

Az atmoszféra funkciói

- a Föld hőmérsékletének szabályozója,
széndioxidforrás a fotoszintézishez,
oxigénforrás az élő szervezetek
energiatermeléséhez (a légzéshez),
nitrogénforrás (a N_2 természetes és mesterséges
átalakítása révén),
a vízkörforgás közvetítő közege,
a földi élet „védelmezője”:
- a kozmikus sugárzás elnyelője,
 - a Nap nemkívánatos sugárzásának elnyelője,
 - a Nap hasznos sugárzásának átengedője.

Az atmoszféra összetétele

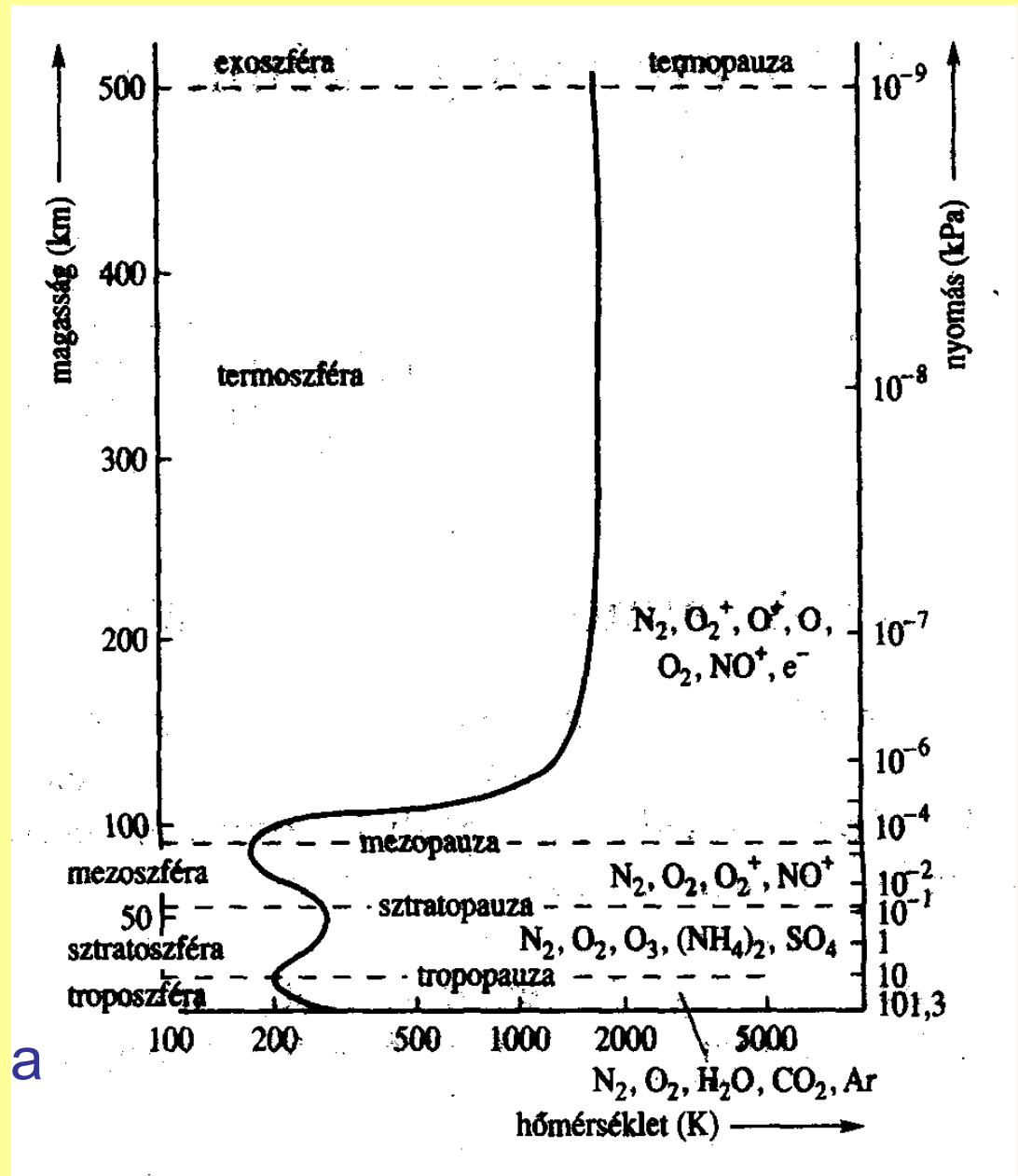
Komponens	Koncentráció (tf.%)	A teljes mennyiség (Mt)	Tartózkodási idő a troposzférában (év)
N ₂	78,082	$3,9 \cdot 10^9$	6 000 000
O ₂	20,9472	$1,2 \cdot 10^9$	4 500
Ar	$9,34 \cdot 10^{-1}$	$6,7 \cdot 10^7$	
CO ₂	$3,50 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^6$	2...4
Ne	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^4$	
He	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^3$	
CH ₄	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^3$	7
Kr	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^4$	
H ₂	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^2$	
N ₂ O	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^3$	200
CO	$1 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^2$	0,2
O ₃	$4 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{2*}$	0,0005...0,1
NO ₂	$2 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^2$	0,002
NH ₃	$6 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^1$	0,01...0,1
SO ₂	$2 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^1$	0,01
C ₂ H ₆	$7 \cdot 10^{-8}$	3,8	0,2
CH ₃ Cl	$5 \cdot 10^{-8}$	4,5	
C ₂ H ₄	$2 \cdot 10^{-8}$	1,0	0,005
CCl ₄	$1 \cdot 10^{-8}$	2,8	10
FCCL ₃	$1 \cdot 10^{-8}$	2,4	50
F ₂ CCl ₂	$1 \cdot 10^{-8}$	2,2	100
H ₂ O		$1,3 \cdot 10^7$	0,03

* Az atmoszféra teljes ózontartalmának 5–10%-a

Az atmoszféra szerkezete

$$p_h = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

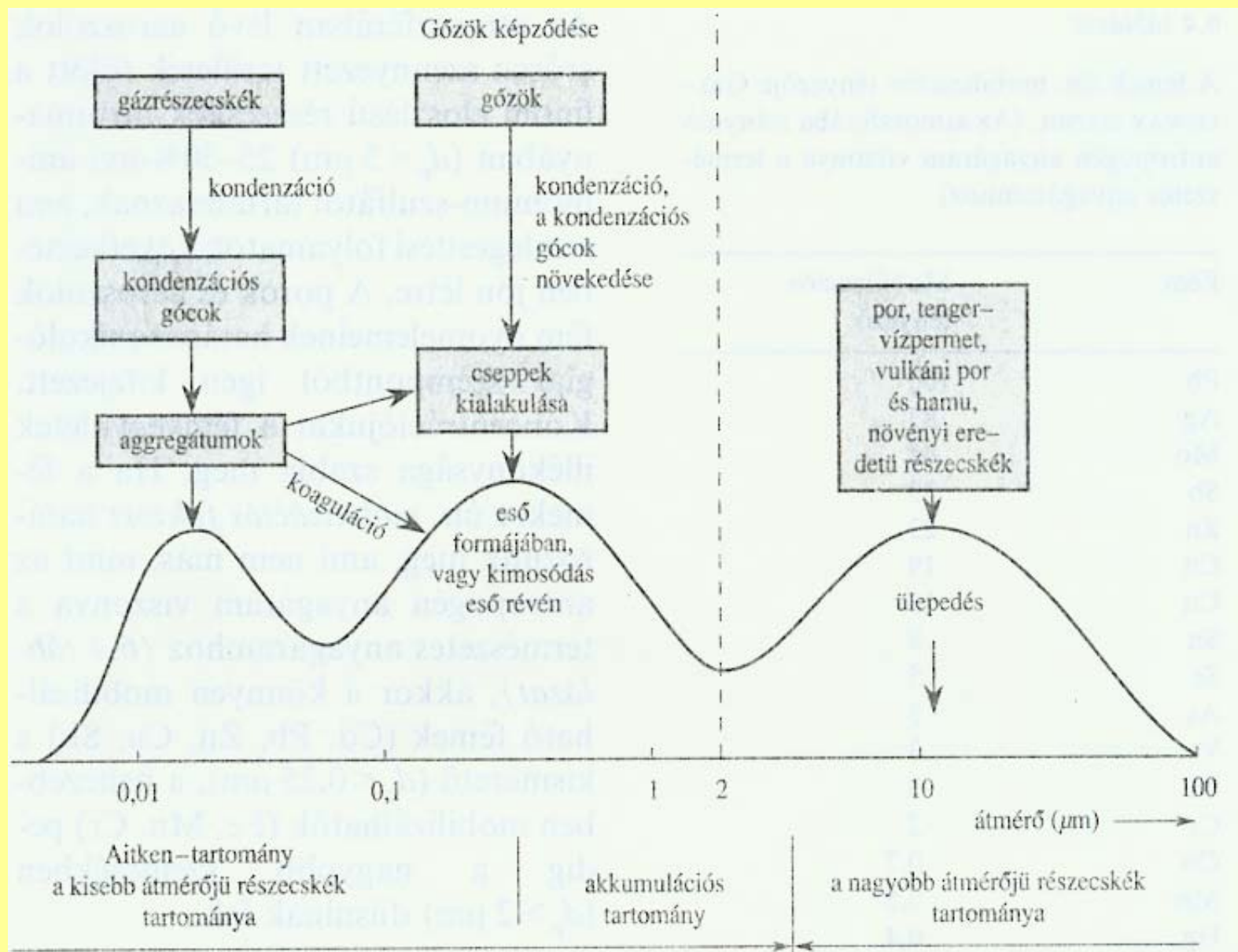
ahol p_h és p_0 a h magasságban ill. a tengerszinten mérhető nyomás, M a levegő átlagos relatív molekulatömege, g a nehézségi gyorsulás, T a hőmérséklet és R az egyetemes gázállandó.



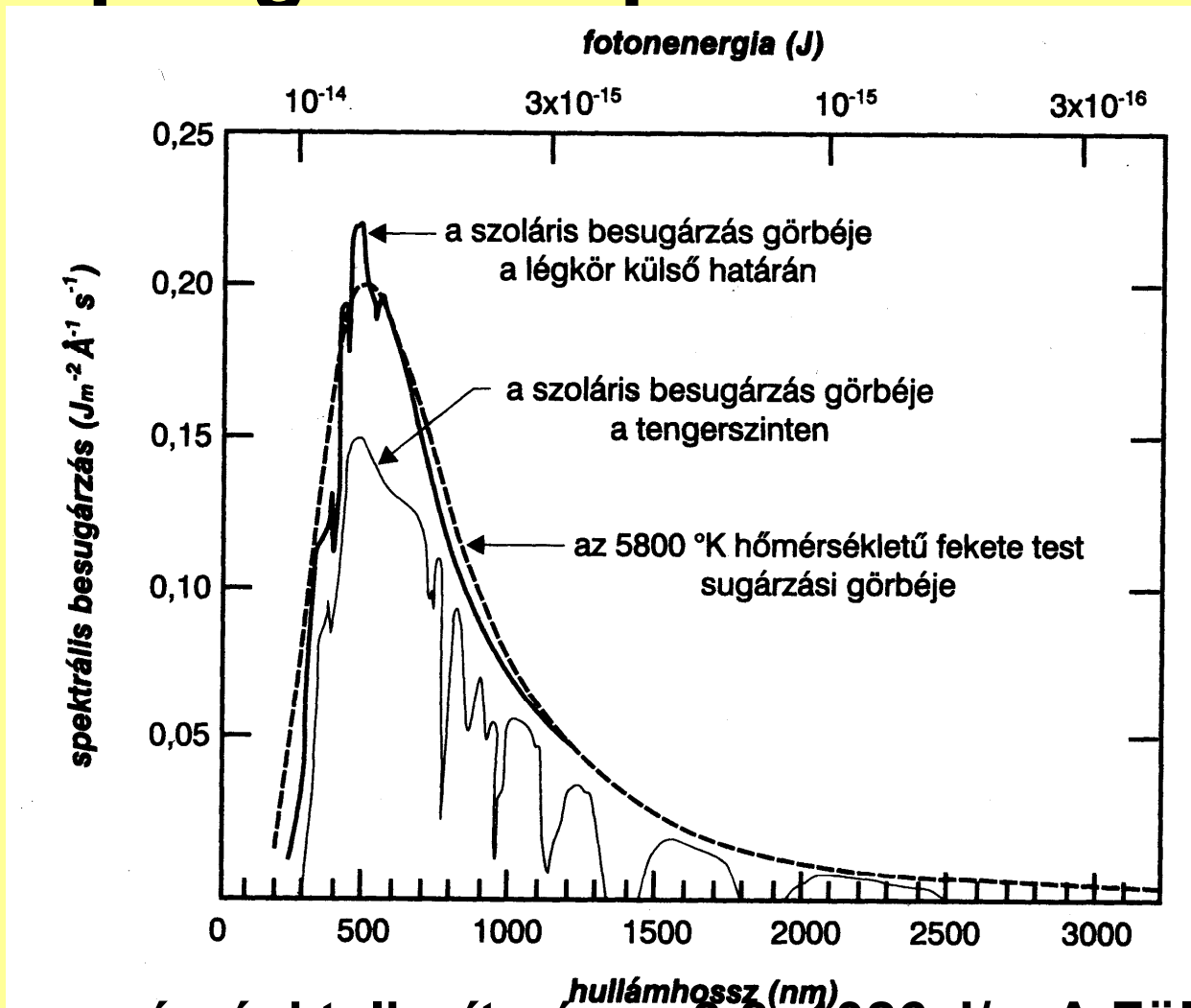
Az atmoszférába jutó, vagy ott keletkező, nem gázhalmazállapotú részecskék mennyisége

Forrás	Mennyiség (Mt/év)
<i>Természetes források</i>	
talaj, mállástermékek	50-100
erdőtüzek	3-150
tengervízpermet	300
vulkáni tevékenység	25-150
<i>Gáz halmazállapotú emisszióból</i>	
szulfát H_2S -ből	130-200
ammónium-szulfát ammóniából	80-270
nitrát nitrogén-oxidokból	60-430
szénhidrogének (terpének)	75-200
összesen	773-2200
<i>Emberi források</i>	
közvetlen emisszió (füst, por)	10-90
<i>Ipari és egyéb gázokból</i>	
szulfát SO_2 -ből	130-200
nitrát nitrogén-oxidokból	30-35
szénhidrogének	15-90
összesen	185-415
<i>Teljes kibocsátás</i>	958-2615

Az atmoszféra por- és aeroszoltartalmának részecskeméret szerinti osztályozása, és forgalma az atmoszférában

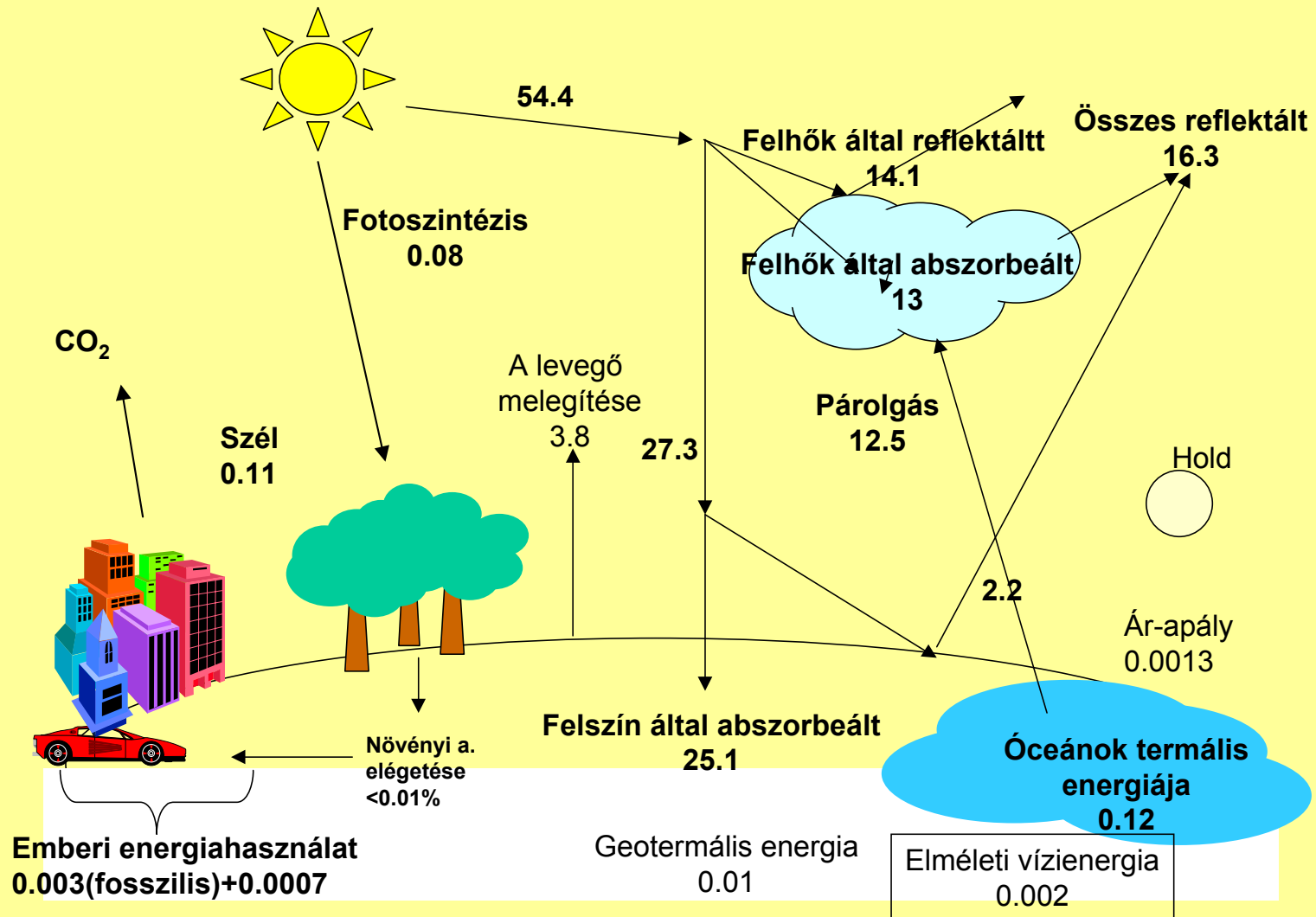


A napsugárzás spektrális eloszlása

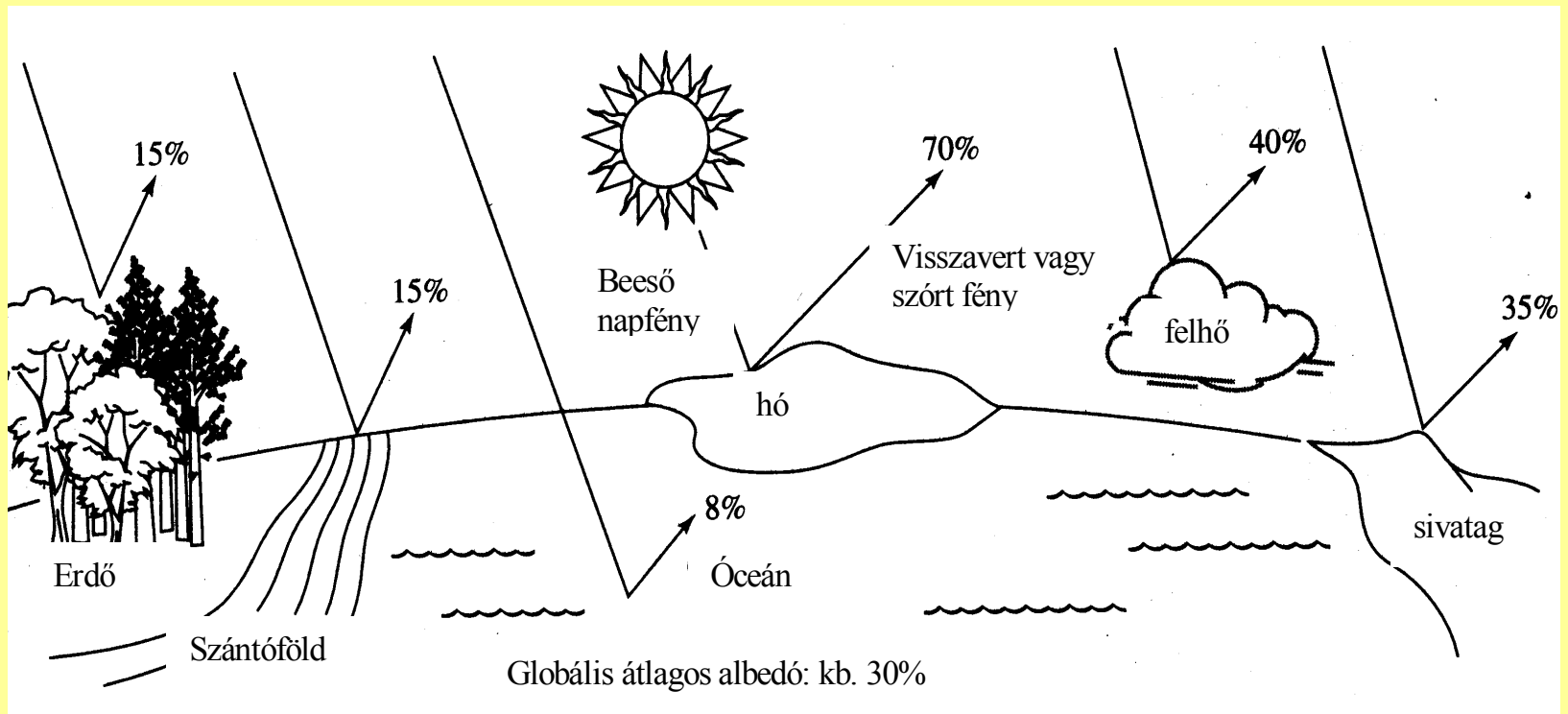


A Nap sugárzási teljesítménye $3,8 \times 10^{26} \text{ J/s}$. A Földre jutó napsugárzás energiasűrűsége (a napállandó) $S_0 = 1370 \pm 8 \text{ J/sm}^2$. A Földet közel állandó értékű sugárzási energia éri, $5,44 \times 10^{24} \text{ J/év}$.

