

# Levegő- és vízvédelem

2018

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Előadó: Valentínyi Nóra

tanársegéd

Levegőszennyezést okozó emberi tevékenységek.  
A légszennyező anyagok káros hatása.  
A levegőszennyezés hazai helyzete

# Az egyes országok emissziója

Fajtája és mennyisége függ a

- ▶ használt tüzelőanyagoktól
- ▶ ipari termelés volumenétől, korszerűségétől
- ▶ légszennyezők leválasztásának fokától
- ▶ gépjárművek számától, műszaki színvonalától
- ▶ lakosság számától
- ▶ éghajlattól

# Antropogén eredetű szennyezések

- ▶ Szennyezés elsősorban égési, oxidációs folyamatok eredménye (háztartások, erőművek, járművek)
- ▶ Fosszilis tüzelőanyagokból keletkező füstgáz:
  - ▶  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$
  - ▶ vízgőz,
  - ▶  $\text{SO}_x$ ,
  - ▶  $\text{NO}_x$ ,
  - ▶  $\text{CH}_4$ ,
  - ▶ egyéb szénhidrogének
  - ▶ pernye, korom, koks, kátrány

# A városok környezetmódosító hatása

- ▶ Városok  $\text{SO}_2$  és szilárd részecske kibocsátása a kommunális fűtésből és ipari hőenergia-termelésből. Mértéke függ a tüzelőanyagtól, berendezésektől.
- ▶ Legkedvezőbb a gáz, legszennyezőbb a szén
- ▶ Pernyekibocsátás csökkentése:
  - ▶ mechanikus, elektrosztatikus leválasztó berendezések
  - ▶ füstgáz kéntelenítés
  - ▶ tüzelőanyag kéntartalmának csökkentése
  - ▶ magas kémények



# A városok környezetmódosító hatása

- ▶ 2000: Föld népességének fele városban élt,
  - ▶ Amerika, Európa: 75%
  - ▶ Afrika, Ázsia: 40%
  - ▶ Magyarország ma: ~67% (2040-re várhatóan 80%)
- ▶ A városok környezetmódosító hatásai
  - ▶ **koncentrált légszennyezés -> módosul a légkör összetétele**
  - ▶ mesterséges felszínek és a sűrű beépítettség természetes viszonyoktól eltérnek -> sugárzási viszonyok átalakulnak (városi hősziget: belváros és környező térség hőm. különbsége)
  - ▶ felszíni érdesség jellegzetességei -> város körüli lokális cirkulációs rendszer

# A városok környezetmódosító hatása

- ▶ Városi szennyező források:
  - ▶ ipar
  - ▶ közlekedés
  - ▶ háztartások
- ▶ Légszennyezettség mértékét meghatározza:
  - ▶ légköri stabilitási viszonyok,
  - ▶ jellemző áramlási viszonyok,
  - ▶ napsugárzás (fotokémiai reakciók)



# A városok környezetmódosító hatása

- ▶ Városi légszennyezettség okozta jelentős események:

## Londoni szmog:

- ▶ 1952-London: anticiklon hatására korom,  $\text{SO}_2$  konc. növekedés => pár nap alatt 4000 emberrel több halt meg + légzési megbetegedések
- ▶ Oka:
  - ▶ rengeteg korom, ezeken kondenzálódik a reggeli pára ( $\text{SO}_2$  beoldódik -> savas kémhatás)
  - ▶ napsütés felső rétegeket melegíti -> inverziós réteg



