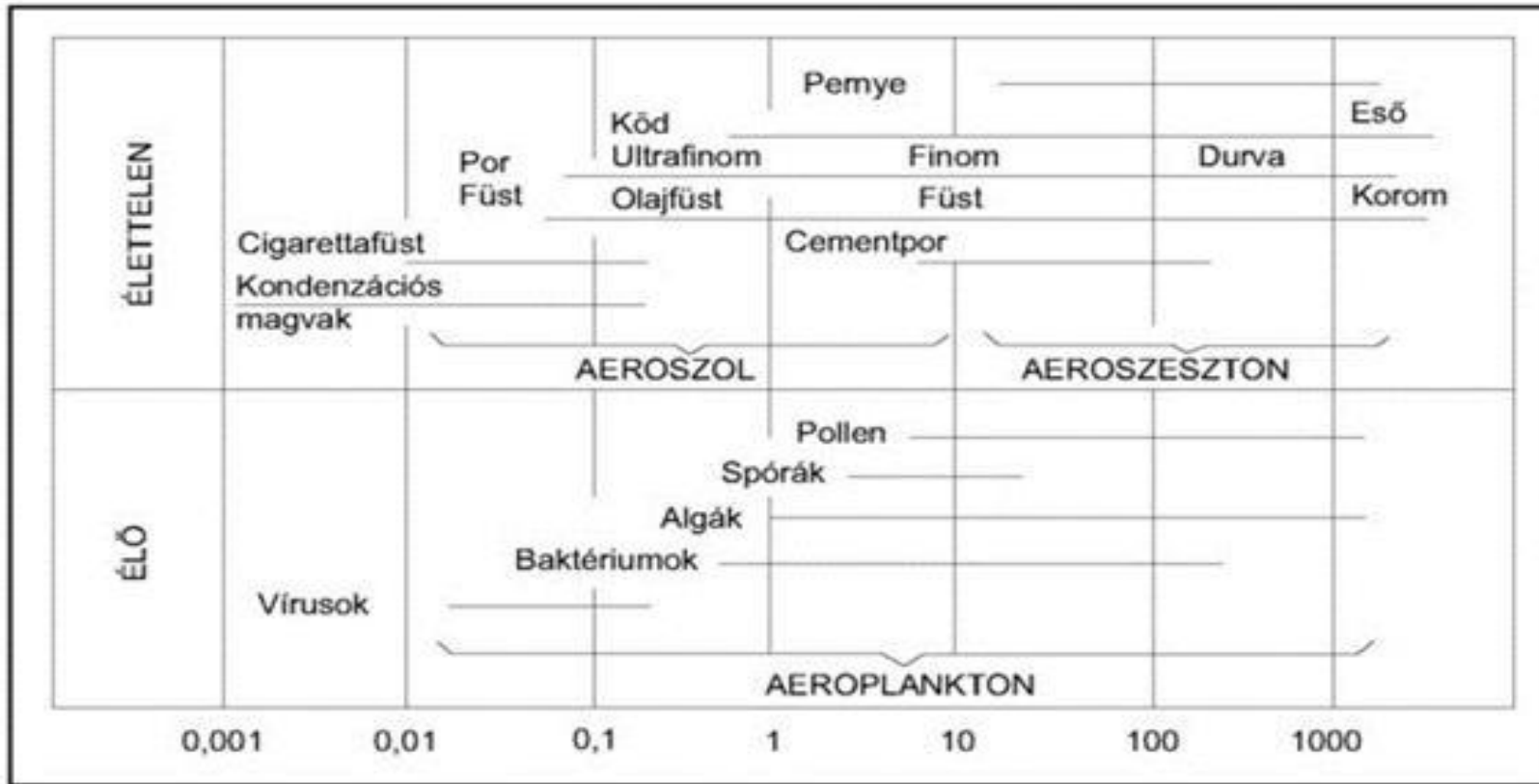
- ▶ gőzök kondenzációja
- ▶ gázok kémiai reakciója révén
- ▶ 1  $\mu\text{m}$ -nél kisebbek