A földfelület-atmoszféra rendszer energiaháztartása (az energiaáram 1020 kJ/év egységeiben)



A különböző felszíni elemek albedója



Energiaáramok és felhasználások

Energiaáram és felhasználás	Energiaáram (10^{20} kJ/év)
A Nap által kisugárzott energia a világmindenségbe	$1,17 \cdot 10^{11}$
A Föld által befogott energiaáram	54,4
A Föld klímáját és bioszféráját lényegesen befolyásolja	38,1
A vizek elpárologtatására jutó rész	12,5
Szélergia	0,109
A fotoszintézis által elhasznált	0,084
A Föld belsejéből sugárzó energiaáram	0,010
Az emberiség energiafelhasználása	0,0037
A fosszilis tüzelőanyagokból nyert energia	0,00297
Az árapályok és tengeráramlások energiaárama	0,0013
Az emberiség által elfogyasztott élelmiszerek energiatartalma	0,00019

Fotofizikai, fotokémiai alapok,1

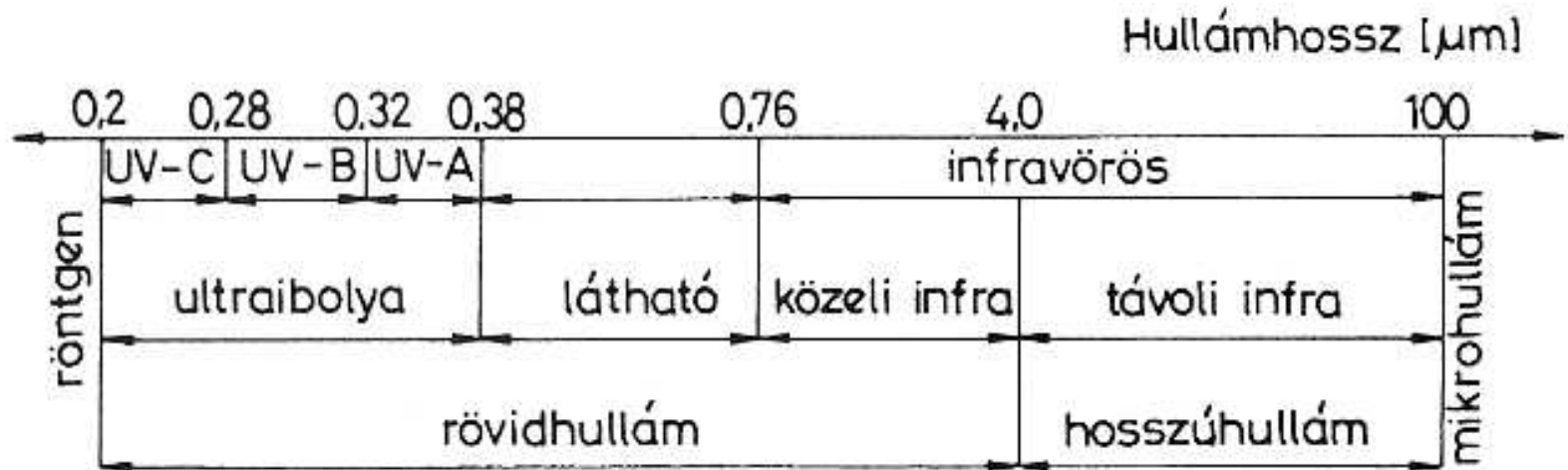
- A fény elemi egységeinek a fotonoknak az energiája megadható a

$$E = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

képlettel(ahol E a foton, mint részecske energiája, ν és λ a foton, mint sugárzás frekvenciája ill. hullámhosszúsága, h a Planck-féle állandó és c a fény terjedési sebessége)

Fotofizikai, fotokémiai alapok,2

A fénysugárzás spektruma

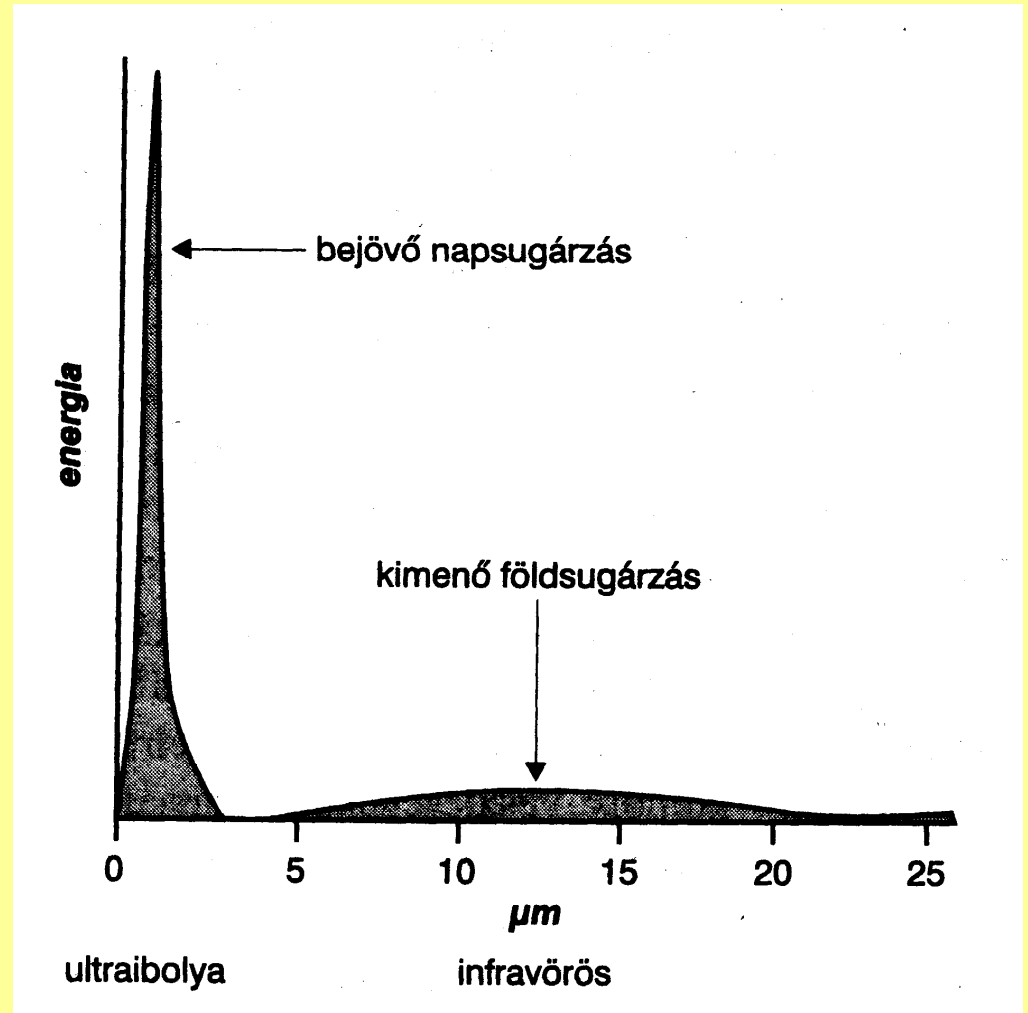


Az atmoszférához kapcsolható környezeti problémák

- **Globális felmelegedés**
- **A sztratoszféra ózon-
koncentrációjának csökkenése**
- **Füstköd (szmog) képződés**
- **Savas esők**

Globális felmelegedés

A bejövő
napsugárzás és
a kimenő
földsugárzás
hullámhossz
szerinti
eloszlása



A Föld energiaháztartásának megfelelően a napsugárzás (F) energiaáramának az albedó (a) által csökkentett mennyiségének meg kell egyeznie a Stefan-Boltzmann törvény által kiszámítható kisugárzásával az alábbiak szerint

$$4\pi \cdot R^2 \cdot s \cdot T_e^4 = F(1 - a) \cdot \pi \cdot R^2$$

ahol R a föld főkörének sugara, s a Stefan-Boltzmann állandó, és T_e a sugárzó „fekete test”, jelen esetben a Föld egyensúlyi hőmérséklete.

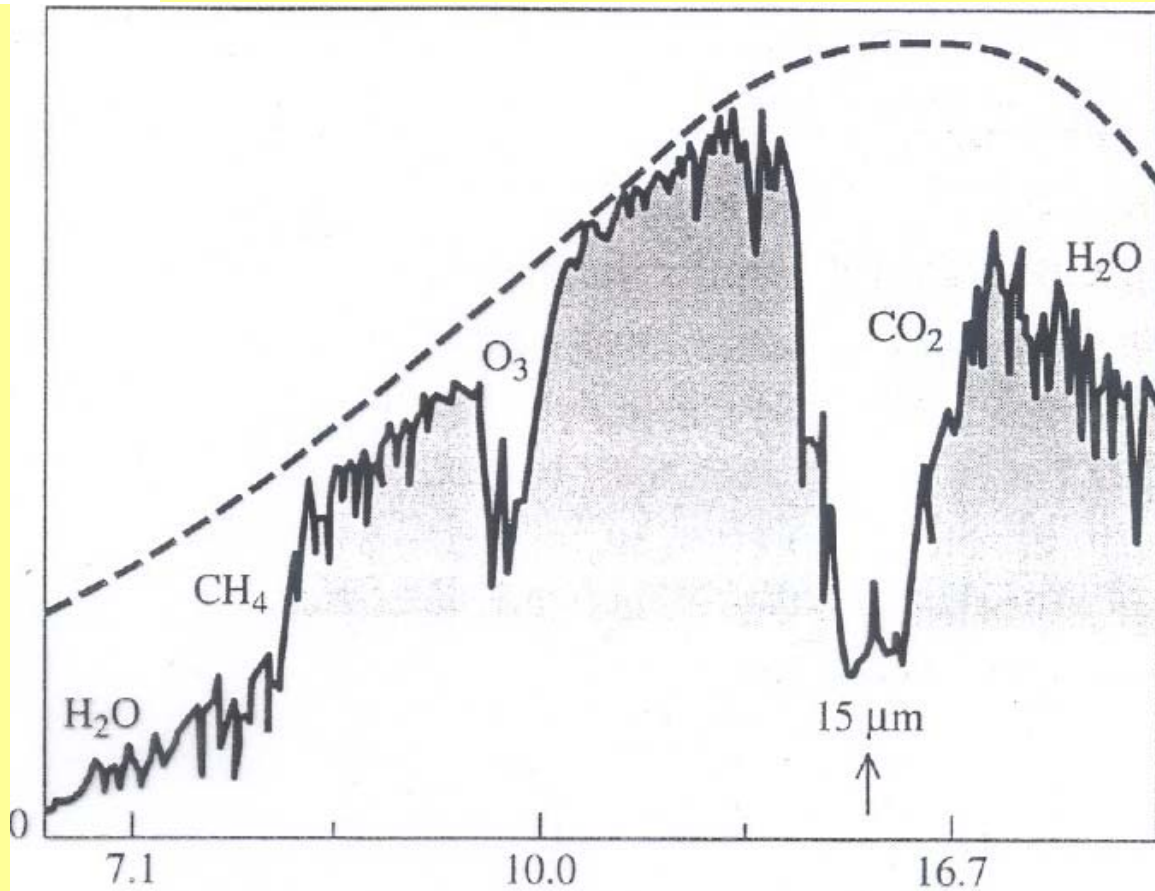
$$(T_e = 256 \text{ K } (-17^\circ\text{C}))$$

Ezzel szemben a földfelszín átlaghőmérséklete
288 K (+17 °C)

Mi az oka??

**A földfelszín elhagyó, mért sugárzás
intenzitása (folytonos vonal) és az
üvegházhatású gázok jelenléte nélkül várható
intenzitás (szaggatott vonal).**

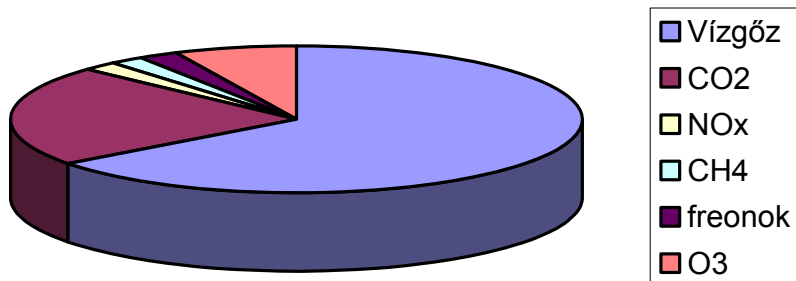
Intenzitás



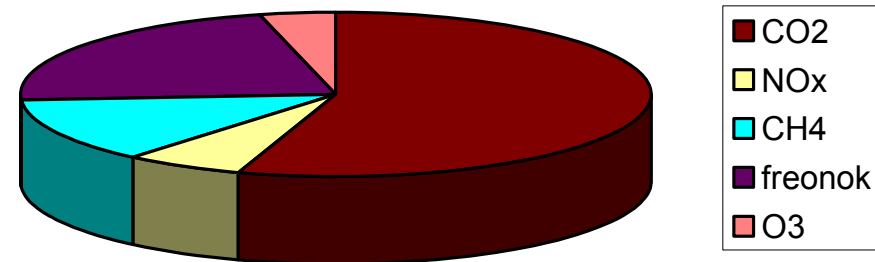
Hullámhosszúság (μm)

Üvegházhatású gázok az atmoszférában

Hozzájárulás az üvegházhatáshoz



Antropogén hozzájárulás



Az üvegházhatású gázok közül a szén-dioxid a legkevésbé aktív vegyület. Nála kb. 20-szer hatékonyabb a metán, 200-szor a dinitrogén-oxid, a freonok pedig 20 000-szer aktívabbak a sugárzási energia elnyelésében. Ennek ellenére viszonylag magas légköri koncentrációja miatt a CO2 hozzájárulása a legnagyobb a melegedési folyamatokhoz.

A légköri CO₂ koncentrációjának változása az elmúlt 200 évben

CO₂ koncentráció/ ppm

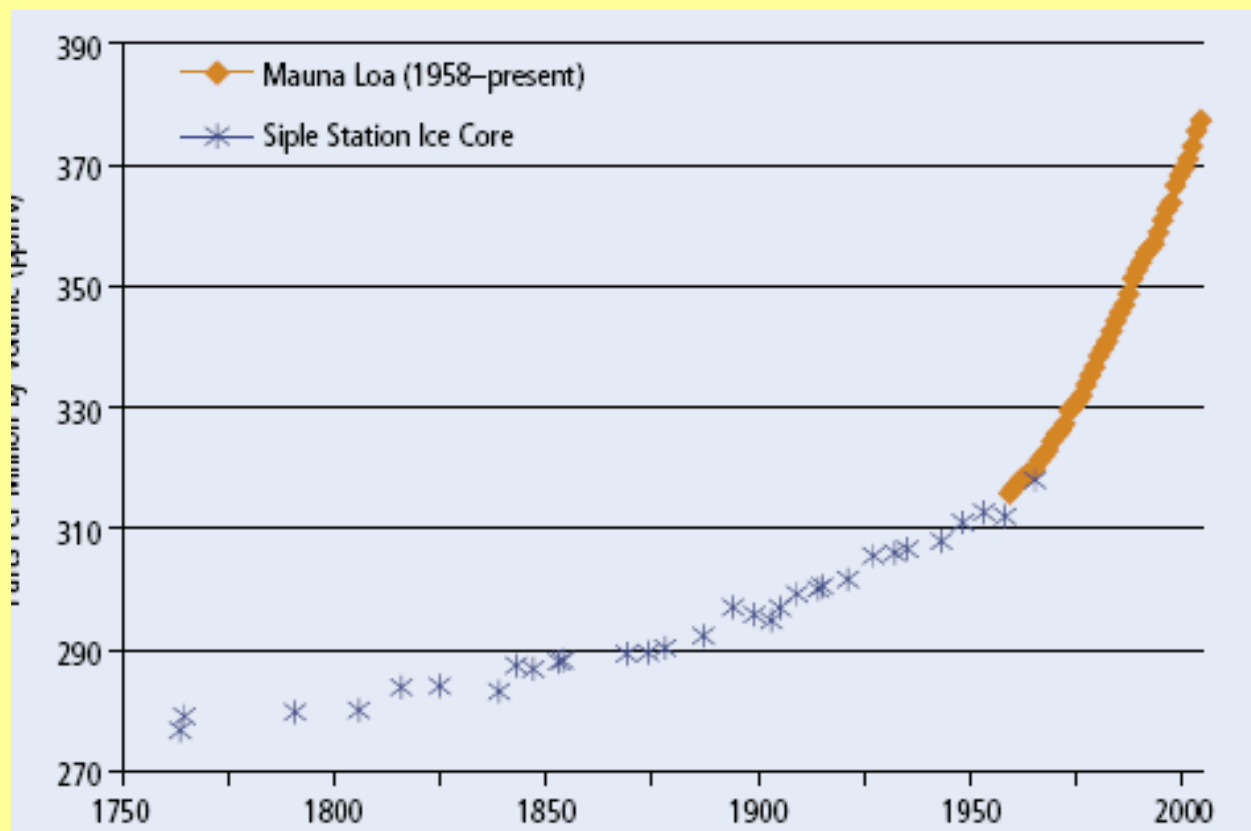


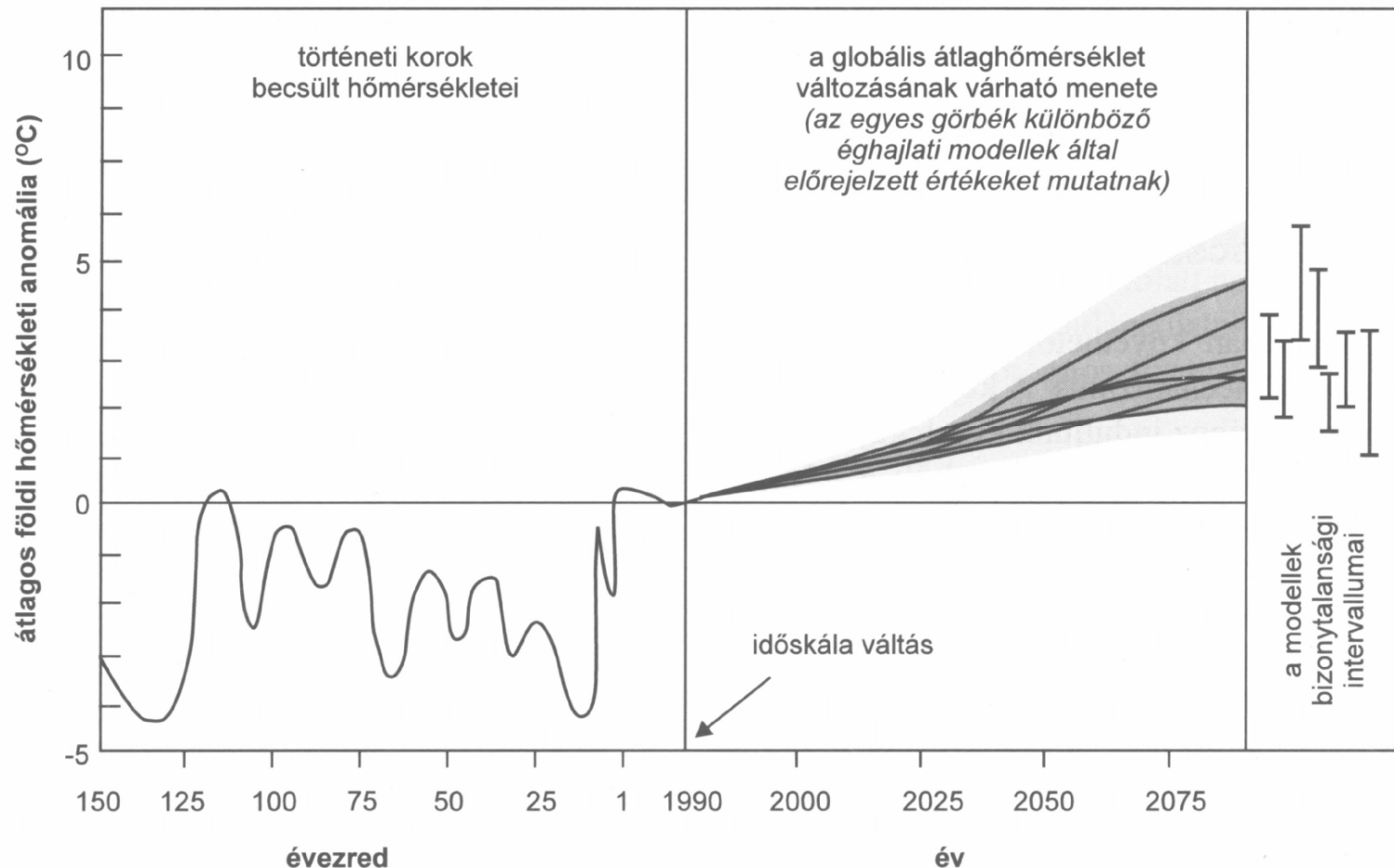
Table ES-1: Global Warming Potentials (100-Year Time Horizon) Used in this Report

Gas	GWP
CO ₂	1
CH ₄ [*]	21
N ₂ O	310
HFC-23	11,700
HFC-32	650
HFC-125	2,800
HFC-134a	1,300
HFC-143a	3,800
HFC-152a	140
HFC-227ea	2,900
HFC-236fa	6,300
HFC-4310mee	1,300
CF ₄	6,500
C ₂ F ₆	9,200
C ₄ F ₁₀	7,000
C ₆ F ₁₄	7,400
SF ₆	23,900

Source: IPCC (1996)

* The CH₄ GWP includes the direct effects and those indirect effects due to the production of tropospheric ozone and stratospheric water vapor. The indirect effect due to the production of CO₂ is not included.

A földfelszín átlagos hőmérsékleti anomáliája az elmúlt 150 ezer évben, és a következő 100 évben

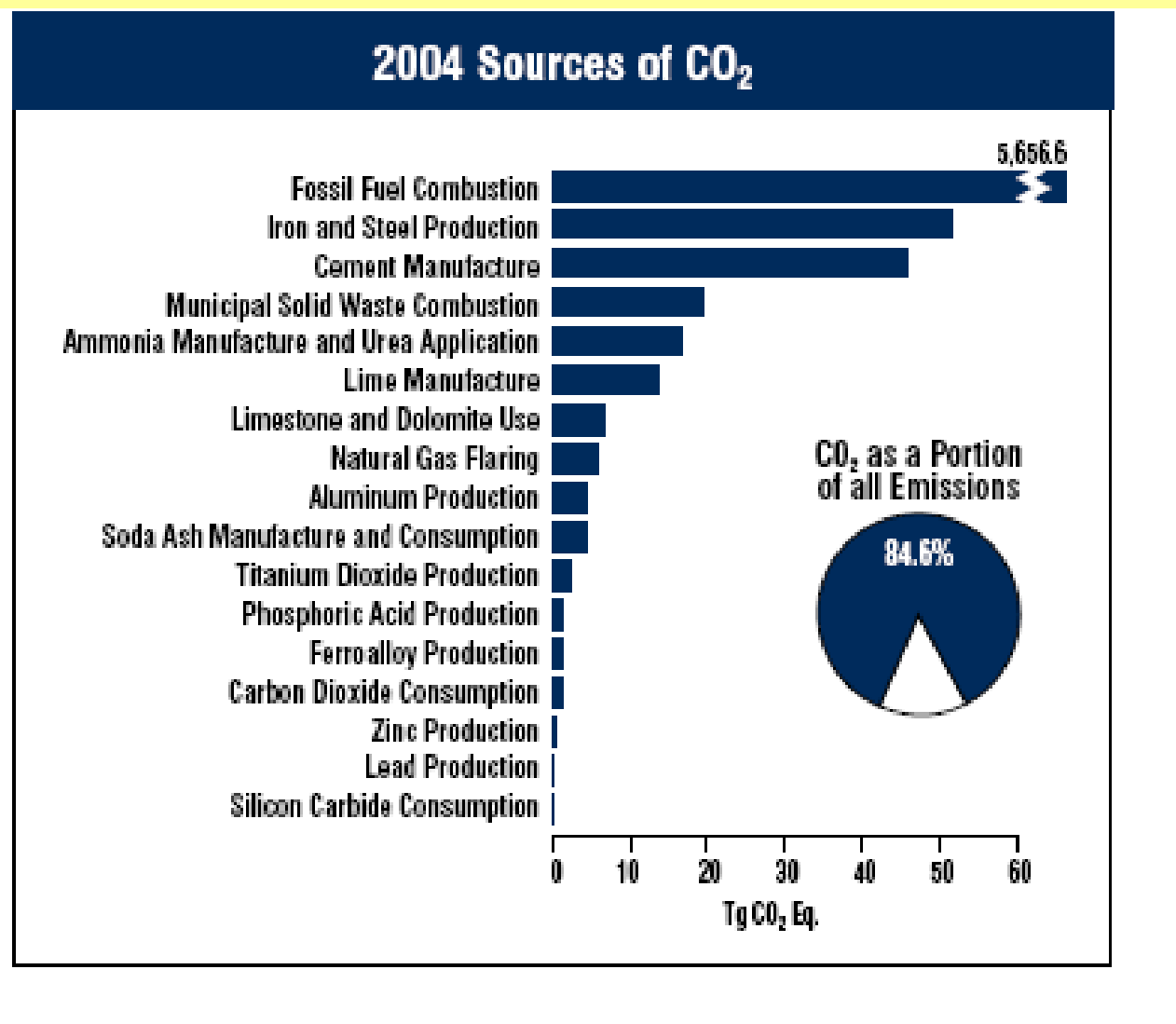


Nemzetközi egyezmények

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának szabályozására vonatkozóan a legjelentősebb nemzetközi megállapodás a kiotói egyezmény, ami 1997-ben született meg. Célja az volt hogy a fejlett ipari országok csökkentsék az atmoszférába bocsátott üvegházhatást okozó anyagok mennyiségét. Az jegyzőkönyvet ratifikáló országoknak 2012-ig együttesen 5,2%-kal kell(ett volna) csökkentenie a légkörbe bocsátott gázok mennyiségét az 1990-es állapothoz képest.