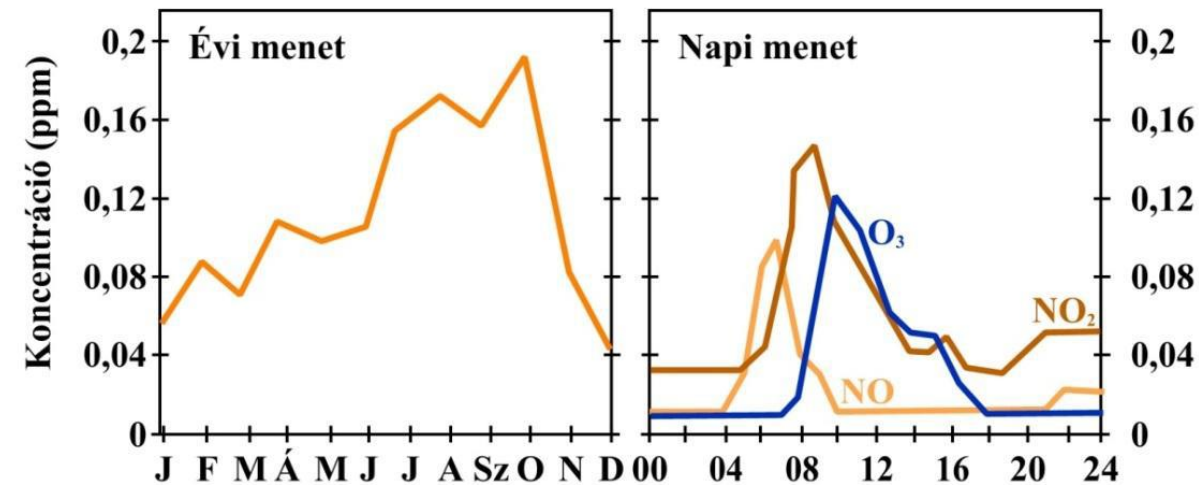


# A városok környezetmódosító hatása

- ▶ Városi légszennyezettség okozta jelentős események:
  - Los Angeles-típusú szmog:
    - ▶ XX. sz. közepe
    - ▶ Oka:
      - ▶ közlekedésből nitrogén-oxidok, a szén-monoxid, a VOC-k
      - ▶ napsütés hatására  $O_3$  keletkezik
      - ▶ fotokémiai szmog, barnás szín
      - ▶ Budapesten 1985-ben észlelték először
- ▶ Bp: Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat
  - ▶ 1974 óta több mérőponton rendszeres, óránkénti levegőszennyezettség-mérés:  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ , CO,  $O_3$ , PM10
  - ▶ vidéki városokban is
- ▶ Szmogriadó tervet kell készíteni



Légszennyező anyagok éves és napi konc. változása Los Angeles-típusú szmog esetén



# A városok környezetmódosító hatása

## Szmogriadó terv (306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet a levegő védelméről)

- ▶ Tájékoztatni kell a lakosságot és az intézményeket:
  - ▶ tájékoztatási küszöbérték túllépését követően egy órán belül,
  - ▶ PM10 esetén 5 órán belül
  - ▶ a szmoghelyzetről folyamatosan tájékoztatni kell
- ▶ Be kell jelenteni a szmogriadó riasztási fokozatát
  - ▶ riasztási küszöbérték túllépését követő két órán belül,
  - ▶ PM10 esetén 8 órán belül
- ▶ Tájékoztatni kell a korlátozások bevezetésének időpontjáról
- ▶ Megszüntethető, ha:
  - ▶ 3 egymást követő egyórás átlagában, illetve PM10 esetében egy nap 24 órás átlagában a szennyező koncentrációja nem lépi túl a riasztási küszöbérték
  - ▶ ózon esetében 36 óráig van a koncentráció riasztási küszöbérték alatt



# A városok környezetmódosító hatása

## Szmogriadó terv

### ▶ Intézkedések:

- ▶ tevékenység korlátozások (ipar, szilárd- és olajtüzelés korlátozása)
- ▶ beltéri hőmérséklet maximálása
- ▶ avar és kerti hulladék nyílt téri égetési tilalma
- ▶ közlekedést érintő intézkedések bevezetése
  - ▶ átmenő forgalom korlátozása, illetve kitiltása, az elkerülő útvonal(ak) kijelölése
  - ▶ sebességkorlátozás ideiglenes bevezetése
  - ▶ forgalom korlátozása a gépkocsik környezetvédelmi besorolása alapján
  - ▶ forgalom korlátozása a rendszám páros-páratlan besorolása alapján
  - ▶ tömegközlekedés előnyben részesítése
- ▶ közterületek vízzel történő tisztítása (por)

# Közlekedési légszennyezés

- ▶ Gépkocsik kibocsátása erősen függ a motortól, az üzemanyagtól
  - ▶ Dízelmotor: állandó légfelesleg
  - ▶ Otto-motor: nagyrészt léghiány
- ▶ Más égési folyamatok, eltérő szennyezők

Komponens megnevezése	Otto-motornál	Dízelmotornál	Hatás
			<b>Nem mérgezők:</b>
Nitrogén (N <sub>2</sub> )	74-77 tf%	76-78 tf%	nem szennyező
Oxigén (O <sub>2</sub> )	0,1-3 tf%	2-14 tf%	nem szennyező
Vízgőz (H <sub>2</sub> O)	3-6 tf%	0,5-6 tf%	nem szennyező
Széndioxid (CO <sub>2</sub> )	5-12 tf%	1-6 tf%	szennyező
			<b>Mérgezők:</b>
Szénmonoxid (CO)	0,5-10 tf%	100-2000 ppm	nem rákkeltő
Nitrogénoxidok (NO <sub>x</sub> )	500-3000 ppm	200-5000 ppm	rákkeltő
Szénhidrogének (C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> )	100-10000 ppm	10-500 ppm	rákkeltő
Aldehydekek (R-CHO)	0-200 ppm	0-50 ppm	rákkeltő
Korom	0-2 mg/m <sup>3</sup>	10-11000 mg/m <sup>3</sup>	rákkeltő
Benzpirén	10-20 µg/m <sup>3</sup>	0-10 µg/m <sup>3</sup>	igen erős rákkeltő