# Aeroszolok eredete

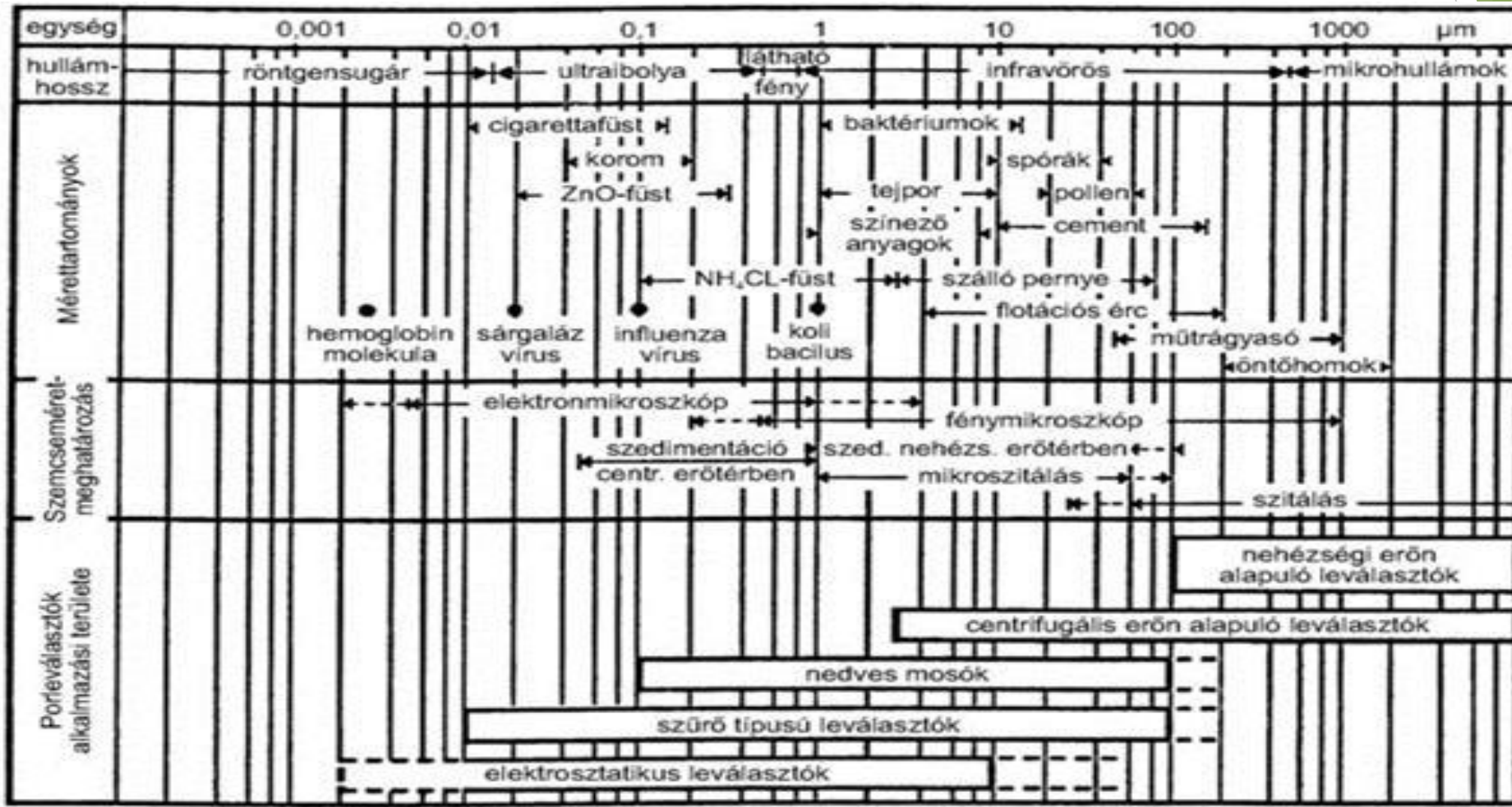
- ▶ por: szilárd részecskékből álló aeroszol
- ▶ füst: szilárd és folyékony diszperz fázis
- ▶ köd: csak folyékony részecskék
- ▶ Eredetük nagyrészt természetes:
  - ▶ hidroszférából:
    - ▶ hullámveréssel Na-, K-, Cl-, szulfátionok álló vegyületek
    - ▶ tengeri élővilág anyagcseretermékei
  - ▶ litoszféra:
    - ▶ szilárd szennyezők: homok ( $\text{SiO}_2$ ), talajok pora (pl.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
    - ▶ vulkáni tevékenység: porok, gőzök, gázok ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ )
    - ▶ bozóttüzek:  $\text{CO}_2$ , korom, karcinogén szénhidrogének
    - ▶ növények, állatok bomlástermékei:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , aminok, merkaptánok
    - ▶ gázkitörések és szerves bomlástermékek: főként  $\text{CH}_4$