Az egyezmény életbelépéséhez az kellett, hogy 55 olyan ország ratifikálja az egyezményt, amely együttesen a károsanyag-kibocsátás több mint 55%-ért felelős (1990-es bázisévhez viszonyítva). Az Amerikai Egyesült Államok 2001-ben kilépett az egyezményből, így az csak 2005-ben lépett életbe, miután Oroszország ratifikálta az egyezményt.

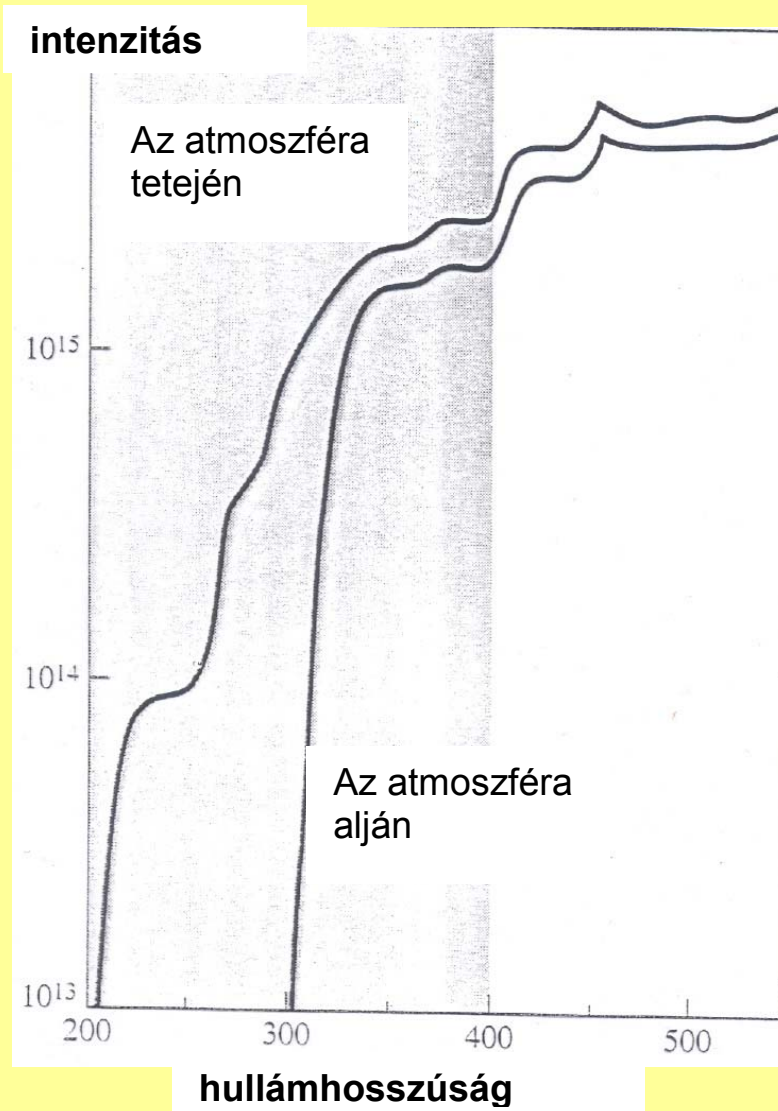
Széndioxid források az iparban



Globális felmelegedés hatásai

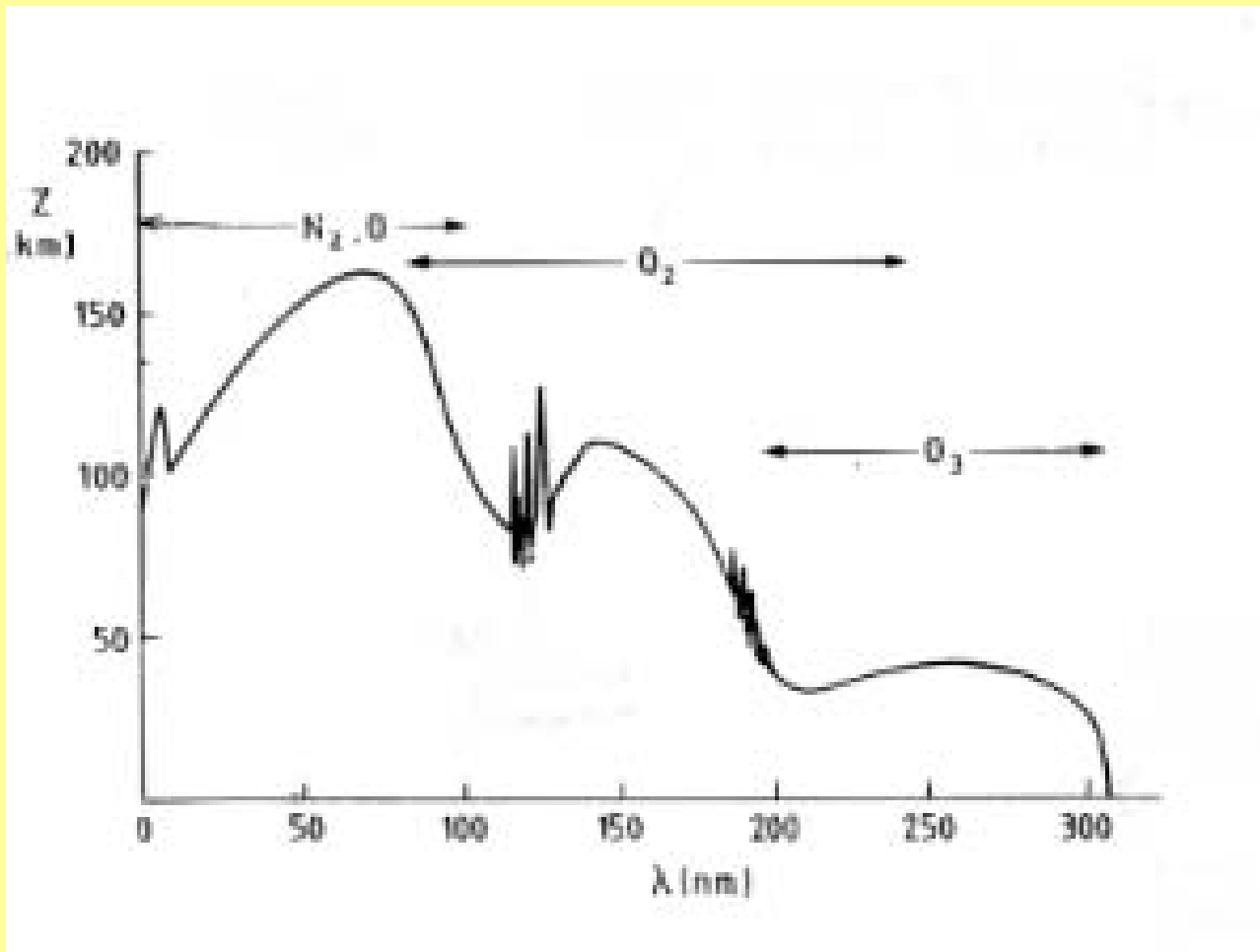
- Klimaváltozások
- Tengerszintemelkedés
- Sivatagosodás

A sztratoszféra ózonkoncentrációjának csökkenése

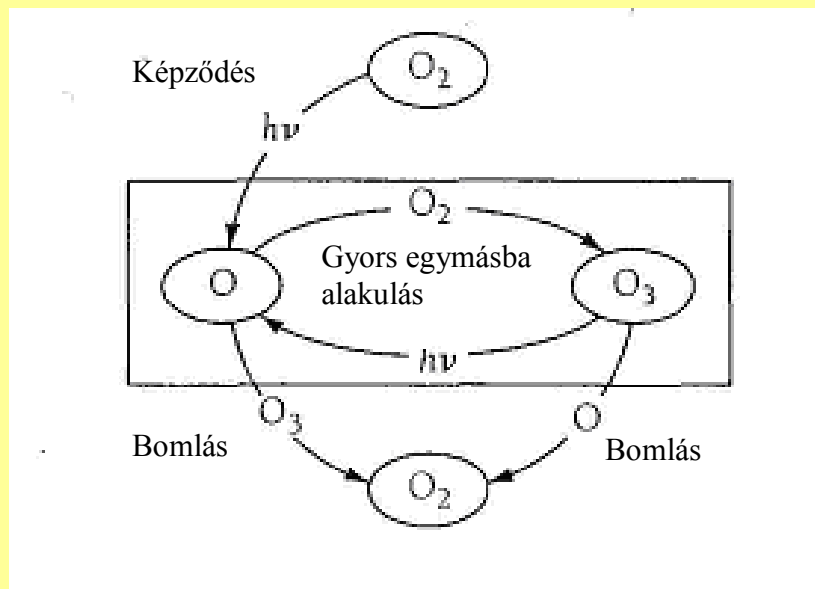


**A napsugárzás
spektrális
megoszlása az
atmoszféra tetején és
a föld felszínén**

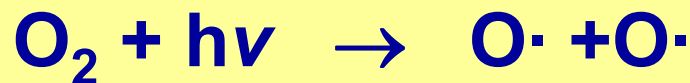
A légkör fényelnyelése különböző magasságokban



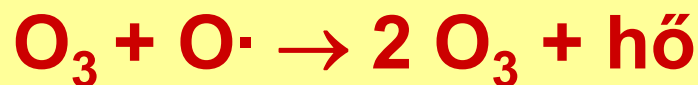
Ózonképződés a sztratoszférában (Chapman mechanizmus)



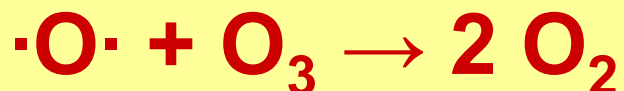
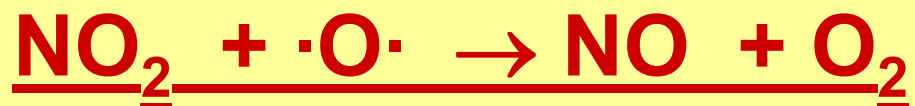
Képződés:



Bomlás:



Ózont fogyasztó egyéb (természetes) reakciók



egy **Dobson egység** (DU) megegyezik a 0,01 mm vastagságú, standard állapotú (0 °C hőmérsékletű atmoszférikus nyomású) ózonréteg fényenyelő képességével. A felettünk lévő ózonréteg sokéves átlagértéke mintegy 300 DU „vastagságú”, azaz a földfelszínen mindössze 3 mm-es réteget alkotna. A földrajzi szélességtől függően változik átlagkoncentrációja: a trópusok fölött 260-280 dobson, a 60. szélesség magasságában 380-400 dobson.

Az emberi tevékenység hatására a sztratoszférába kerülő ózonfogyasztó anyagok

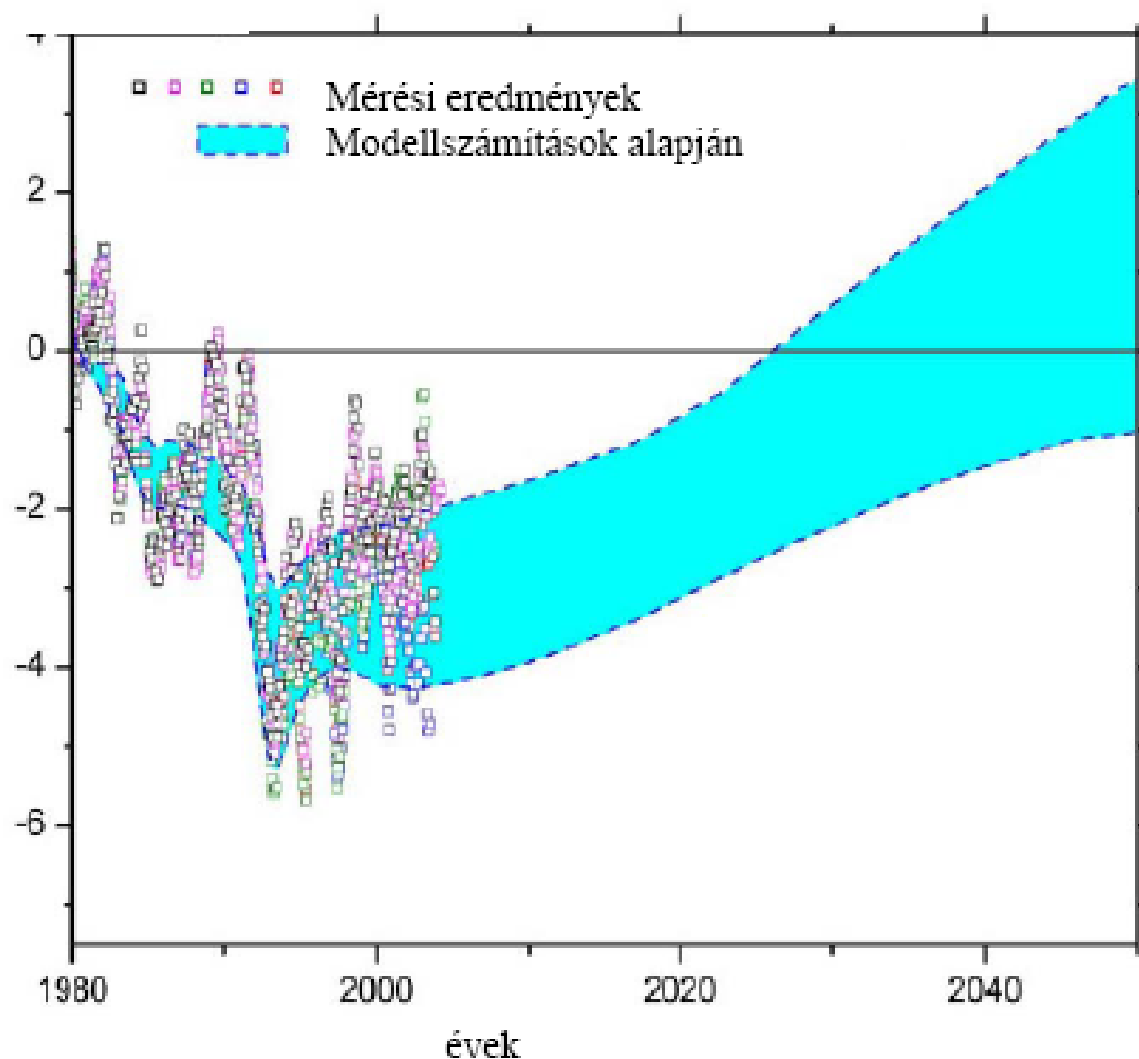


A klóratom egyéb reakciói



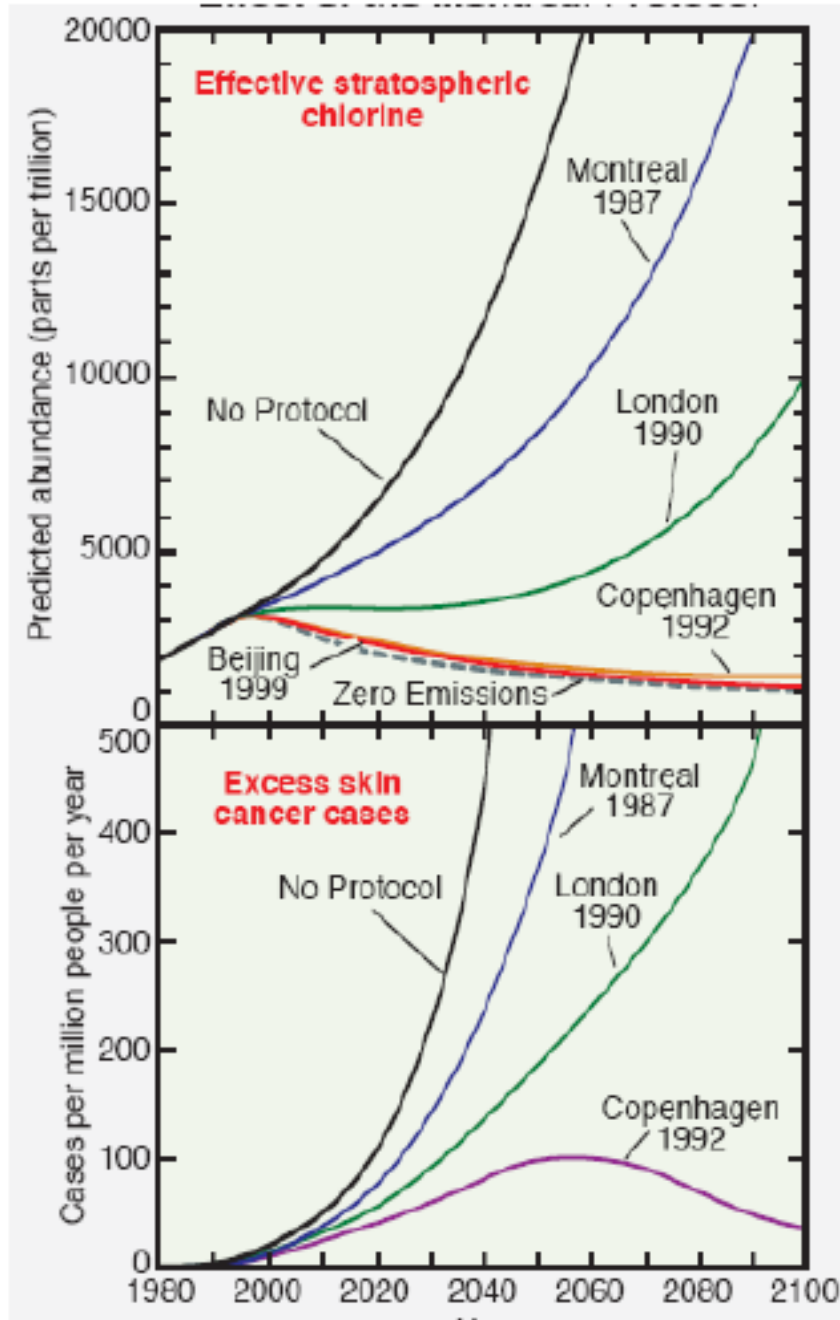
A sztratoszféra átlagos ózonkoncentrációjának várható változása

változás %-ban



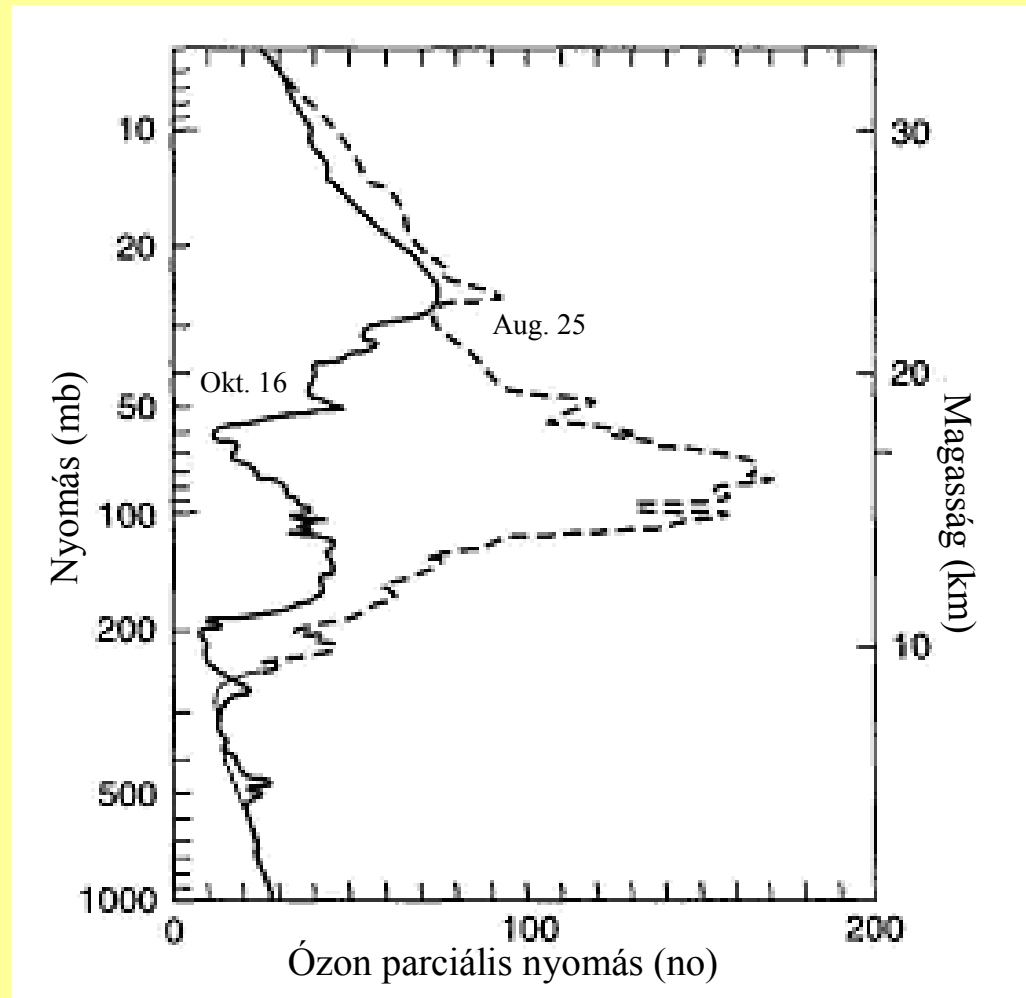
A Montreáli egyezmény és kiegészítésinek becsült hatása a

sztratoszférikus
klórkoncentrációra



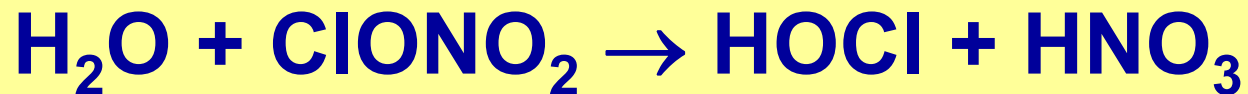
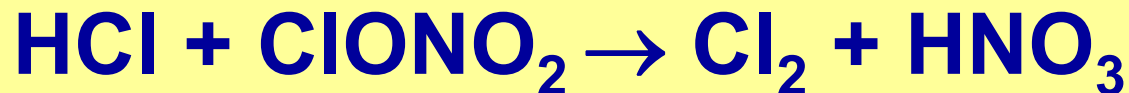
a bekövetkező bőrrákos
megbetegedésekre

Az Antarktisz feletti ózonkoncentráció szezonális változása

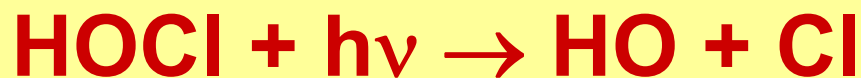


Az Antarktisz feletti „ózonlyuk” okai

- A déli féltekén zárt légörvény (polar vortex)
- Ózonbontó anyagok koncentrációja (sarki sztratoszferikus felhő kialakulása)



majd tavasszal kiszabadulás



SZMOGKÉPZŐDÉS

- Öszvér: Smoke+ fog „házassága”, azaz füstköd
- Fajtái
 - a, redukáló (vagy londoni)
 - b, fotokémiai (losangelesi)

Los Angeles



London Smog 1952

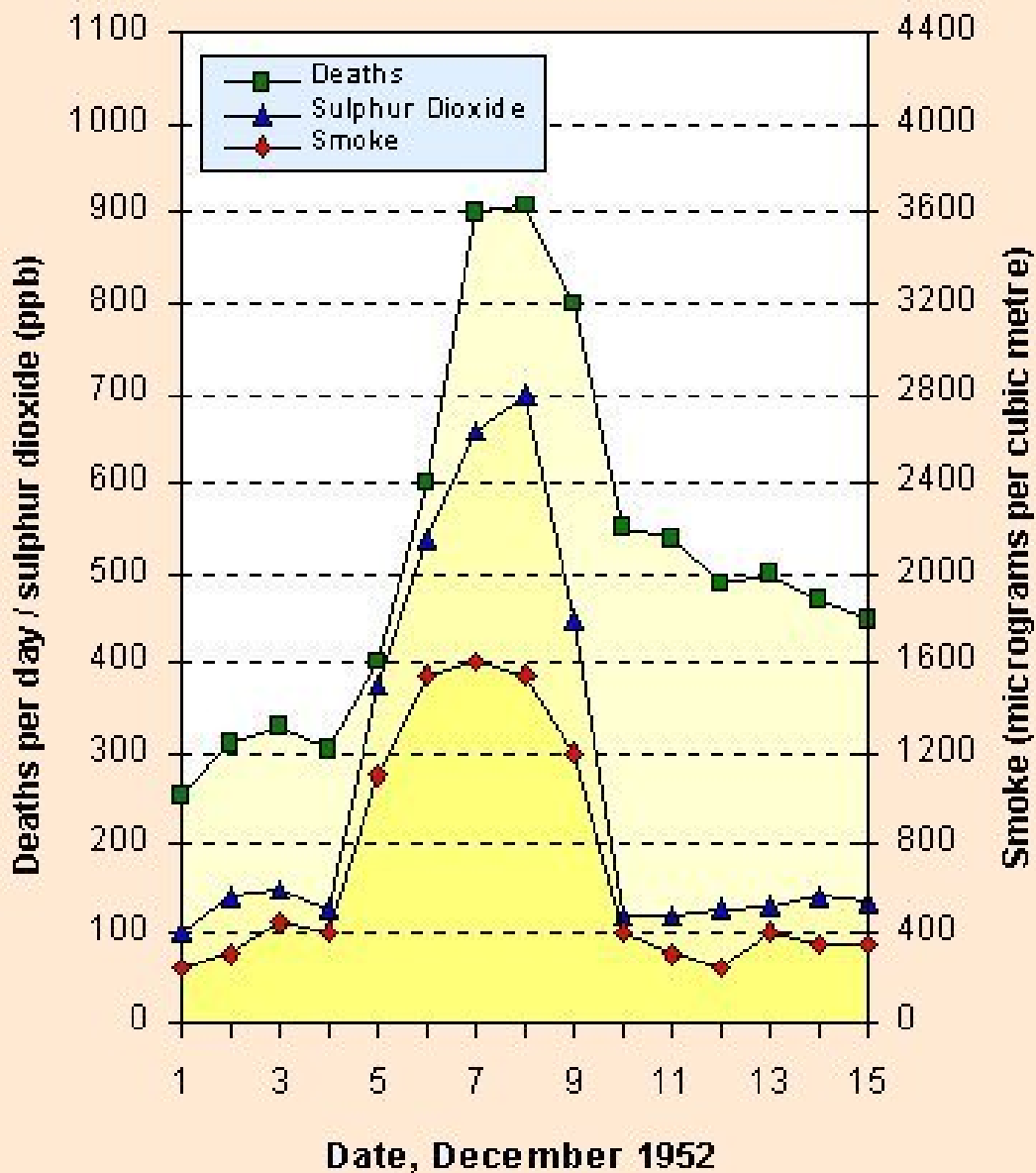
MAYOR OF LONDON



50 years on

The struggle for air quality in London
since the great smog of December 1952

London Smog 1952



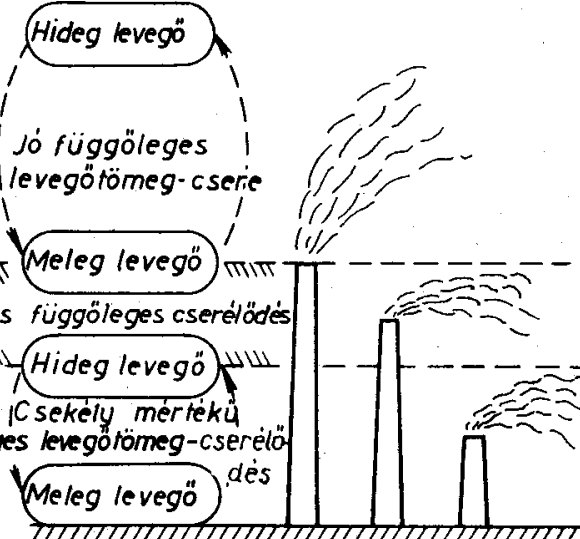
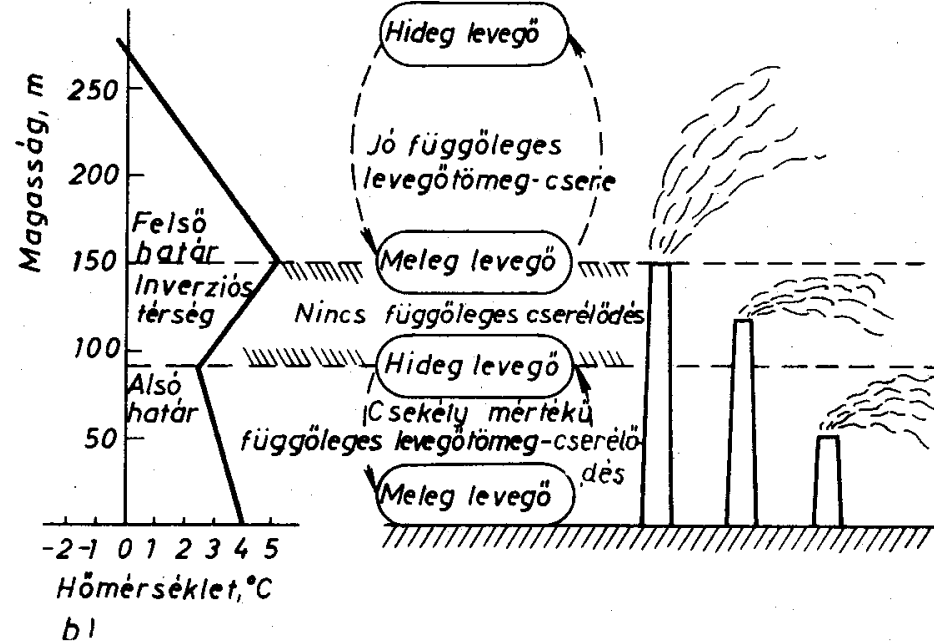
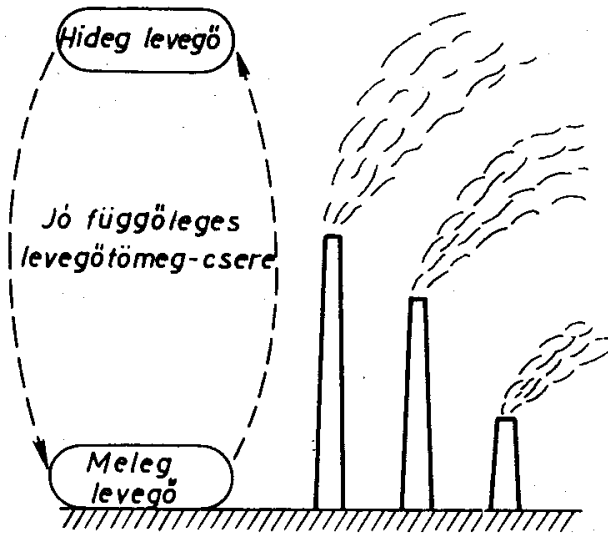
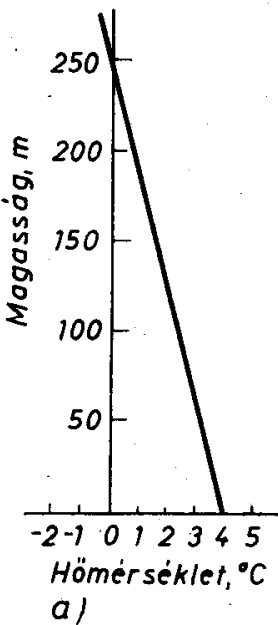


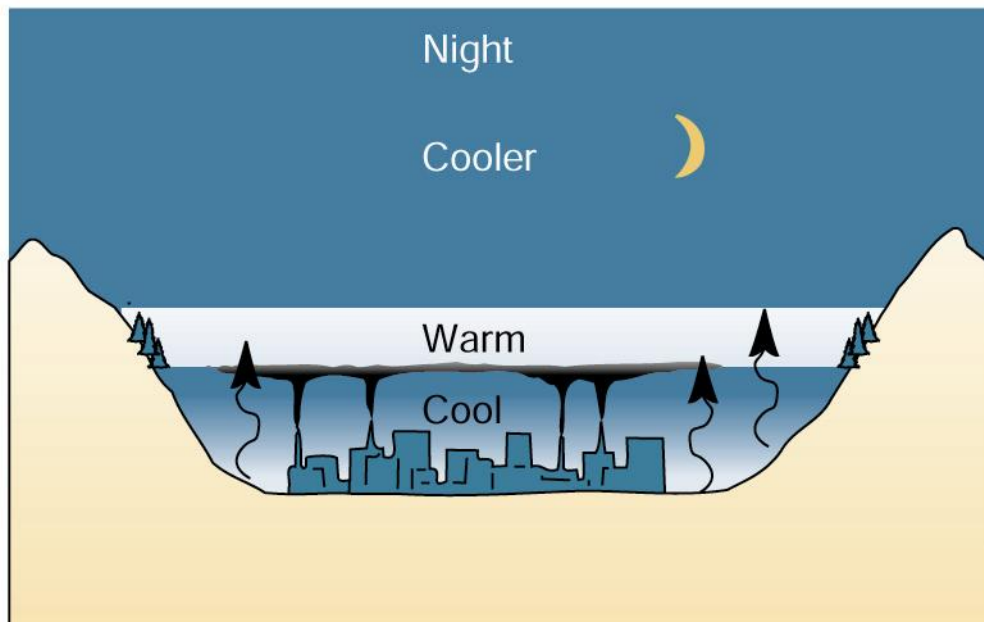
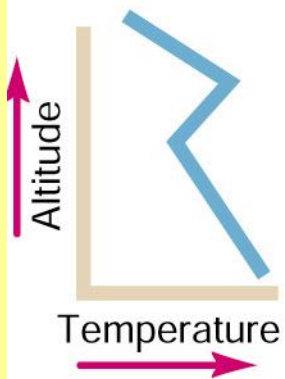
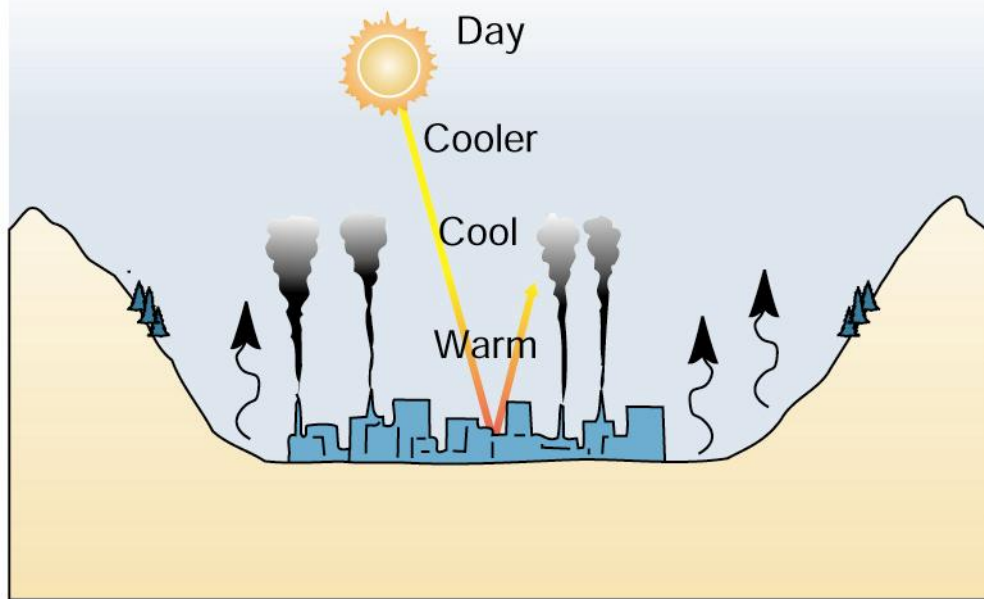
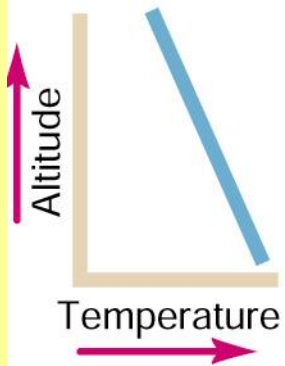
'You two need to go inside and get some fresh air.'

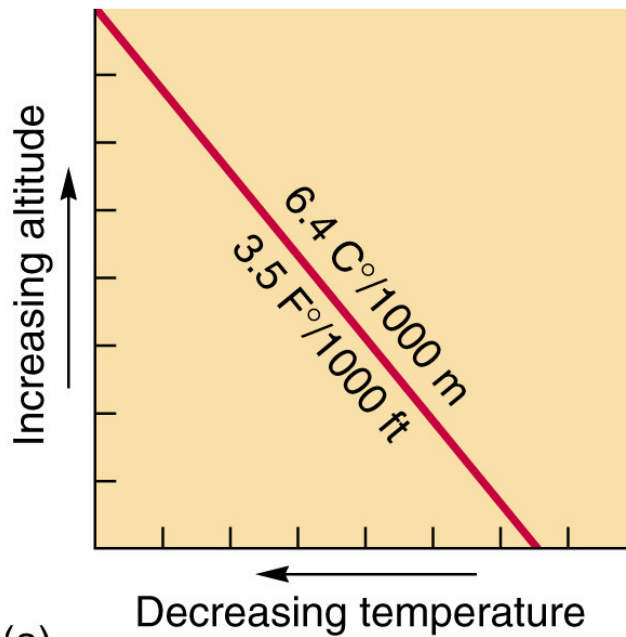


SZMOGKÉPZŐDÉS

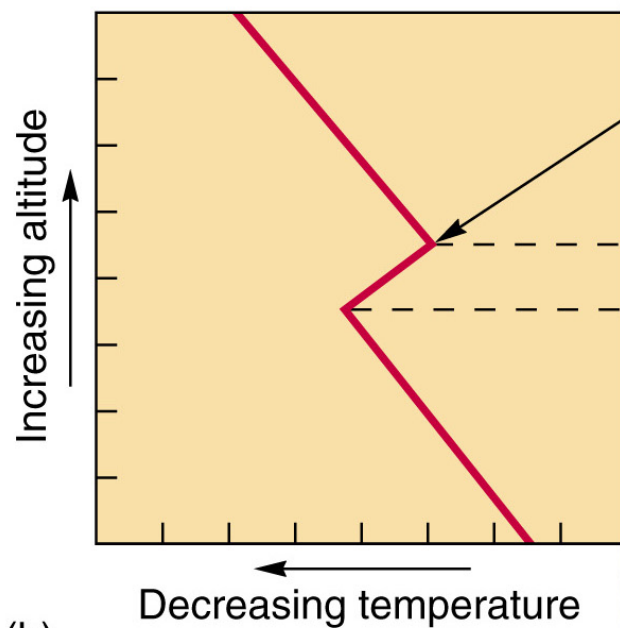
Feltételei 1, hőmérsékletinverzió



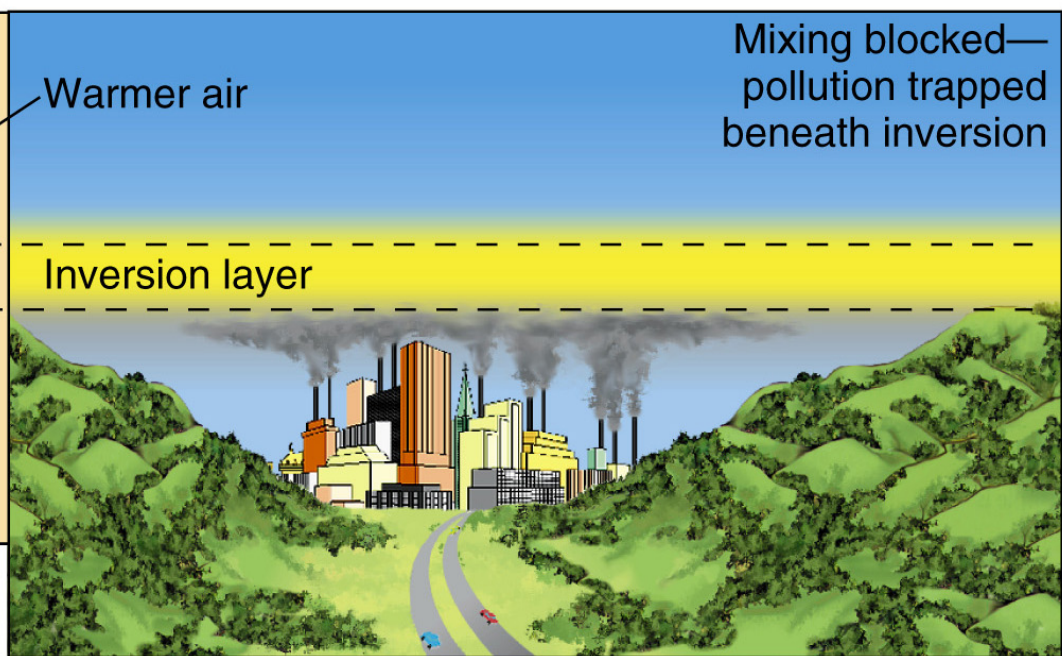




(a)

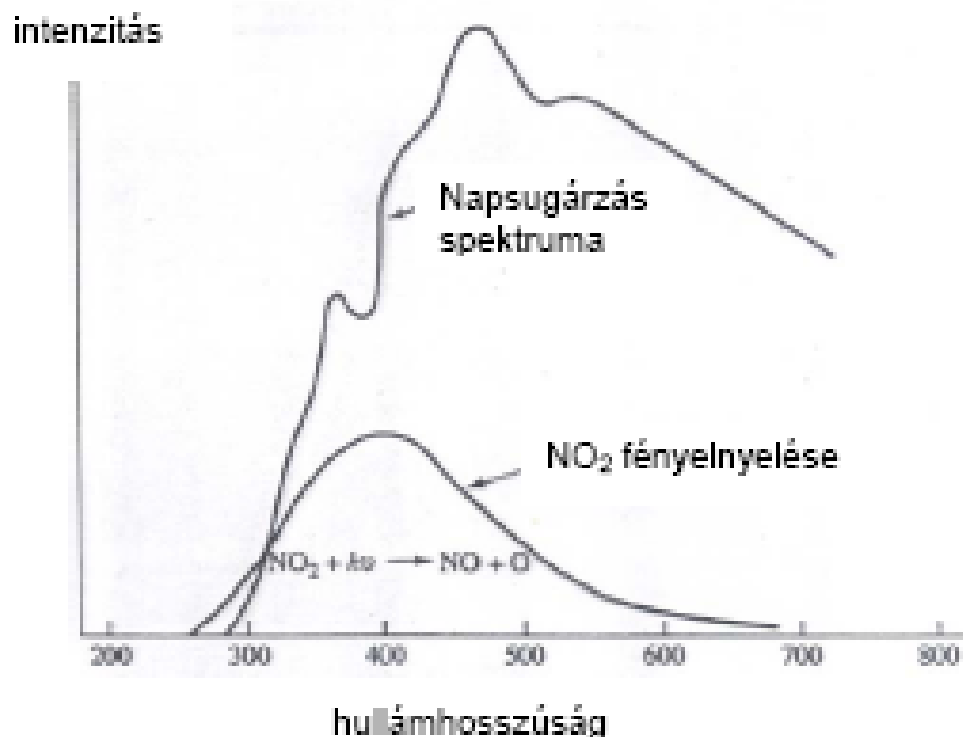


(b)