# Az atmoszférában található különböző eredetű részecskék mérete



dr. Barótfi István: Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó

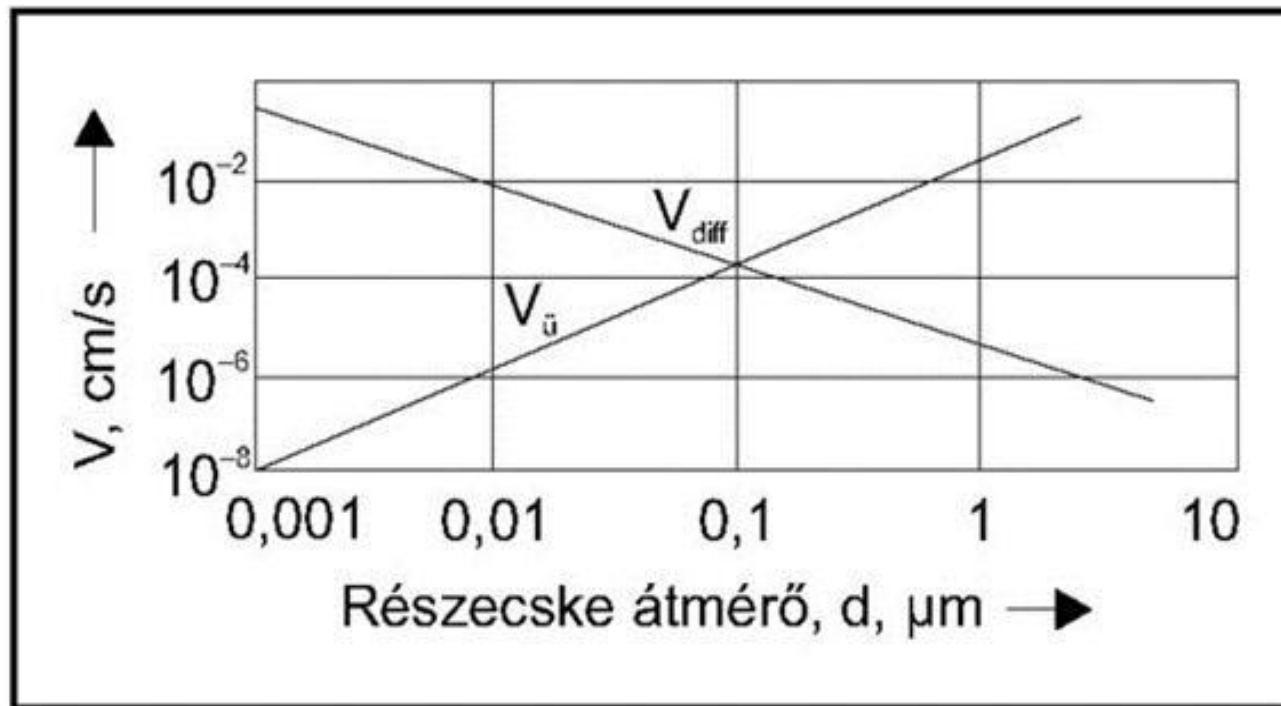
# Az egyes leválasztó berendezések felhasználási területe



dr. Barótfi István: Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó

# Diffúzió, ülepedés

A diffúziós és az ülepedési sebesség változása a szemcseméret függvényében

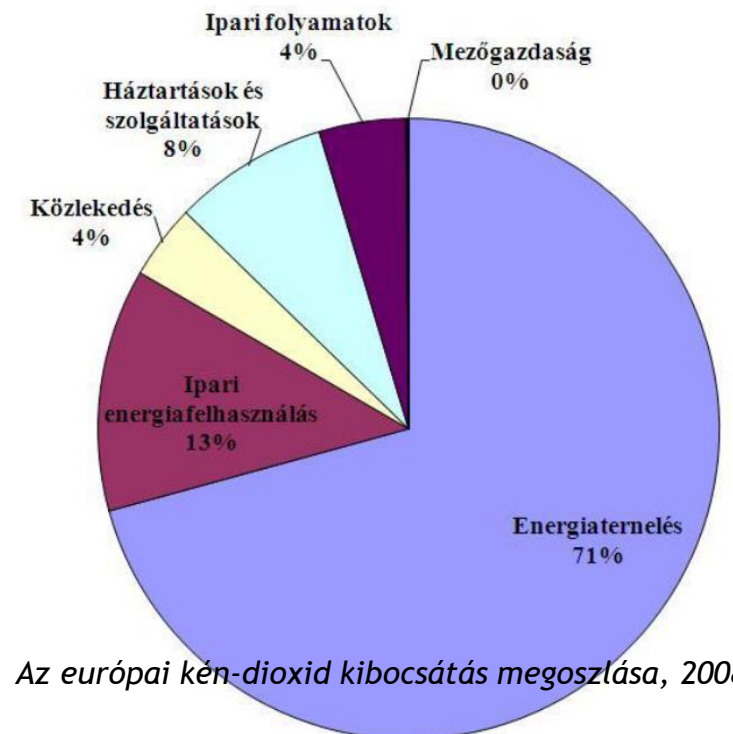
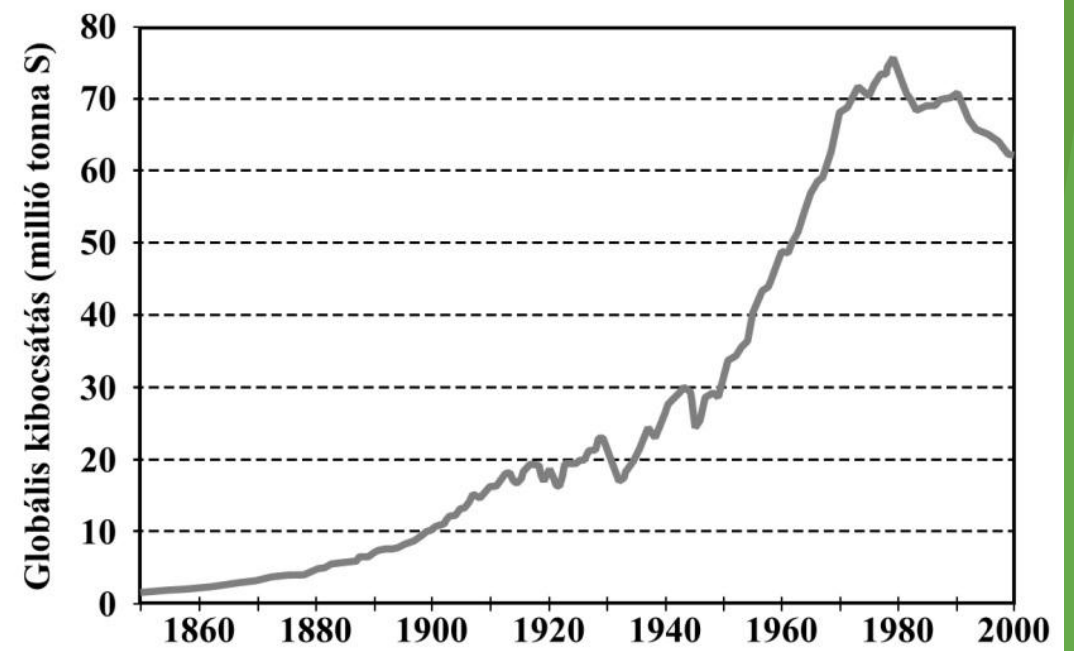