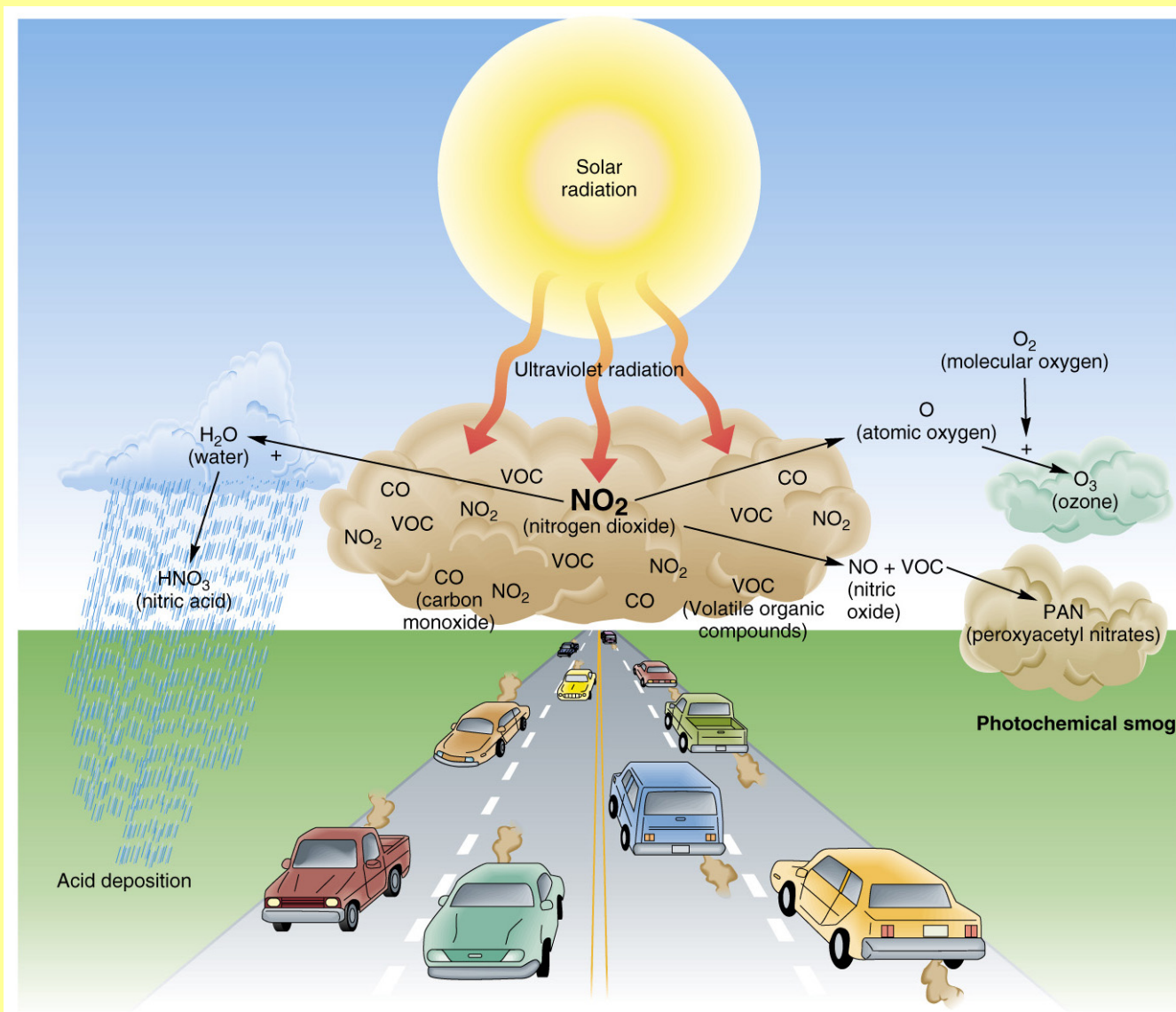
SZMOGKÉPZŐDÉS

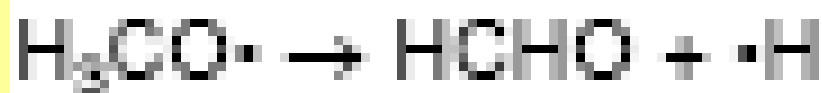
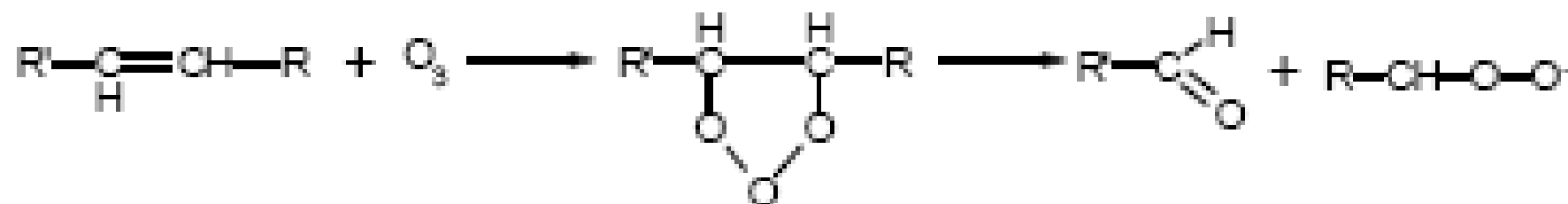
- Feltételei: 2, NOx + napsütés



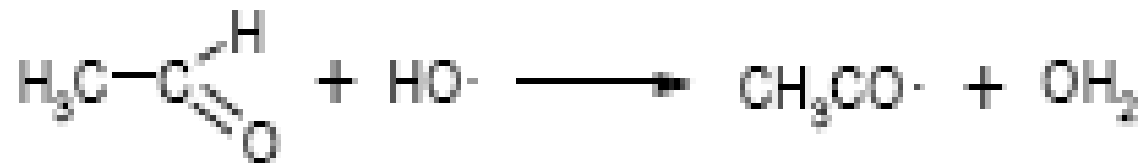
SZMOGKÉPZŐDÉS

Feltételei: 3, szénhidrogén kibocsátás

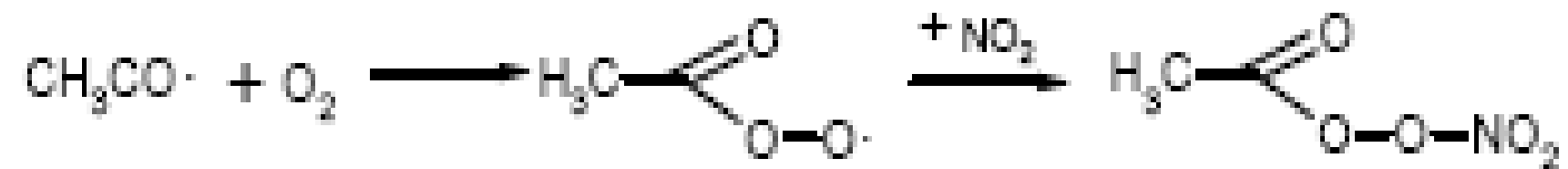




Peroxi-acetil-nitrát (PAN) képződés



oxigénre való molekuláris oxigénaddíciót követő reakció



ami a bioszférára nagyon veszélyes anyag, a peroxi-acetilnitrát képződésének eredményezi.

Savas esők (+redukáló -londoni típusú- szmog)

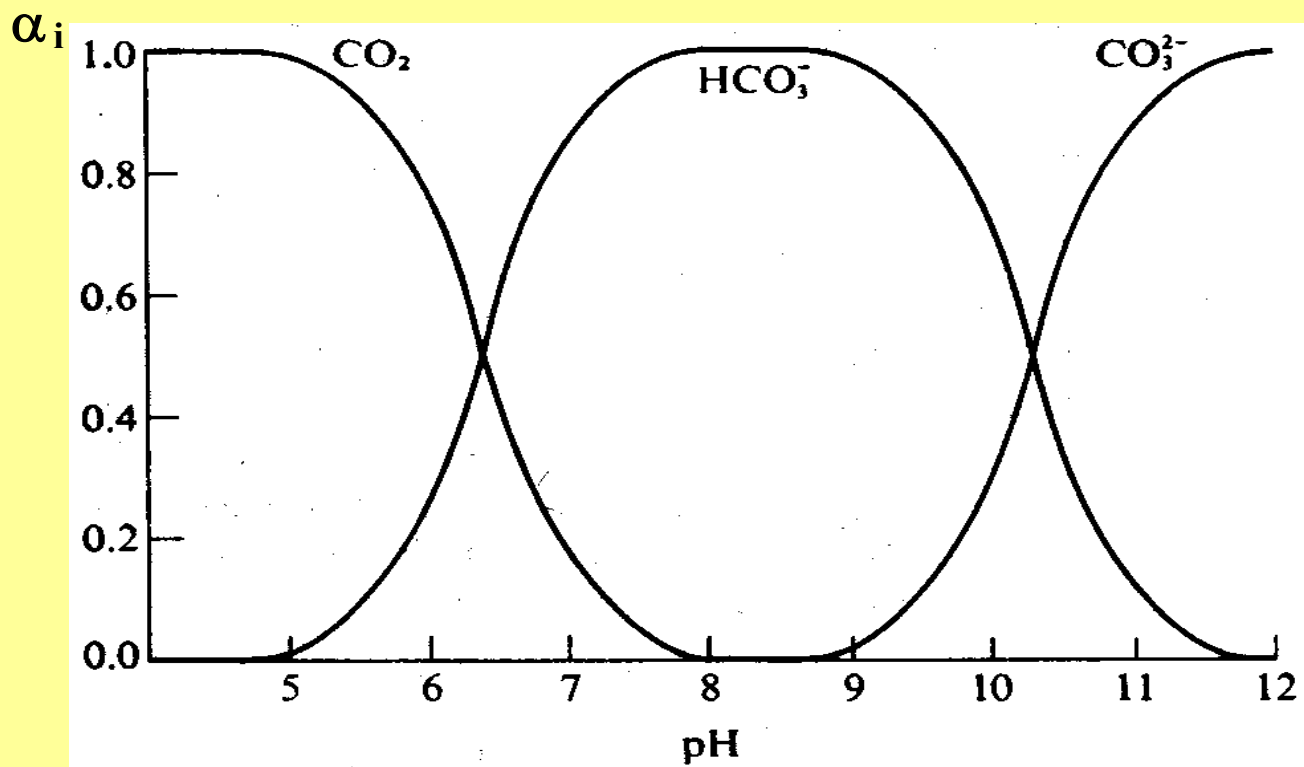
A szén-dioxid oldódása vízben

- $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$
- A hidratált szén-dioxid és a szénsav átalakulásának egyensúlyi állandója
 $K=2,0 \times 10^{-3}$ 25°C-on,
- $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$
- egyensúlyi állandója: $K= 4,45 \times 10^{-7}$, $\text{pK}_1=6,35$
- $\text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$
 $K = 4,69 \times 10^{-11}$, $\text{pK}_2=10,33$

A szén-dioxid oldódása vízben

- Az egyes formák molarányát adott körülmények között kiszámíthatjuk, pl.

$$\alpha_{CO_3^{2-}} = \frac{[CO_3^{2-}]}{[CO_2] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]} = \frac{K_1 K_2}{[H^+]^2 + K_1 [H^+] + K_1 K_2}$$



Az esővíz elméleti pH-ja

$$[CO_2] = K_{CO_2} \times p_{CO_2}$$

A levegővel egyensúlyban lévő tiszta víz esetén, figyelembe véve az atmoszféra szén-dioxid-koncentrációját ($0,0314$ tf% száraz levegőben), a vízgőz parciális nyomását ($0,0313$ atm) a szén-dioxid parciális nyomása:

$$p_{CO_2} = (1 \text{ atm} - 0,0313 \text{ atm}) \times 3,14 \times 10^{-4} = 3,04 \times 10^{-4} \text{ atm}$$

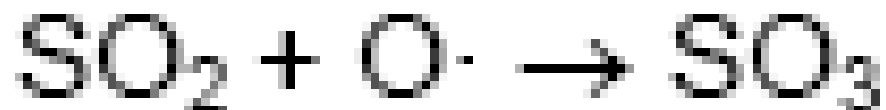
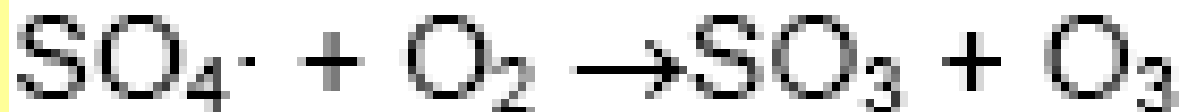
$$[CO_2] = K_{CO_2} \times p_{CO_2} = 3,38 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \text{ atm}^{-1} \times 3,04 \times 10^{-4} \text{ atm} = 1,028 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{mivel } K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[CO_2]} = 4,45 \times 10^{-7} \text{ és } a_H = a_{HCO_3},$$

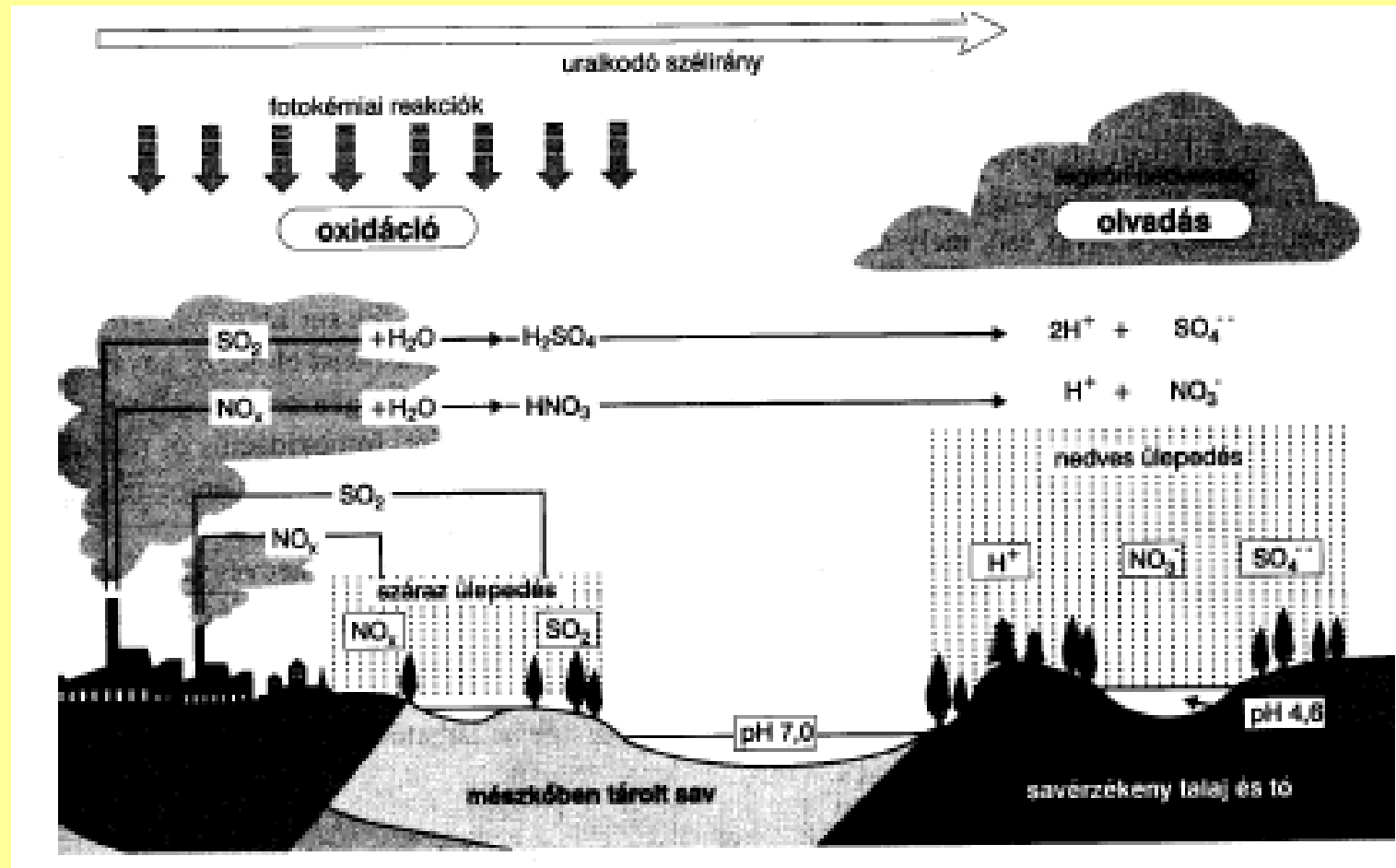
$$[H^+] = 2,14 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3},$$

pH=5,67, ami az esővíz elméleti pH-ja.

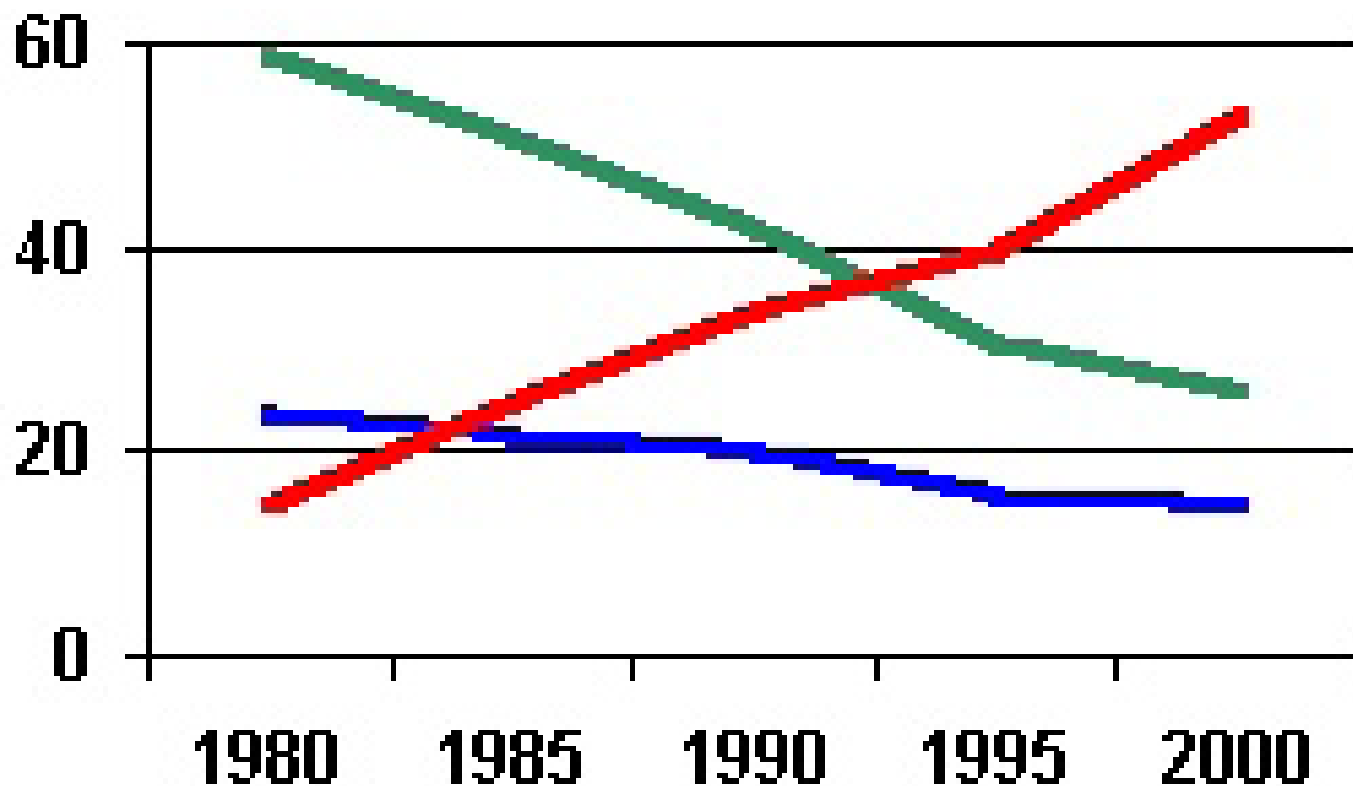
A kéndioxid oxidációja



A savas eső kialakulásának, kihullásának és következményeinek sematikus ábrája



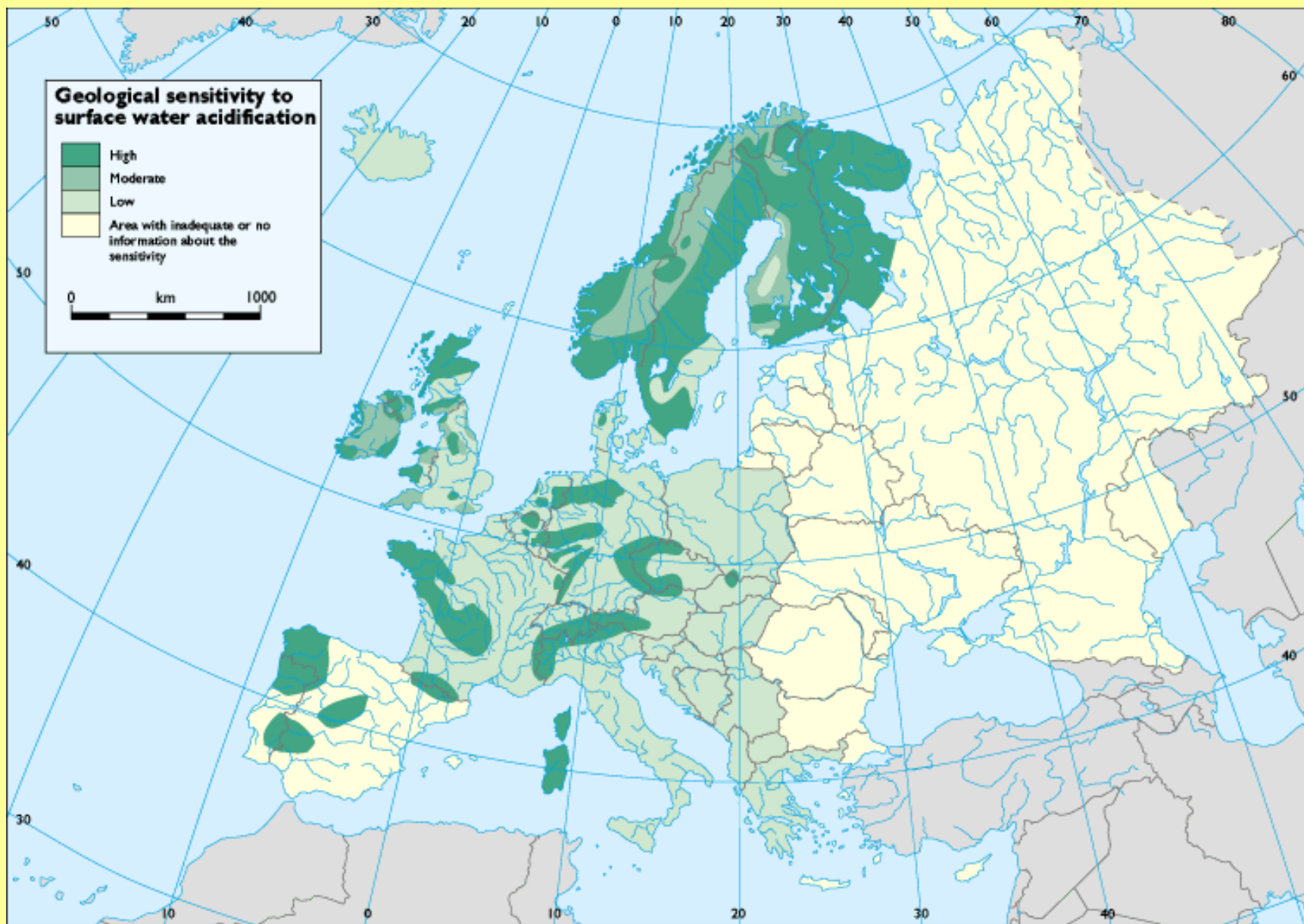
A kénkibocsátás változása az elmúlt húsz évben (millió tonna/év egységekben)



— Europe

— USA

— Asia



A hidroszféra kémiája

- A víz tulajdonságai
- Kémiai és fizikai vízminősítés
- Fizikai és kémiai egyensúlyok vizekben
 - gázok oldhatósága vízben
 - csapadékképződési egyensúlyok
 - megoszlás folyadékfázisok között
 - sav-bázis egyensúlyok vízben
 - redoxi egyensúlyok
 - komplexképződés
 - kolloidok
- Biológiai folyamatok

A víz tulajdonságai

<i>Tulajdonság</i>	<i>Hatás és eredmény</i>
Kiváló oldószer	Tápanyagok és bomlástermékek transzportja, a biológiai lét biztosítása
Más folyadékoknál nagyobb dielektromos állandó	Ionos anyagok jó oldhatósága és disszociációja
Más folyadékoknál nagyobb felületi feszültség	Anyagtranszport és szabályozás a biológiai rendszerekben
Jó fényáteresztő képesség (látható és közeli UV tartományban)	Színtelen, lehetővé tesz a fotoszintézist
Sűrűségmaximum +4°C-on	Jégúszás és a folyadék vertikális cirkulációjának gátlása
Más anyagoknál nagyobb párolgáshő	Hőtranszport a víz és az atmoszféra között
Más anyagoknál nagyobb fagyáshő	Hőmérsékletstabilizálás a fagyáspont környékén
Más anyagoknál nagyobb hőkapacitás	Földrajzi régiók és organizmusok hőmérsékletének stabilizálása

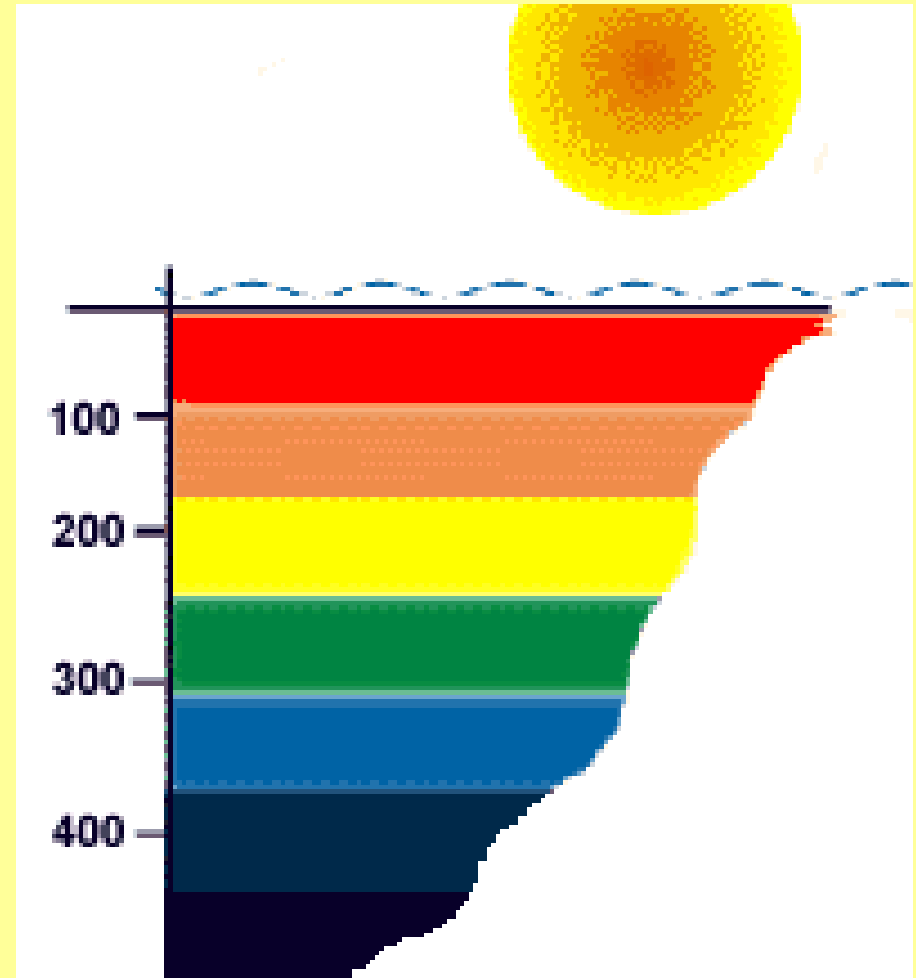


Nagy felületi feszültség

George I. Demard

Fényelnyelődés vízben

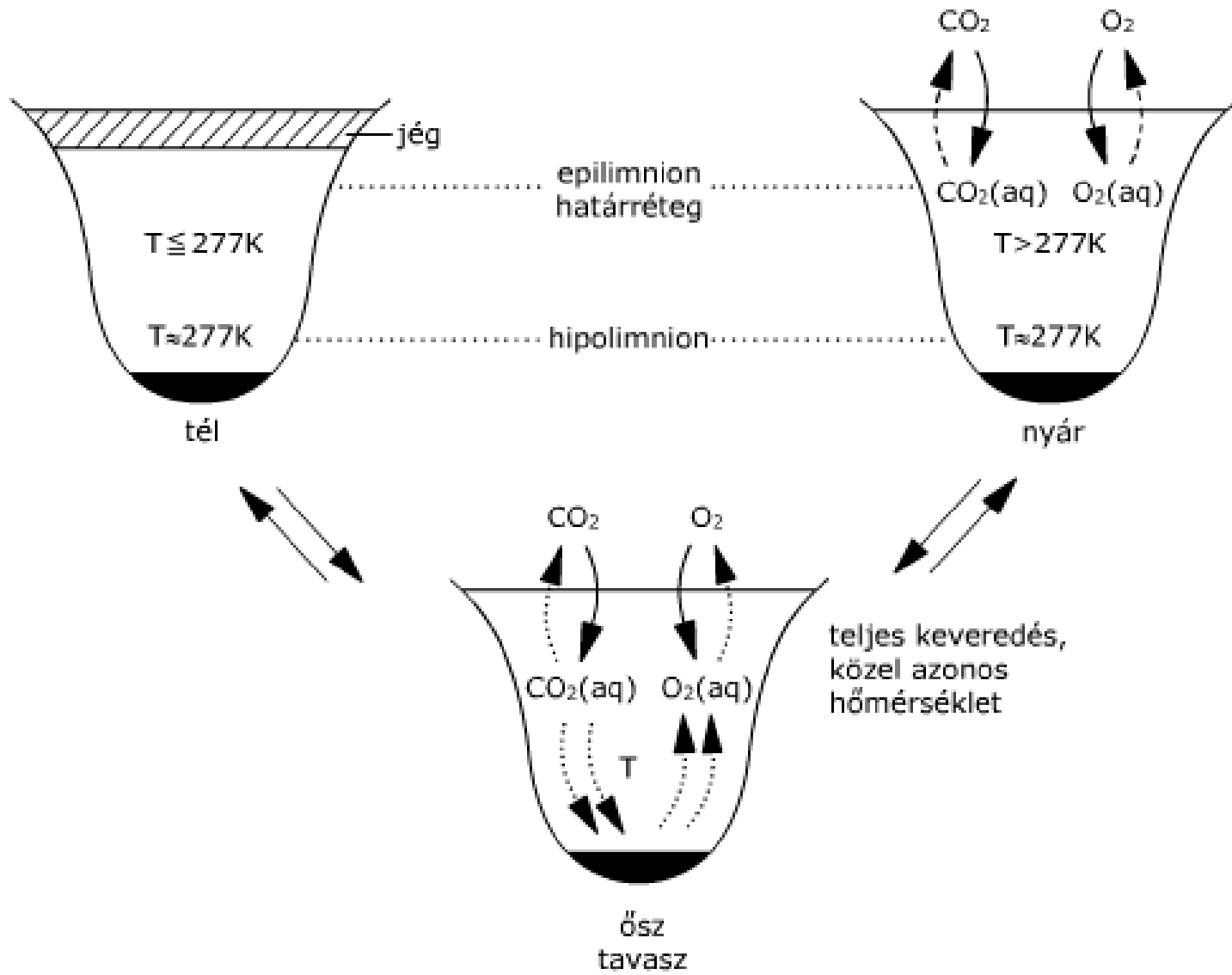
- A mélységgel exponenciálisan csökken a mennyisége.
- *Minél nagyobb a fény energiataralma, annál mélyebbre hatol a vízbe,*
- először a legkisebb energiájú, legnagyobb hullámhosszúságú vörös fény nyelődik el.
- Legmélyebbre a legrövidebb hullámhosszú ibolya színű sugarak jutnak.





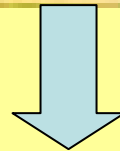
Jó fényáteresztő képesség

Hőmérsékletgradiens és rétegződés a felszíni vizekben



Hőmérsékletgradiens a felszíni vizekben

- A víz sűrűségének maximuma: $+3,98^{\circ}\text{C}$



Ősszel, tavasszal: cirkuláció az egyes rétegek között: oldott gázok transzportja, keveredése

Kémiai és fizikai vízminősítés

- A víz tulajdonságainak összessége, amelyet
 - fizikai (T, szín, zavarosság, átlátszóság)
 - radioaktivitási (β -aktivitás, ^{133}Cs , ^{90}Sr)
 - kémiai (pH, oldott oxigén, oldott anyagok, szennyezőanyagok)
 - biológiai (klorofilltartalom, algaszám, baktériumszám)

paraméterek összessége határoz meg.

1. pH

tiszta természetes vizek: $\text{pH} = 4,5-8,3$

$\text{pH}=4,5$ szabad szerves savak miatt

$\text{pH}>8,3$ karbonátos alkotórészek

esővíz: $\text{pH}=5,65$

2. Sótartalom (mg/l)

(kifejezhető vezetőképességben is: $\mu\text{Si}/\text{cm}$)

kationok: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} ,

anionok: HCO_3^{-} , SO_4^{-2} , Cl^{-} .

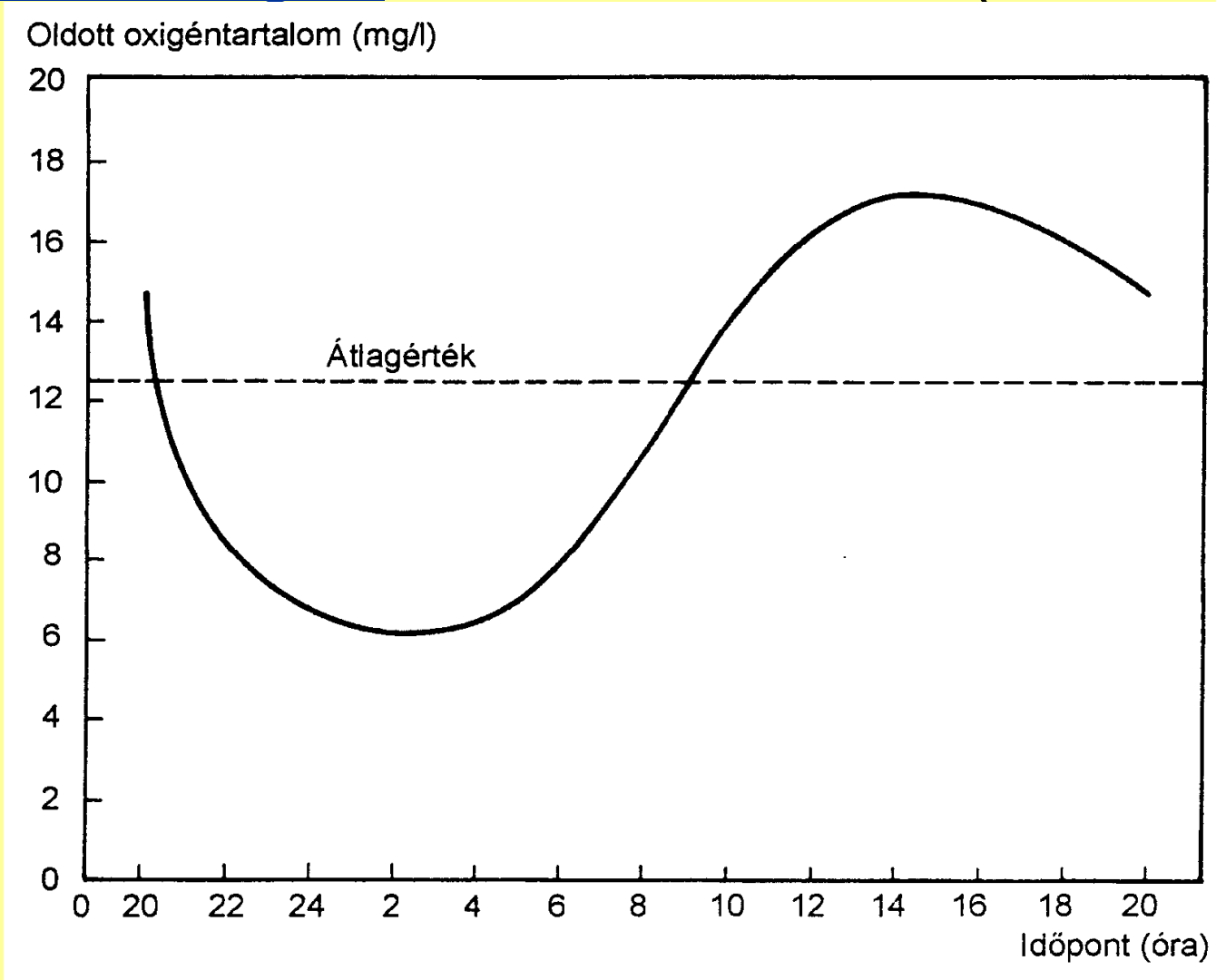
A természetes vizekben a vas (Fe) és a mangán (Mn) általában kisebb koncentrációban, az egyéb fémionok nyomokban fordulnak elő.

3. Vízkeménység

- A vízben lévő kalcium és magnézium mennyiséget a **keménységgel** fejezi ki.
- német keménységi fok (NK°)
- A $NK^\circ = 10 \text{ mg CaO-dal egyenértékű } Ca^{2+} \text{ illetve } Mg^{2+} \text{ mennyisége, } 1 \text{ dm}^3 \text{ vízben.}$
- Az **összes keménység** a vízben oldott Ca és Mg sók összege, a **változó** (karbonát) **keménység** a Ca és Mg hidrokarbonátjai összessége, az **állandó** (nem karbonát) keménység a Ca és Mg kloridjai, szulfátjai, nitrátjai

4. Oldott gázok:

oldott oxigén és szén-dioxid: $f(T, \text{összetétel},$



5. Szerves anyagok

- **Biológiai oxigénigény (BOI)**

aerob mikroorganizmusok által
felhasznált oxigénmennyiség 5 vagy 20
nap alatt (BOI_5 , BOI_{20})

- **Kémiai oxidénigény (KOI)**

a vízminta erélyes oxidálószerrel történő

- kálium-permanganát (KMnO_4)

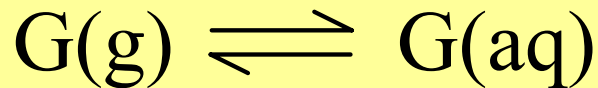
- kálium-dikromát ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) kénsavas
forralása: színváltozás

A kettő hányadosa: információ a kémiai anyagok
viselkedéséről

Gázok oldhatósága vízben

- Természetes vizekben: oldott oxigén, szén-dioxid, nitrogén

- egyensúlyi folyamat:



- Henry-törvény: $c_G = K \times p_G$

csak akkor, ha az oldott gáz nem lép további reakcióba!



Gáz	K [mol dm ⁻³ atm ⁻¹]
O ₂	1,28×10 ⁻³
CO ₂	3,38×10 ⁻²
H ₂	7,90×10 ⁻⁴
N ₂	6,48×10 ⁻⁴
CH ₄	1,34×10 ⁻³
NO	2,0×10 ⁻³

Henry-állandók 25°C-on

Csapadékképzési egyensúlyok



az oldhatósági szorzat:

$$K_L = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^{-}]^3$$

ahol $[\text{Al}^{3+}]$ és $[\text{OH}^{-}]$ az ionok moláris koncentrációja.

Szilárd anyagok oldhatósági szorzatának negatív logaritmusa ($\text{p}K_L = -\lg K_L$) vízben, 25°C-on

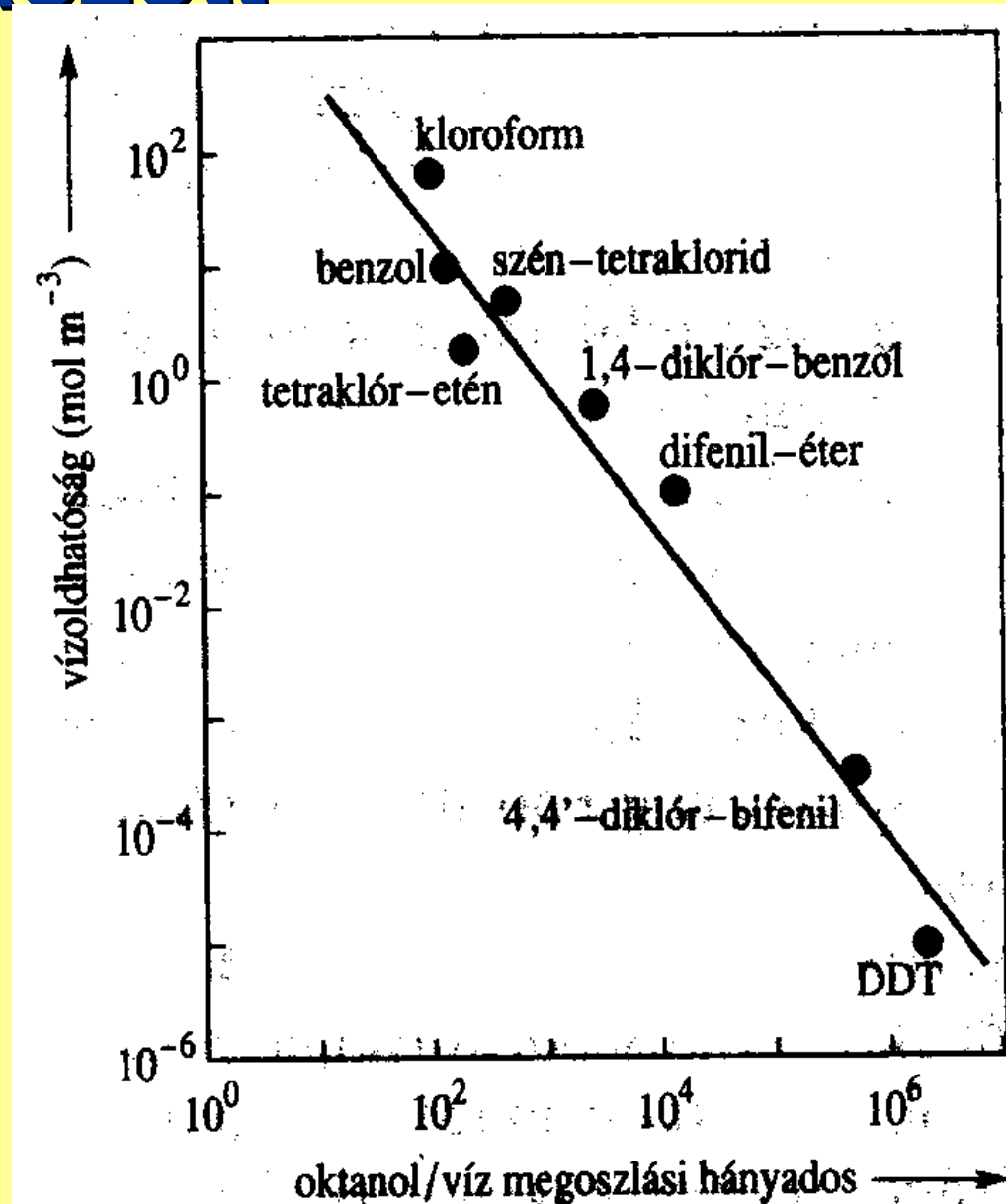
Vegyület	$\text{p}K_L$
Al(OH)_3	32,7
CaCO_3	8,0
CaSO_4	4,32
Fe(OH)_2	13,5
Fe(OH)_3	37,4
MgCO_3	3,7
PbSO_4	8,0
CaHPO_4	6,7



Megoszlás folyadékfázisok között

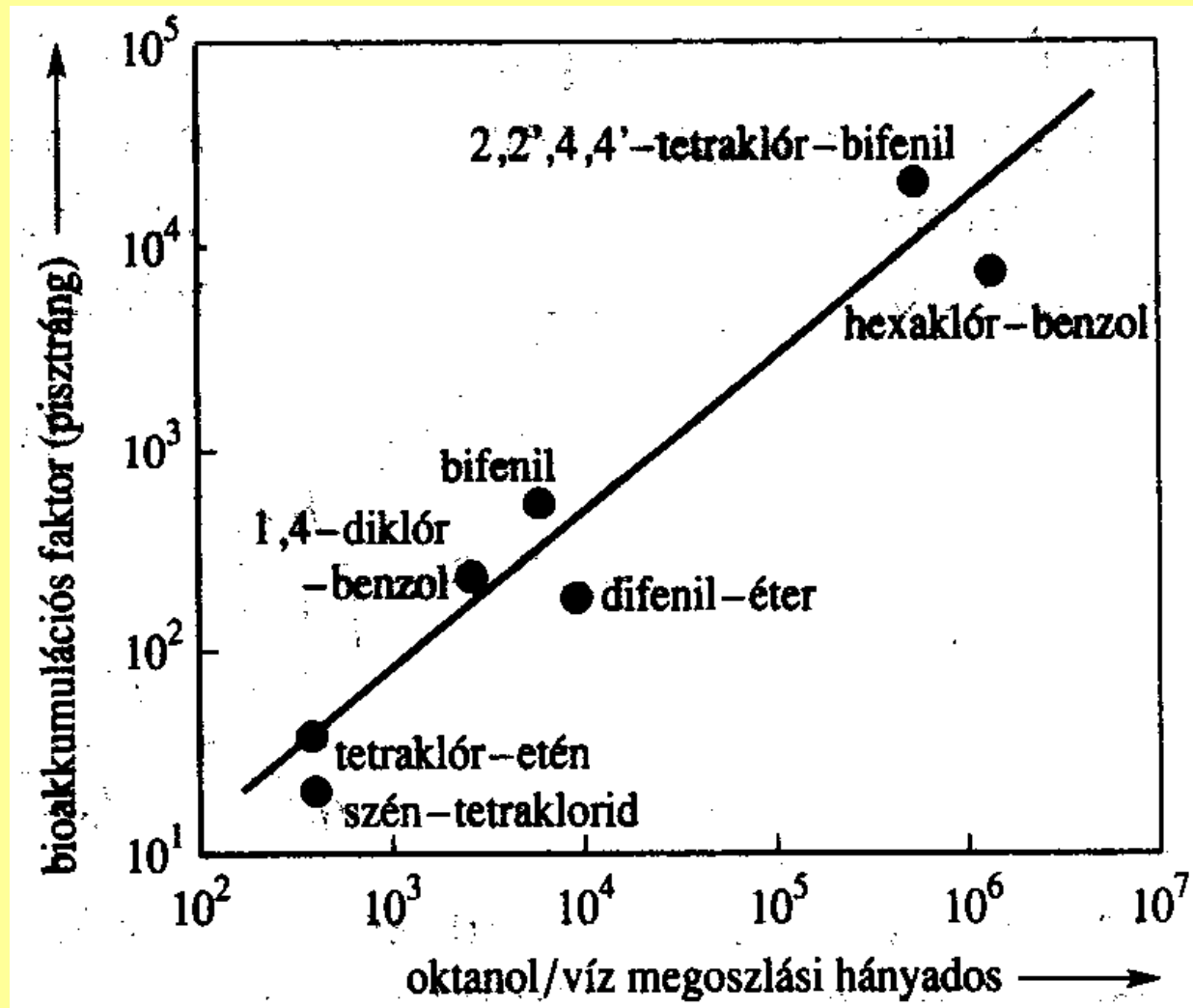
- Két egymással nem elegyedő folyadékfázis között adott anyag koncentrációjának aránya
- Nernst-féle megoszlási törvény:

$$K_{12} = \frac{c_1}{c_2}$$
- hidrofil vagy lipofil jelleg



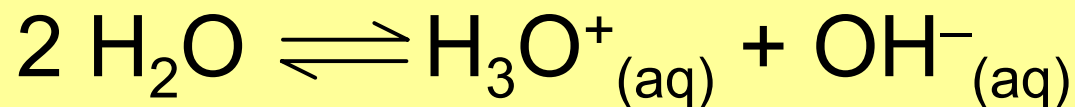
Bioakkumuláció

- vegyületek biológiai rendszerekben való felhalmozódása



Sav-bázis egyensúlyok 1.