dr. Barótfi István: Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó

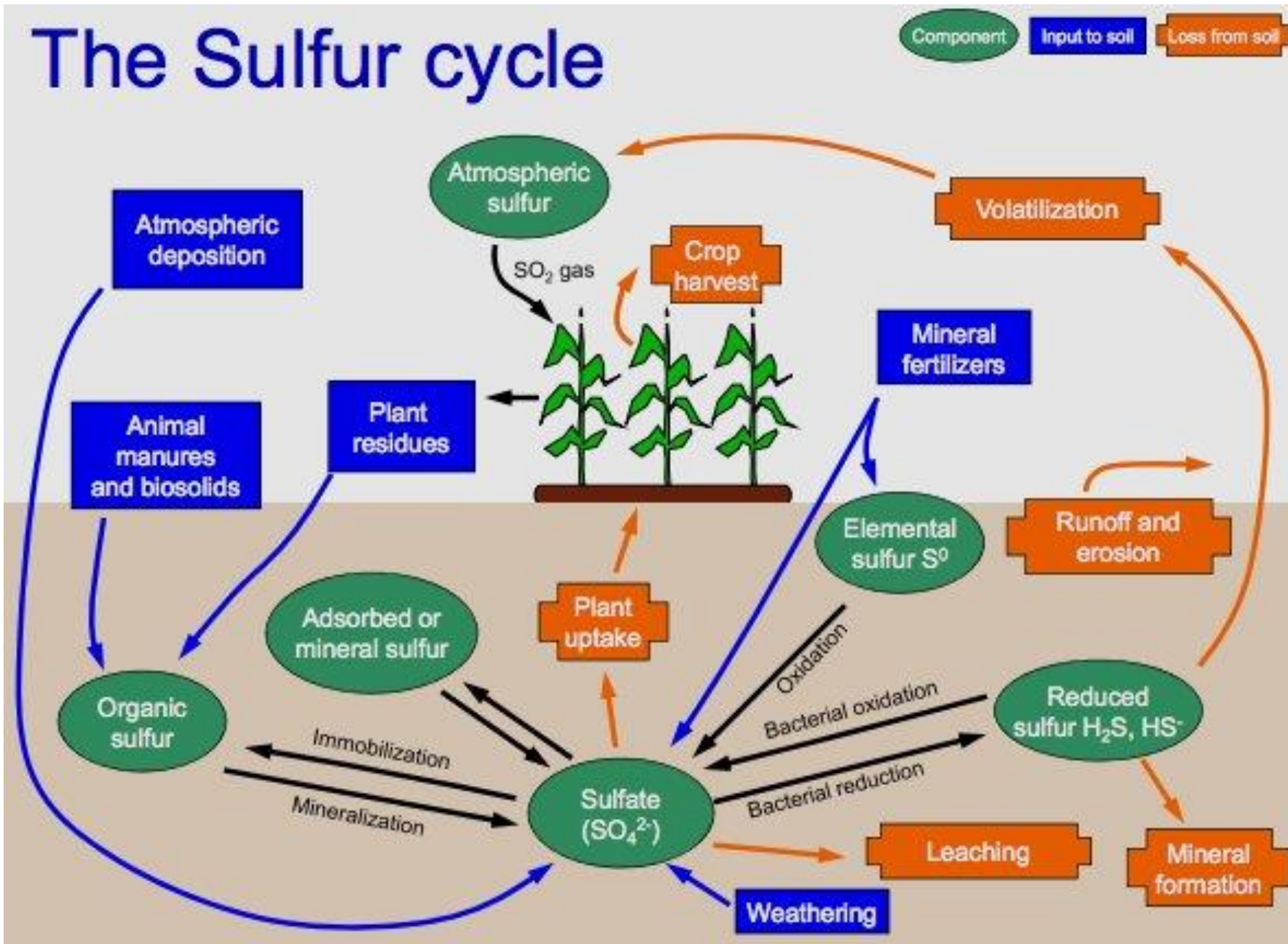
# A levegőszennyezés fajtái és forrásai

# Kéntartalmú vegyületek

- ▶ **Fajtái:** karbonil-szulfid (COS), szén-diszulfid (CS<sub>2</sub>), dimetil-szulfid (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S, hidrogén-szulfid (H<sub>2</sub>S), kéndioxid (SO<sub>2</sub>), szulfát (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)
- ▶ **Források:** biológiai bomlás, fosszilis energiahordozók és szerves anyagok égetése, tengerből származó permet
- ▶ COS a legnagyobb mennyiségben a troposzférában, áll. ~500 ppt konc.
- ▶ CS<sub>2</sub> konc. csökken a magassággal -> földközeli források, rövid tartózkodási idő
- ▶ (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S legnagyobb mennyiségben a tengervízben, algák, baktériumok termelik  
tengerből levegőbe: 0,1 g S/m<sup>2</sup>év
- ▶ H<sub>2</sub>S anaerob, kénben dús talajokból jut az atmoszférába
- ▶ antropogén 80%: szén égetése 52%, a kőolajé 23%

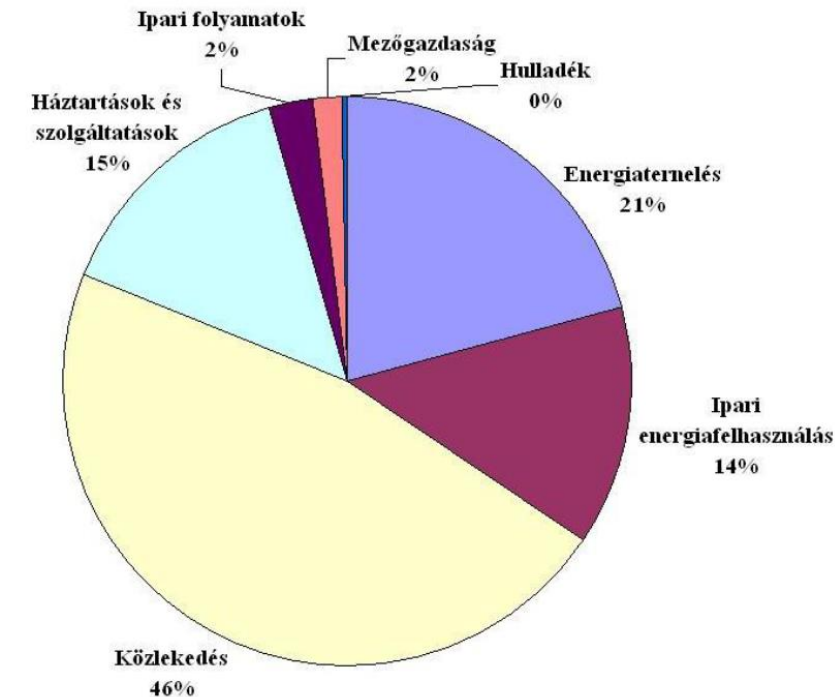


# The Sulfur cycle



# Nitrogéntartalmú vegyületek

- ▶ **Fajtái:**  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$
- ▶ **NO:** színtelen, szúrós szagú, gyorsan  $\text{NO}_2$ -dá oxidálódik
- ▶  **$\text{NO}_2$ :** vörösesbarna, szúrós szagú gáz,  $\text{NO}$ -ból alakul ki
- ▶  **$\text{NO}_x$  források:**
  - ▶ vulkáni tevékenység, a villámlások, talajbaktériumok denitrifikációs folyamatai
  - ▶ antropogén: fosszilis tüzelőanyagok elégetése, különösen a járművekben használt üzemanyagból
  - ▶ városi  $\text{NO}_x$  80%-a közlekedésből
  - ▶ antropogén forrásból 70%
  - ▶ salétromsav-gyártás, a hegesztés, a kőolaj-finomítás, a fémek gyártási folyamatai, a robbanóanyagok használata és az élelmiszeripar