- A víz autoprotolízise



$$K = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

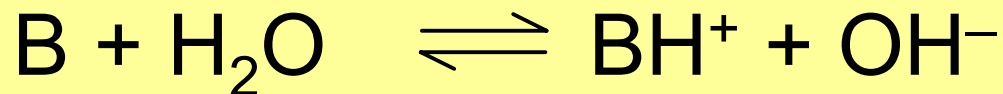
$$K_v = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$\text{p}K_v = -\lg K_v = 14$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 7$$

Sav-bázis egyensúlyok 2.

- Savak és bázisok protolízise



$$K_s = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{S}^-]}{[\text{HS}]}$$

Néhány vegyület saverősségének negatív logaritmusa
($\text{p}K_s = -\lg K_s$) vízben, 25°C-on.

Sav	$\text{p}K_s$	
HCl	-3	nagyon erős
H ₂ SO ₄	-3	
SO ₂	1,76	erős
HSO ₄ ⁻	1,80	
HCOOH	3,70	
CH ₃ COOH	4,75	gyenge
NH ₄ ⁺	9,25	
C ₆ H ₅ OH	9,91	nagyon gyenge
NH ₃	35	extrém gyenge

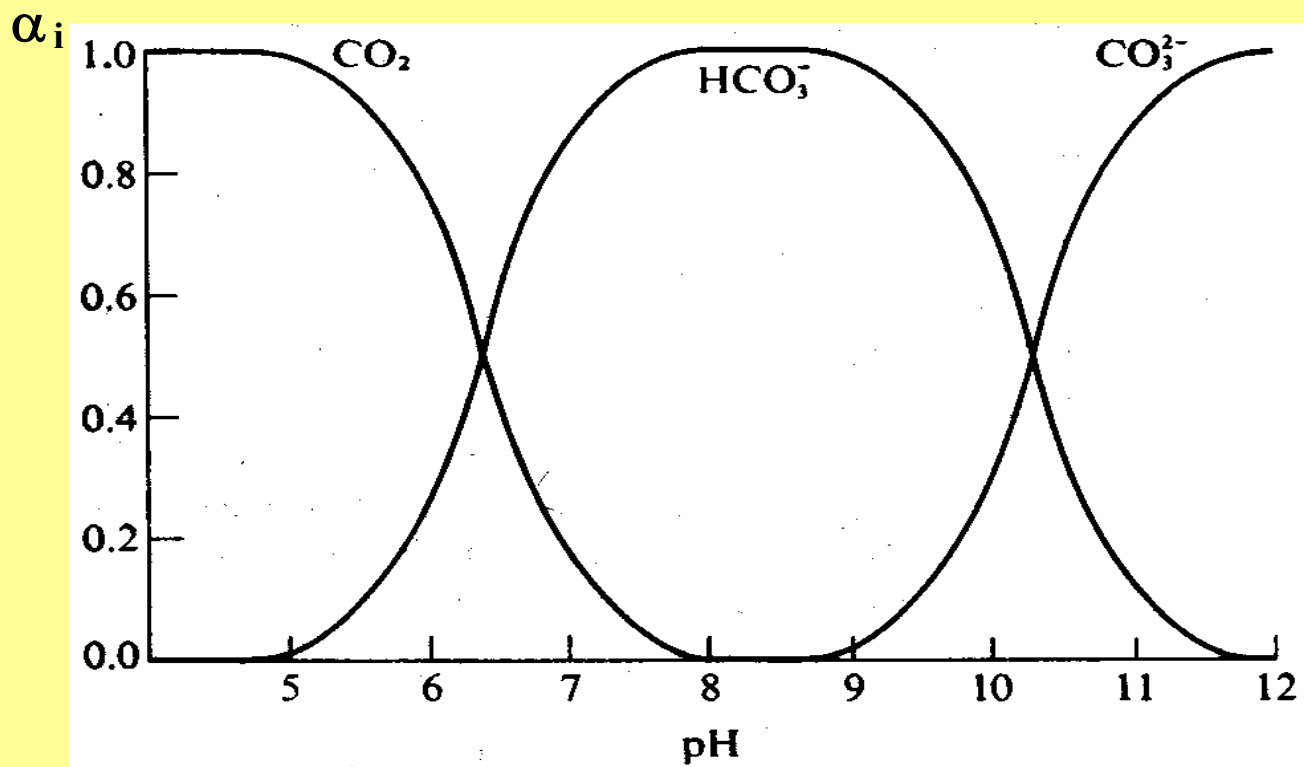
A szén-dioxid oldódása vízben

- $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$
- A hidratált szén-dioxid és a szénsav átalakulásának egyensúlyi állandója
 $K=2,0 \times 10^{-3}$ 25°C-on,
- $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$
- egyensúlyi állandója: $K= 4,45 \times 10^{-7}$, $\text{pK}_1=6,35$
- $\text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$
 $K = 4,69 \times 10^{-11}$, $\text{pK}_2=10,33$

A szén-dioxid oldódása vízben

- Az egyes formák molarányát adott körülmények között kiszámíthatjuk, pl.

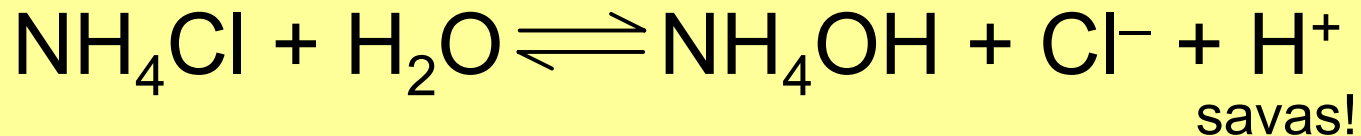
$$\alpha_{CO_3^{2-}} = \frac{[CO_3^{2-}]}{[CO_2] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]} = \frac{K_1 K_2}{[H^+]^2 + K_1 [H^+] + K_1 K_2}$$



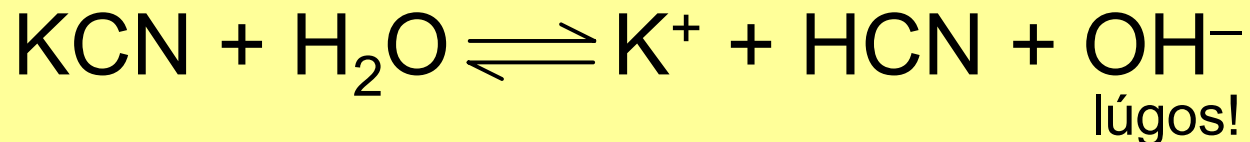
Sav-bázis egyensúlyok 3.

- Hidrolízis

1. Gyenge bázisok erős savakkal képzett sói:



2. Gyenge savak erős bázisokkal képzett sói:



- Bányavizek savas kémhatása
- Pezsgőtabletta pezsgése

Redoxiegyensúlyok

A redoxifolyamatok lényege, hogy a redukálószer elektront ad át az oxidálószernek. Egyszerű redoxifolyamatban, mint a



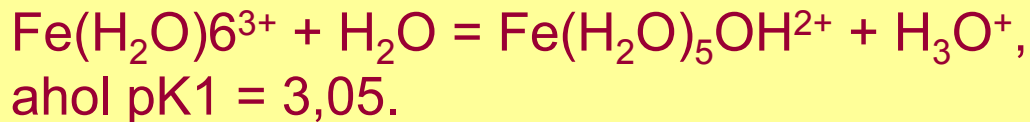
a H^+ elektront vesz fel, vagyis redukálódik. Megállapodás szerint ennek a reakciónak a standard redoxipotenciálja (25°C -on, légköri nyomáson) éppen 0, a többi reakció redoxipotenciálját ehhez viszonyítjuk. A **Nernst-egyenlet** alapján egy tetszőleges reakció redoxipotenciálja kiszámítható:

$$E = E^0 + \frac{2,303RT}{nF} \lg \frac{a_{\text{red}}}{a_{\text{ox}}}$$

ahol E^0 a reakció standard redoxipotenciálja, R az egyetemes gázállandó, T a hőmérséklet, n az átadott elektronok száma, F pedig a Faraday-állandó, ($F=96\,487\text{ C mol}^{-1}$), a red a redukálószer, az ox az oxidálószer aktivitása.

Hidratált fémionok a hidroszférában

Például a hidratált Fe(III)-ion viszonylag erős sav:



A fémionok savas jellege okozza a bányavizek savas kémhatását is. Mikroorganizmusok a kőzetekben jelenlévő piritet (FeS) oxigén és víz jelenlétében Fe^{3+} -má és szulfátionokká oxidálják, a Fe^{3+} savasan hidrolizál, $\text{pH} > 3$ esetén pedig kiválik a Fe-hidroxid.



A bányavizek legkárosabb komponense az így képződő kénsav, amely mérgező hatásán kívül jelentős mértékben károsítja a mészkősziklákat is.

A pH-hoz hasonlóan bevezethetünk egy elméleti redoxiintenzitást, pE-t, ahol $pE = -\lg a_e$, az elektronaktivitás negatív logaritmus, az egyensúlyi állandó pedig:

$$K = \frac{a_{red}}{a_e a_{ox}}$$

Így a Nernst-egyenlet a következő formába írható:

$$pE = pE^0 + \frac{1}{n} \lg \frac{a_{red}}{a_{ox}}$$

ahol $pE^0 = E^0 / 0,0591$, 25°C-on.

Elektronátmenettel járó reakciók standard redoxipotenciálja és redoxiintenzitása.

Reakció	E^0 (V)	pE^0
$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$	0	0
$O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons H_2O_2$	0,68	11,5
$O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightleftharpoons H_2O$	1,229	20,8
$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	0,77	13,2
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$	0,85	14,4
$MnO_{2(s)} + 2e^- + 4H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O$	1,29	21,8
$Fe(OH)_{3(s)} + e^- + 3H^+ \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)} + 3H_2O$	1,01	17,1

Vas(II) oxidációja



$$E^0 = 0,77, \text{pE}^0 = 13,2$$

A pH-pE diagram határait meghatározza a víz stabilitási határa. Ahogy korábban bemutattuk, a víz stabilitásának felső pE értéke:

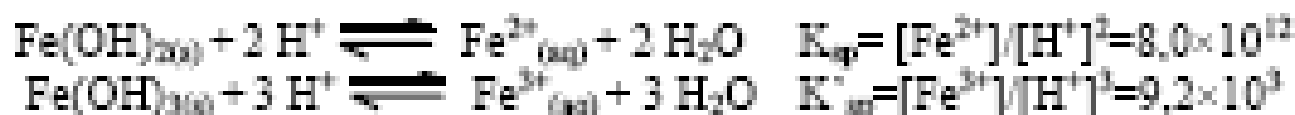
$$\text{pE} = \text{pE}^0 - \text{pH} = 20,8 - \text{pH}$$

alsó határa pedig

$$\text{pE} = -\text{pH}$$

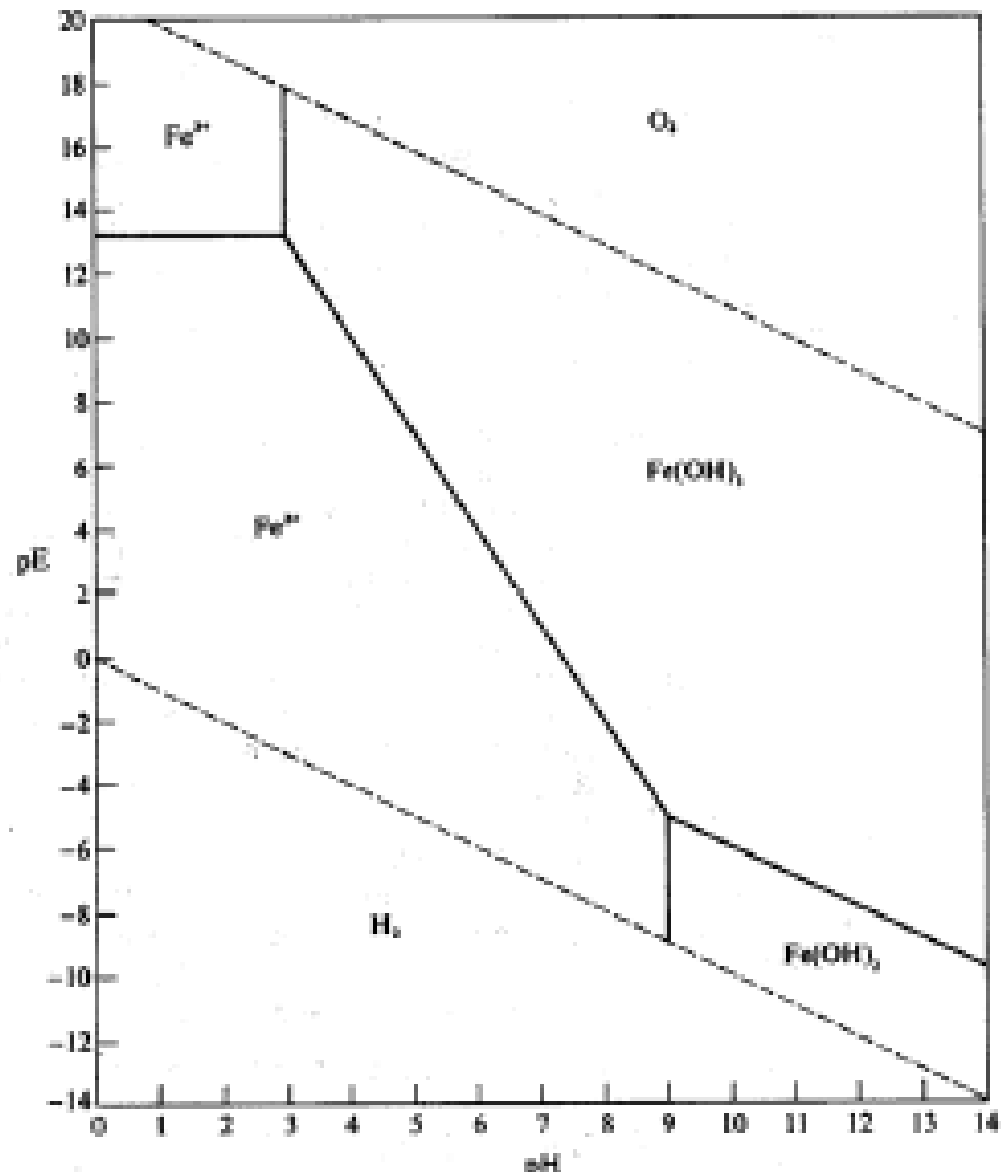
A $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ redoxipárra $\text{pE} = 13,2 + \lg[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}]$, a két formát elválasztó határvonal $\text{pE}=13,2$, pH-tól függetlenül.

A vas-hidroxidok és vas-ionokat elválasztó határ a



egyenletek alapján $\text{pH} = 2,99$ a $\text{Fe}(\text{OH})_{2(s)} / \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ párra és $\text{pH} = 8,95$ a $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} / \text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ párra. Hasonló megfontolások alapján felírhatjuk a Fe^{2+} ionokat és a $\text{Fe}(\text{OH})_3$ csapadékot ($\text{pE}=13,2+\lg(K'_{sp}[\text{H}^{+}]^3/[\text{Fe}^{2+}])$), valamint a vas-hidroxidokat ($\text{pE}=13,2+\lg(K'_{sp}[\text{H}^{+}]^3/K_{sp}[\text{H}^{+}]^2)$) elválasztó határok egyenleteit. Mindezek alapján a pE–pH diagram megszerkeszthető.

A vas egyszerűsített pH-pE diagramja vízben



Komplex egyensúlyok



$$K_1 = \frac{[\text{ZnNH}_3^{2+}]}{[\text{Zn}^{2+}][\text{NH}_3]} = 3,9 \times 10^2$$



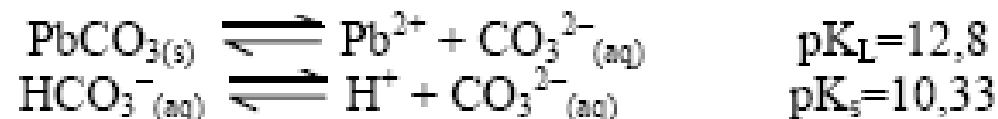
$$K_2 = \frac{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}]}{[\text{ZnNH}_3^{2+}][\text{NH}_3]} = 2,1 \times 10^2$$

K_1 és K_2 úgynevezett *lépcsőzetes egyensúlyi állandók*, a két reakció bruttó képződési állandója $\beta_2 = K_1 K_2$. Ennek megfelelően a $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ komplex képződési állandója $\beta = K_1 K_2 K_3 K_4$.

Ólom karbonát oldódása citromsav, mint komplexképző hatására



A szilárd ólom-karbonátot enyhén lúgos közegben a citrát feloldja, mivel az oldhatósági és sav-bázis egyensúlyoknak megfelelően az oldatban mindig található ólom- és karbonátion,

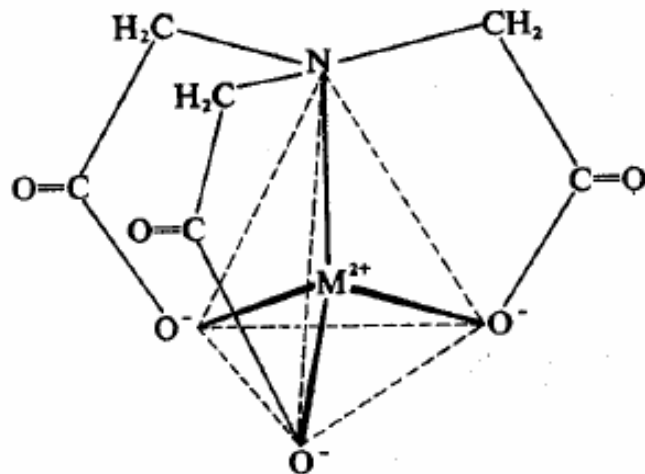


így a szabad ólomion részt vehet a komplexképző reakcióban. A bruttó reakció:

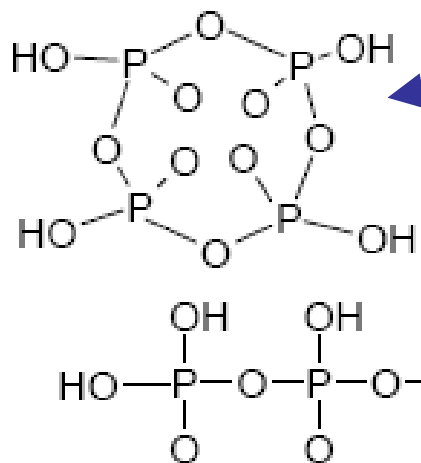


amelyre:
$$K = \frac{a_{\text{PbL}^{-}} a_{\text{HCO}_3^{-}}}{a_{\text{H}} a_{\text{L}^{3-}}} = \frac{K_L K_3}{K_s} = 10^4.$$

KOMPLEXKÉPZŐSZEREK



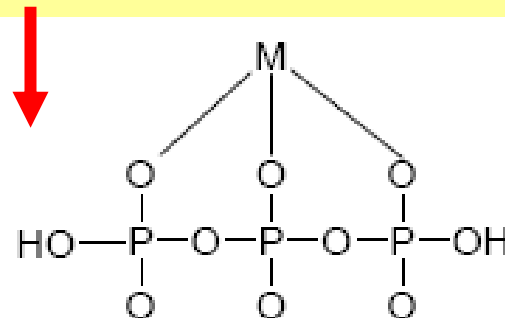
**Nitrilo-triacetát,
mint kelátképző**



Tetrametafoszforsav

Trifoszforsav

és komplexe



Fogalmak a vizek öntisztulásával kapcsolatban

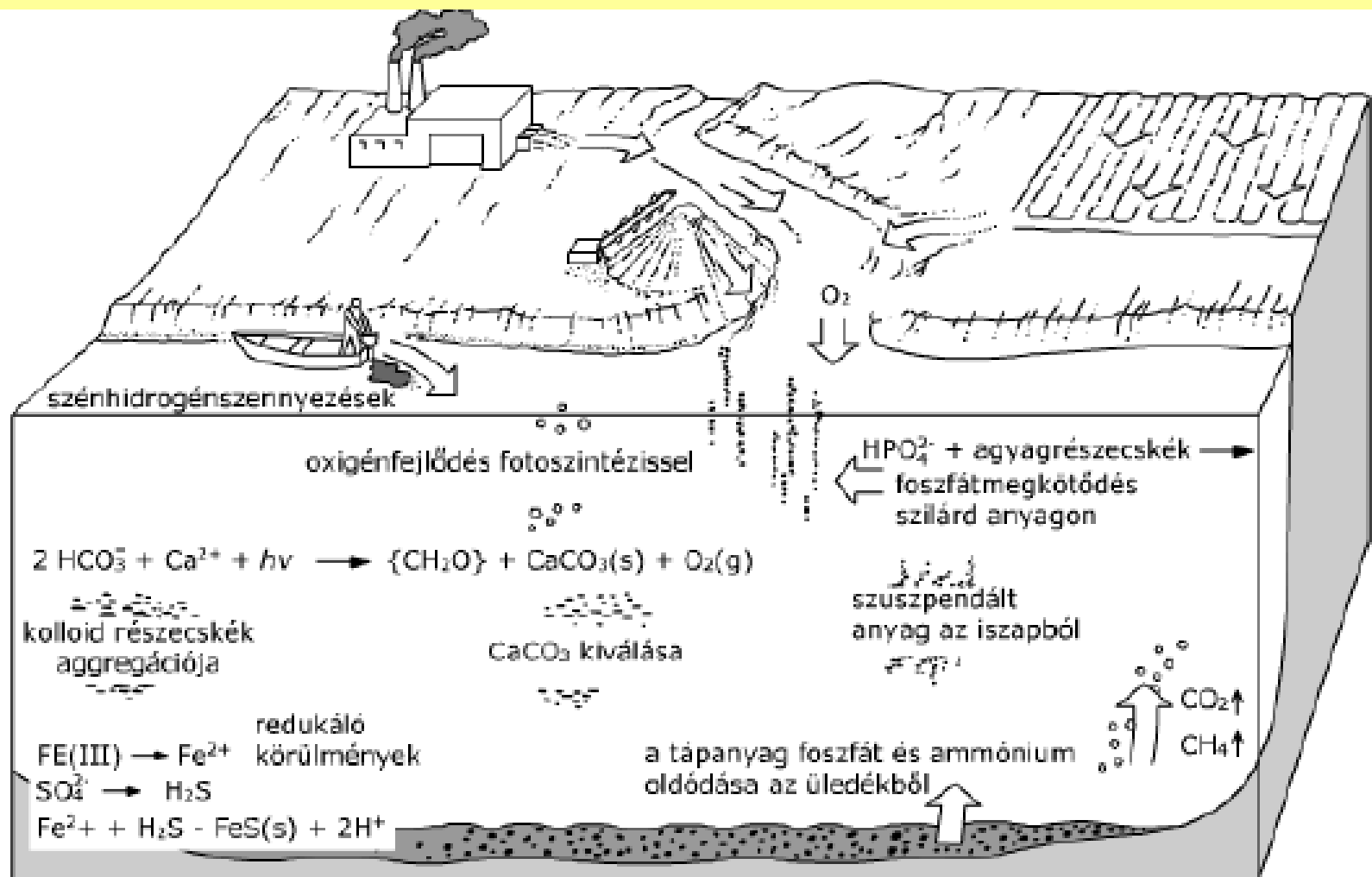
A **halobitás** a víz biológiai szempontból fontos kémiai jellemzőinek összessége, amelyet természetes úton a környezetből kioldott vagy az emberi tevékenység következtében a vízbe kerülő ásványi anyagok adnak. Mérésére az összes ion és összes sótartalom, valamint az elektromos vezetőképesség szolgál.