Az európai  $\text{NO}_x$  kibocsátás megoszlása, 2008

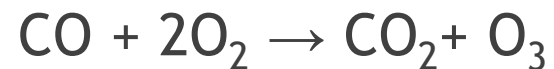


# Nitrogéntartalmú vegyületek

- ▶ **Fajtái:**  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$
- ▶  **$\text{NH}_3$ :**
  - ▶ egyetlen számottevő mennyiségű redukált nitrogén-vegyület a légkörben
  - ▶ színtelen, jellegzetes szúrós szagú gáz
  - ▶ vízben jól oldódik, gyors nedves ülepedés
  - ▶ száraz ülepedéssel talajra/ba: mikroorg-ok felveszik
  - ▶ salétromsavval és kénsavval reagálva ammónium-nitrátot ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), illetve ammónium-szulfátot ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) hoz létre
  - ▶ erősen reaktív gáz, tartózkodási idő: 1-2 nap
  - ▶ természetes forrása a nitrogéntartalmú szerves anyagok anaerob bomlása (ammonifikáció), állati vizelet bomlása
  - ▶ EU: antropogén 95%-a a mezőgazdasági eredetű
- ▶ antropogén: mezőgazdasági tevékenység (műtrágya-felhasználás, állattenyésztés)
- ▶  **$\text{N}_2\text{O}$ :** színtelen gáz, természetes forrásokból: bakteriális tevékenység a talajban; kémiai reakciók a felső atmoszférában

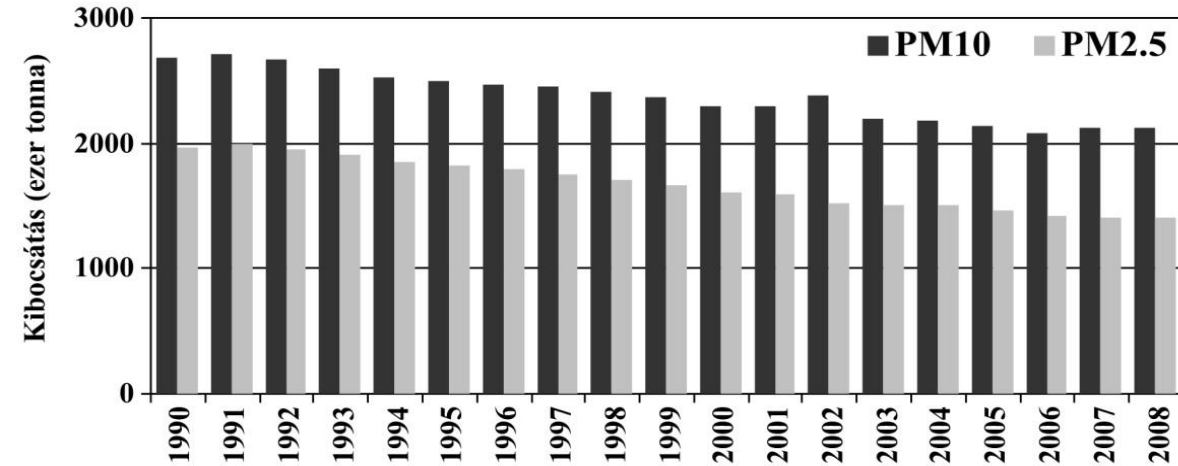
# Szén-monoxid

- ▶ színtelen, szagtalan, redukáló hatású
- ▶ vízben kevésbé oldódik
- ▶ szobahőmérsékleten nehezen oxidálódik
- ▶ szénvegyületek tökéletlen égése során képződik
- ▶ Természetes források:
  - ▶ vulkáni tevékenység, az erdő- és bozóttüzek, valamint az élőlények anyagcseréje
- ▶ Antropogén források:
  - ▶ fosszilis tüzelőanyagok, az üzemanyagok és a biomassa tökéletlen égése
  - ▶ kohászatból, a kőolajiparból, a vegyipari és szilikátipari technológiák
  - ▶ dohányfüst és a beltéri gáztüzelés
- ▶ Európa: két évtized alatt antropogén forrásokból ~60%-os csökkenés
- ▶ Fő légköri nyelője az OH-gyökkel való katalitikus oxidáció, összegezve:



# Szálló por

- ▶ mérete 2 nm-től 100  $\mu\text{m}$ -ig
- ▶ TSPM (teljes szálló por) , PM10 (10  $\mu\text{m}$ -nél kisebb porrészecskék) és a PM2.5 (2.5  $\mu\text{m}$ -nél kisebb porrészecskék)
- ▶ Források:
  - ▶ TSPM:
    - ▶ természetes források: talajeróziós folyamatok, a vulkáni tevékenység, erdőtüzek
    - ▶ mesterséges: szén, az olaj, a fa és a hulladék égetése, közlekedés, ipar (cementgyártás, kohászat)
  - ▶ PM10, PM2.5:
    - ▶ természetes források: tengeri eredetű sórészecskék, növényi pollenek, baktériumok, légkörben lezajló kémiai reakciók (PM2.5)
- ▶ EU: PM10 kibocsátása 21%-kal, a PM2.5-é 28%-kal csökkent



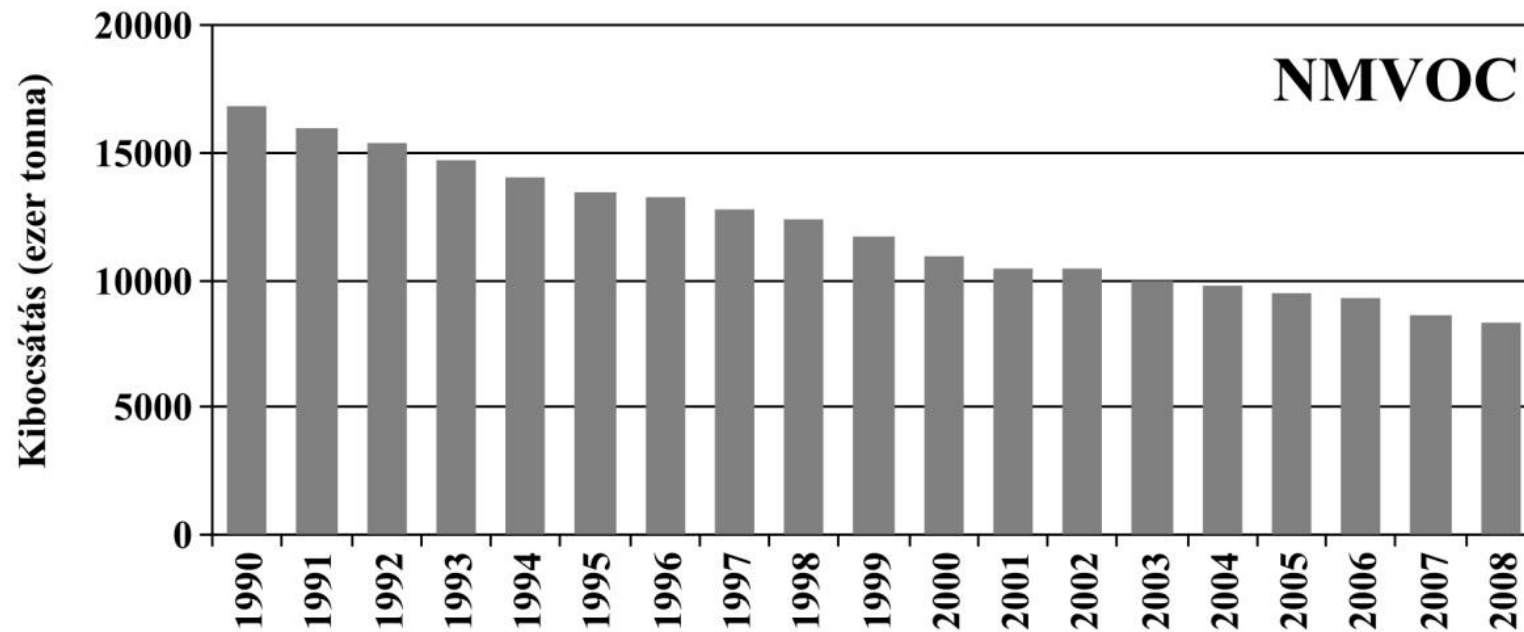
Az antropogén eredetű PM10 és PM2.5 európai kibocsátási trendje, 1990-2008

# Illékony szerves szénhidrogének (VOC)

- ▶ Olyan szerves anyagok, melyek forráspontja  $50-100^{\circ}\text{C}$  és  $240-260^{\circ}\text{C}$  között van, így telítési gőznyomásuk  $25^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten legalább 1020 hPa
- ▶ NMVOC (nem-metán illékony szerves szénhidrogén):
  - ▶ Pl.: benzol ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), a xilol ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ), a propán ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), a bután ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) stb.
- ▶ Forrásuk:
  - ▶ természetes forrás: növények levelek gázcserenyílásain keresztül
    - ▶ izoprént ( $\text{C}_5\text{H}_8$ ) : erdőkben észlelhető jellegzetes illatokat.
    - ▶ tűlevelű erdők: terpének ( $[\text{C}_5\text{H}_8]_n$ )
    - ▶ fűfélék: etán ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propán ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) és kisebb mennyiségben számos alkén ( $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ )
    - ▶ óceánokban élő szervezetek: etán ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propán ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), etén ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), propén ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ), hosszabb szénláncú alkánok ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ )
  - ▶ antropogén: közlekedés, különféle ipari folyamatok (pl. kőolajfinomítás), szerves oldószerek alkalmazása (toluol, etil-benzol, diklór-etán). A természetes kibocs. 10-ede
- ▶  $\text{CH}_4$ :
  - ▶ antropogén forrás: főleg mezőgazdasági tevékenység