A **trofitás** (termőképesség) a vízi ökoszisztéma elsődleges szervesanyag termelésének a mutatója. Mértékét a klorofilltartalmú növényzet (alga, hínár), a víz szervesetlen növényi tápanyagtartalma (foszfor és nitrogén), továbbá a fényviszonyok határozzák meg. A trofitás növekedése a vízi növényzet elszaporodásával (főleg algák) jár, ami fokozott eutrofizációt okoz. A trofitás mértékének jellemzésére az összes klorofilltartalom, az összes algaszám, a foszfor- és nitrogénformák, valamint a fotoszintézis mérése alkalmas.

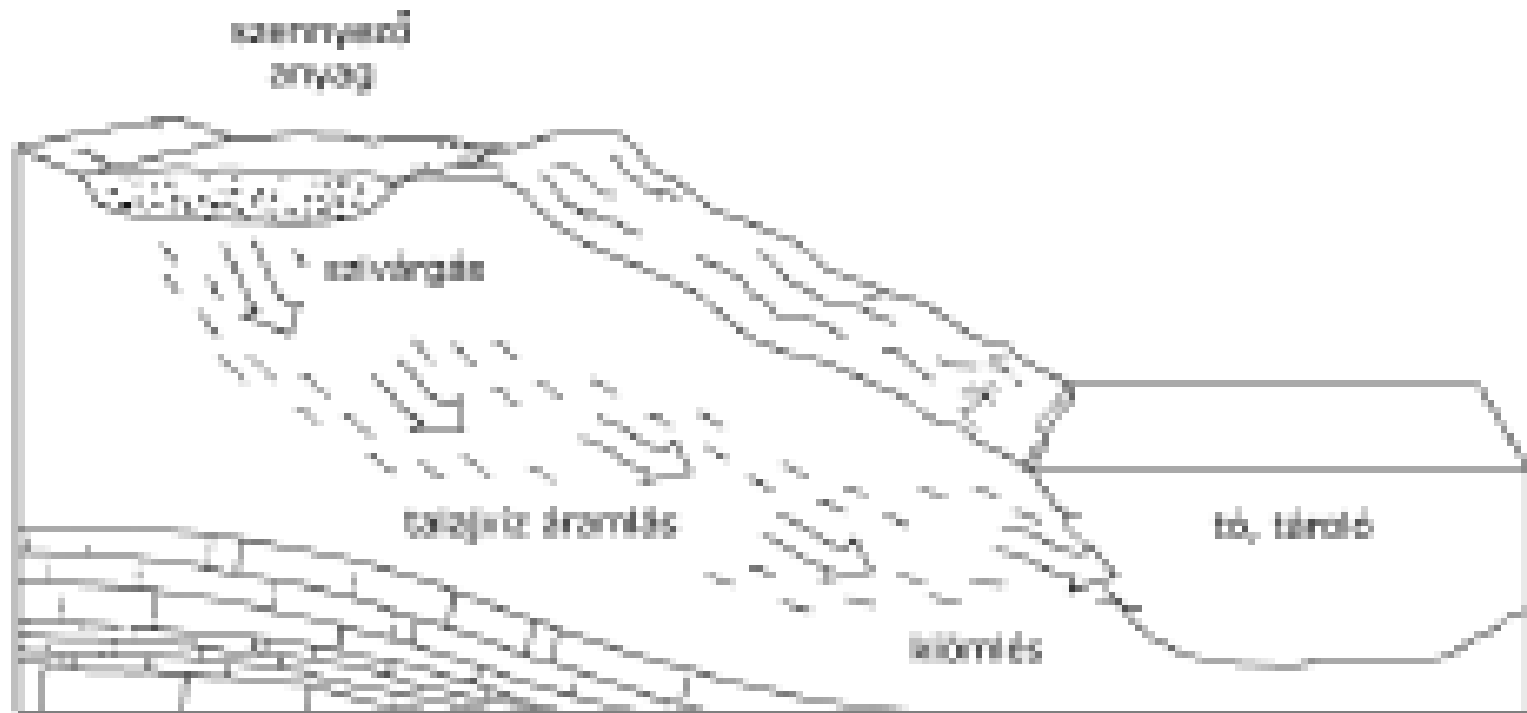
A szaprobitás a vízi ökoszisztéma szervesanyag-lebontó képességét jelenti, amely a trofitással szemben energavesztéssel jár. A nagy szervesanyag szennyezés esetén a szerves anyag lebontására képes mikroorganizmusok szaporodnak el, amelyek felhasználják a víz oldott O_2 -készletét. Jellemzésére a vizek biológiai (BOI) és kémiai (KOI) oxigénigénye, a szerves szén, szerves nitrogén, továbbá a szaprobiológiai elemzés (szaprobitásfok, szaprobitásindex) alkalmas.

A toxicitást a vízi ökoszisztémák élőlényének életműködését zavaró vagy az élőlényeket elpusztító mérgező anyagok jelenléte határozza meg. A mérgező anyag jelenlétét ismert mérgek esetén kémiai, ismeretlen mérgek esetén biológiai vizsgálati módszerekkel határozzák meg. A vízbe került anyagok toxicitásának mértékét a közepes tűrés határa (TL_m) mutató segítségével vizsgálják. A "közepes tűrés határa" mutató értékének a megállapítása során azt vizsgálják, hogy adott mérgező anyagból milyen mennyiségre van szükség az 50%-os biológiai válaszhoz.

A legfontosabb, vizekben lejátszódó környezeti folyamatok kölcsönhatásban az atmoszférával és a litoszférával



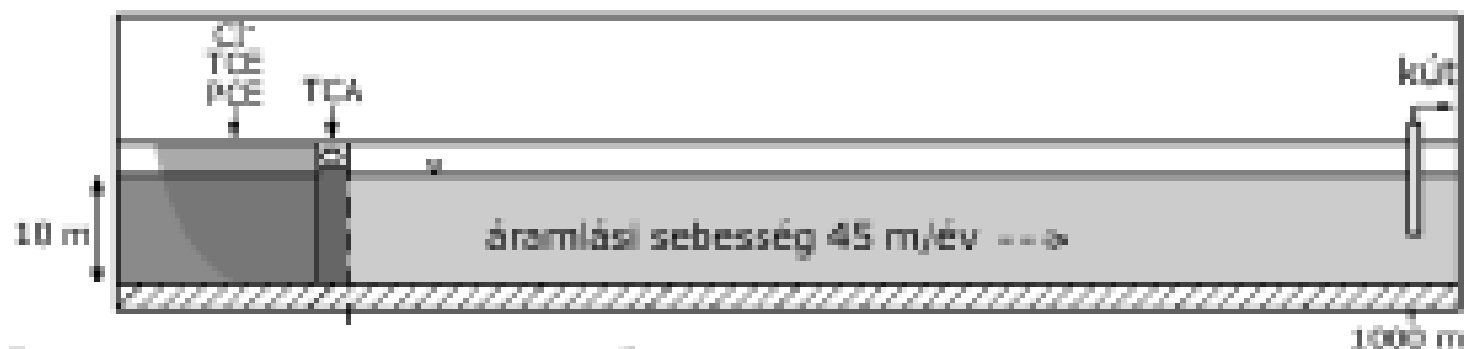
Személyzetek vándorlásának vázlata áramló vízek által



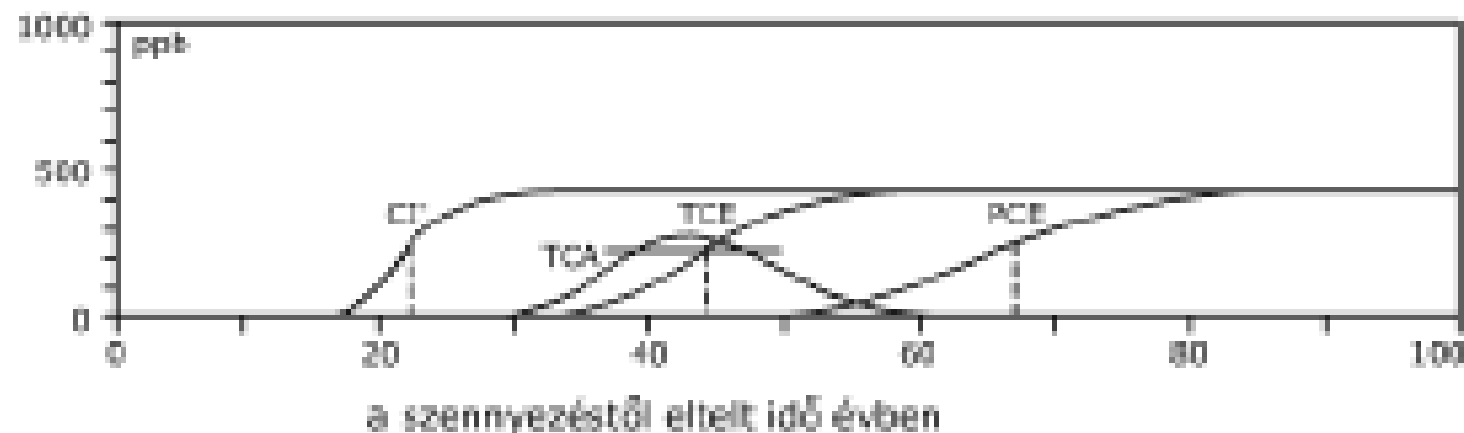
Szennyezők felszín alatti vándorlása

Szennyezőtranszport felszín alatti rétegben

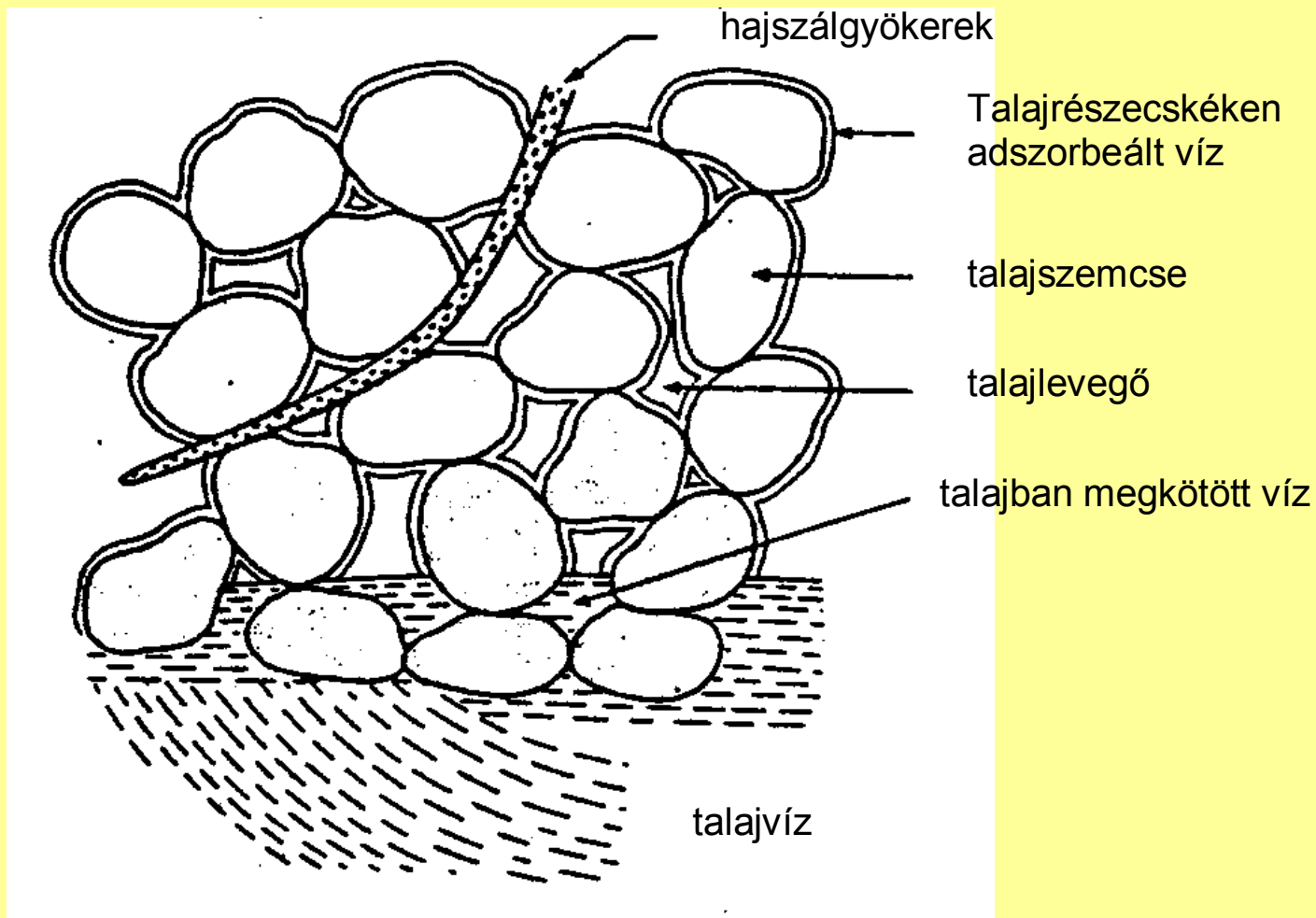
a, réteg és a szennyezőforrás (lyukas tartály, hulladék)



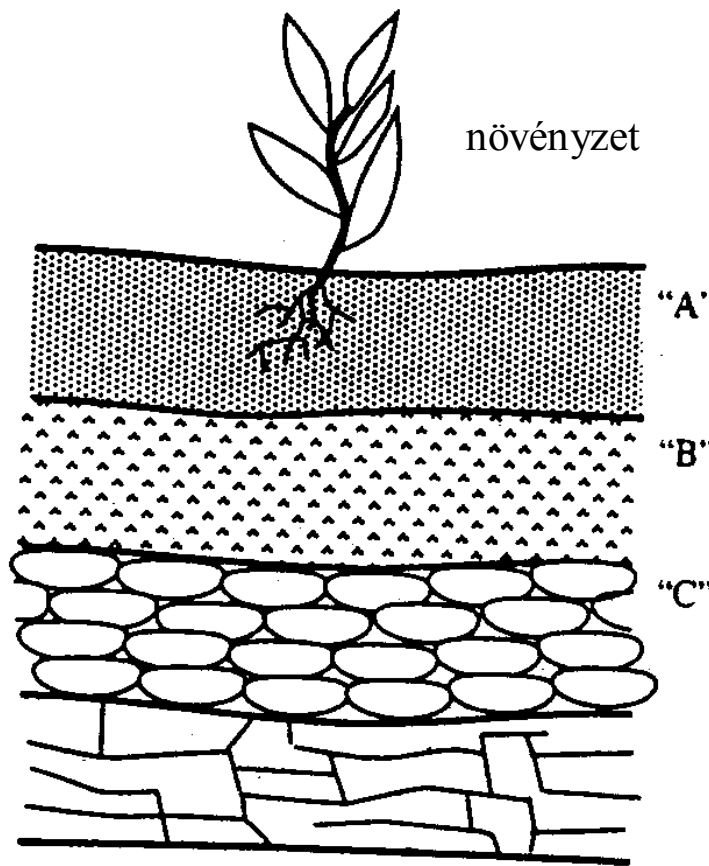
b, időbeli koncentrációelosztás a figyelőkútnál



A talaj szerkezete



A talaj felépítése



"A"

felső talaj

"B"

altalaj

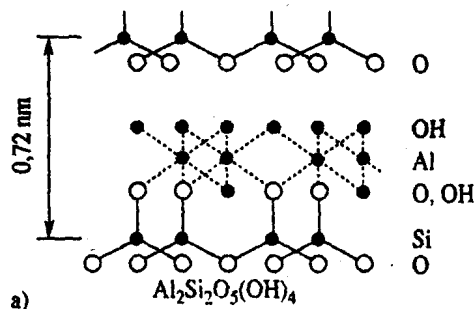
"C"

mállott alapkőzet

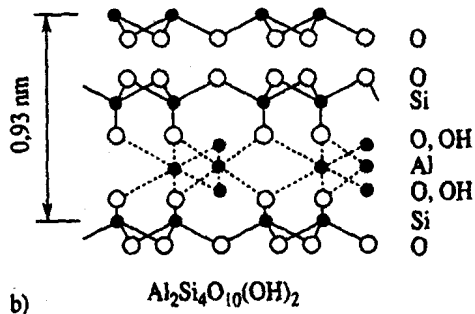
alsó kőzetréteg

Agyagásványok

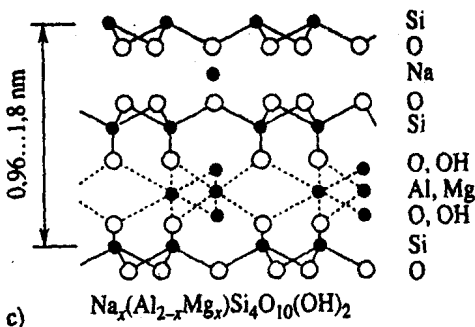
kaolinit



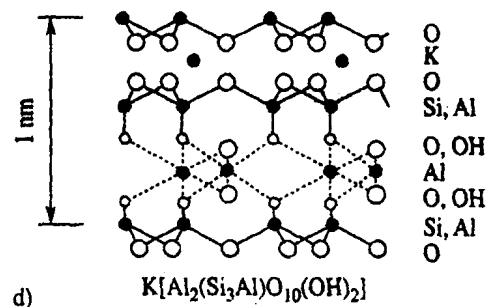
pirofillit



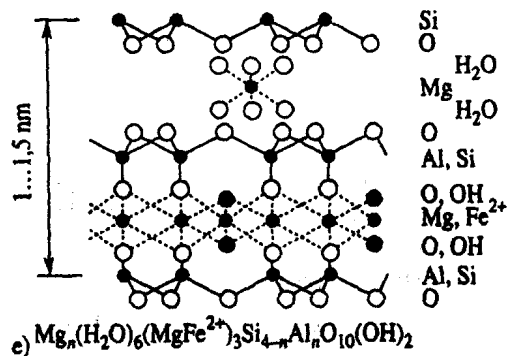
montmorillonit



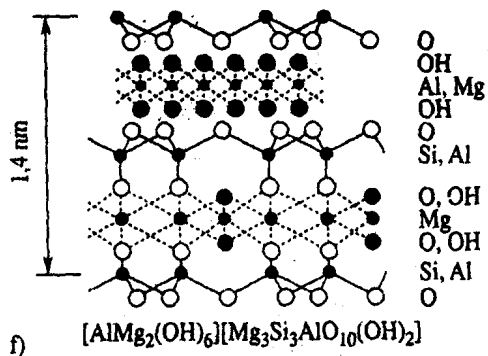
csillám



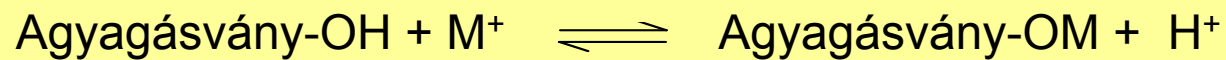
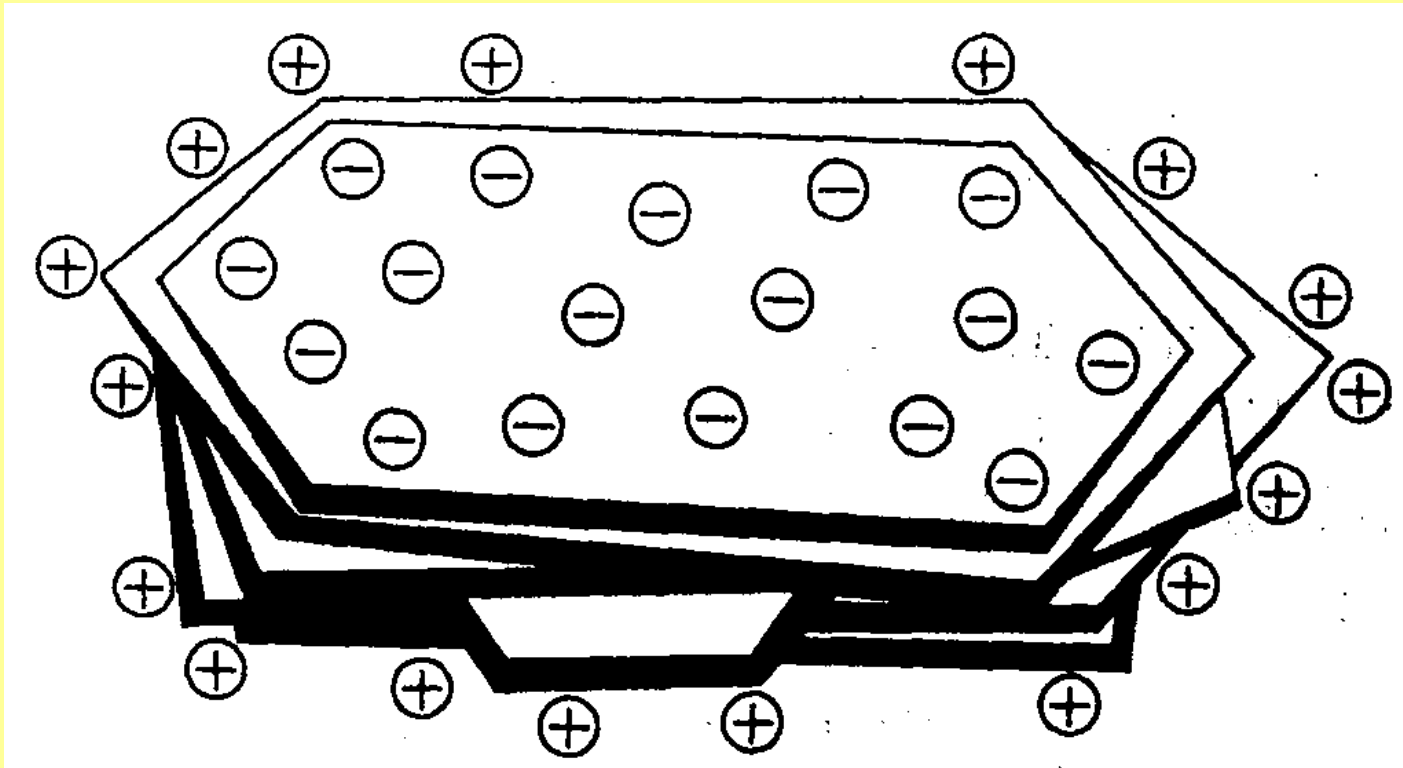
vermikulit



klorit



Agyagásványok réteges szerkezete



Huminsav feltételezett szerkezete