# Illékony szerves szénhidrogének (VOC)

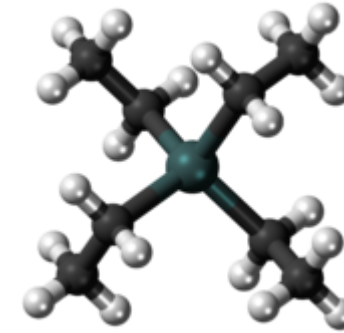
- ▶ EU: kb. felére csökkent



Az antropogén eredetű VOC európai kibocsátási trendje, 1990-2008

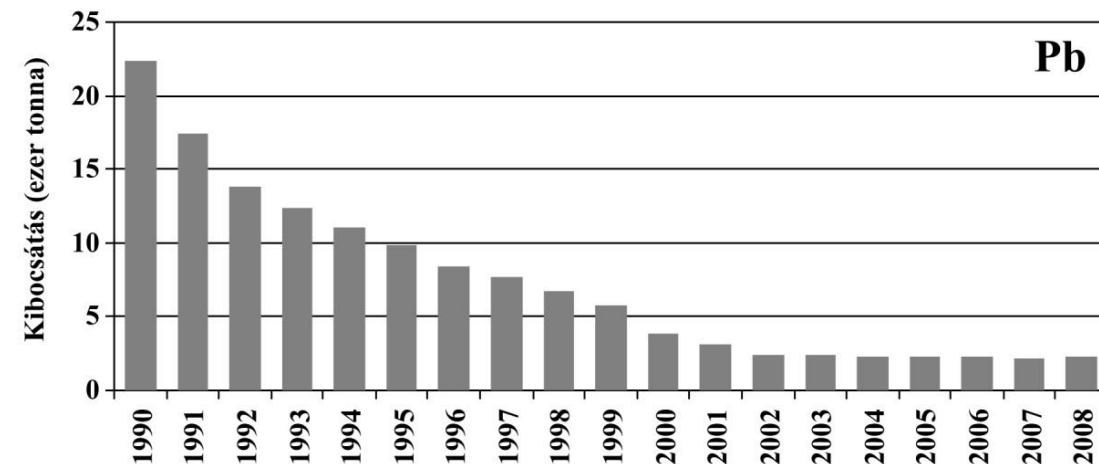
# Ólom, Pb

- ▶ súlyosan mérgező nehézfém
- ▶ Források:
  - ▶ régebben: benzinüzemű gépkocsik (kopogásgátló, oktánszámnövelő ólom-tetraetil)
  - ▶ ma már ez tiltott
  - ▶ akkumulátor-gyártás és annak hulladékként történő feldolgozása, festékanyag, tartályok borítása, sugárvédelmi célok
  - ▶ EU: antropogén emisszió 1990 és 2008 között a tizedére csökkent



ólom-tetraetil

Az antropogén eredetű ólomkibocsátás trendje Európában, 1990-2008



# Ózon, O<sub>3</sub>

- ▶ színtelen, vízben oldódó, erősen oxidáló hatású gáz
- ▶ spontán lebomlásának felezési ideje 3 nap
- ▶ Előfordulása:
  - ▶ sztratoszférában (Naptól érkező, veszélyes UV sugárzás - sejtekben és a kromoszómákban hoz létre elváltozásokat- nagy részét elnyeli, védi az élő szervezeteket)
  - ▶ troposzférában
  - ▶ földfelszín közelében viszont szennyező
- ▶ Források:
  - ▶ antropogén hatások következtében az elsődleges (primer) légszennyező anyagok (pl.: NO<sub>x</sub>, CO, VOC) jelenléte esetén, fotokémiai folyamatok során keletkezik napsugárzás hatására
  - ▶ primer szennyezők forrása: kipufogógázok, égési folyamatok, ipar

# Fluor

- ▶ Elemi: sárgászöld, szúrós szagú, a levegőnél sűrűbb gáz
- ▶ Az elemek közt a legreakcióképesebb, hidrogénnel hevesen egyesül, a vizet is bontja.
- ▶ Vízzel minden arányban elegyedik
- ▶ Források: alumínium-kohászatban használatos folyópát ( $\text{CaF}_2$ ) bomlása révén, üveggyárak és zománcművek tevékenységéből
- ▶ Egyes esetekben műtrágyagyártás, téglá-és cserépezetés