# Személygépkocsokra (M1 kategória) vonatkozó európai kibocsátási normák, g/km

Szint	Dátum	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	PM
<u>Dízel</u>						
Euro 1	1992. július	2,72 (3,16)	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Euro 2	1996. január	1,0	-	-	0,7	0,08
Euro 3	2000. január	0,64	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	2005. január	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	2009. szeptember	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	2014. szeptember	0,5	-	0,08	0,17	0,005

# Személygépkocsokra (M1 kategória) vonatkozó európai kibocsátási normák, g/km

Szint	Dátum	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	PM
<b><u>Benzin</u></b>						
Euro 1	1992. július	2,72 (3,16)	-	-	0,97 (1,13)	-
Euro 2	1996. január	2,2	-	-	0,5	-
Euro 3	2000. január	2,3	0,2	0,15	-	-
Euro 4	2005. január	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro 5	2009. szeptember	1,0	0,1	0,06	-	0,005
Euro 6	2014. szeptember	1,0	0,1	0,06	-	0,005

# Közlekedési részesedés Magyarországon a fontosabb emissziókban

kt/év	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>Nitrogénoxid kibocsátás ( NO<sub>x</sub> )</b>								
Közlekedés	98,4	94,3	91,7	94,2	101,4	106,1	110,1	114,01
Összesen	203,1	183,2	184,0	187,5	190,0	195,8	199,5	202,6
<b>Szén-monoxid kibocsátás (CO)</b>								
Közlekedés	486,9	490,2	451,8	437,2	448,9	441,7	451,7	465,3
Összesen	913,3	835,9	796,1	774,3	761,3	726,8	733,3	736,9
<b>Illékony vegyületek kibocsátása (NMVOC)</b>								
Közlekedés	72,5	67,9	73,0	70,5	72,6	72,6	71,2	66,8
Összesen	149,6	141,8	149,0	142,4	150,3	150,1	145,4	140,6



# Közlekedési részesedés Magyarországon a fontosabb emissziókban

2.2 táblázat **A közlekedésből származó kibocsátások, 2002 és 2005**

	Kibocsátások, 2002					Kibocsátások, 2005		
	Közúti közlekedés	Egyéb közlekedési módok (1000 tonna/év)				1000t/év	Változás (%) 1998–2005	Részesedés az összes kibocsátásból (%)
		Részesedés a közleke- désből származó kibocsátá- sokból (%)	Vasúti	Légi	Vízi			
CO <sub>2</sub>	10420,0	92,9	180,0	72,0	542,0	11 777,0	43,7	19,1
CO	409,6	99,0	0,8	0,1	3,2	419,9	-9,8	71,5
SO <sub>2</sub>	1,1	67,1	0,2	0,0	0,3	1,9	-44,7	1,5
NO <sub>x</sub>	102,1	88,3	4,0	0,3	9,4	135,0	18,4	66,6
Illékony szerves vegyületek	-	-	-	-	-	58,6	-12,3	33,0
Szilárd anyag <sup>a</sup>	20,4	95,3	0,3	0,0	0,7	21,4	9,2	23,6

a) 1998–2004

Forrás: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2005; Központi Statisztikai Hivatal, 2004; UNFCCC.

# Fenntartható városok

- ▶ Föld népességének ~50%-a városokban lakik (század végére ~75%)
- ▶ A városok felelősek az üvegházgáz kibocsátás 75%-áért
- ▶ Dekarbonizáció szükségessége

Magas minőségű környezetet biztosít hatalmas természetes erőforrásigény nélkül.

Intelligens várostervezés, szimbiotikus együttműködés:

- ▶ Ipar
- ▶ Kormányzat / önkormányzat
- ▶ Egyetemek
- ▶ Városlakók

# Fenntartható városok

## ▶ Energia:

- ▶ kisebb energiafelhasználás: épületekben, közlekedésben
- ▶ megújuló energiaforrások: napenergia, földhő

## ▶ Mobilitás:

- ▶ gyalogos, kerékpáros közlekedés, tömegközlekedés

## ▶ Építészet:

- ▶ USA: kis népsűrűségű, nagy kiterjedésű külvárosok, kertvárosok => tömegközlekedés nem gazdaságos, gépkocsik terjedése
- ▶ Ezt el kell kerülni: nagy népsűrűséggel, tömegközlekedéssel
- ▶ Hűtésre, fűtésre fordított hatalmas mennyiségű energia: passzív házak, több napfény beengedése, régi épületek felújítása
- ▶ Kormányzás <-> kormány

# Fenntartható városok

## Példa: Amszterdam:

- ▶ 1970-es évek óta kerékpáros közlekedés támogatása (zéró fosszilis energia, kisebb helyigény, emberi egészség javítása)  
=> kisebb a város, jobb levegő- és életminőség
- ▶ Városi földművelés

## Rotterdam:

- ▶ Várostervezés + energiatervezés
  - ▶ uszoda + jégpálya energetikai összekapcsolása
- ▶ Green City Index (2009)
  1. Koppenhága
  2. Stockholm
  3. Oslo
  4. Bécs
  5. Amszterdam



# Fenntartható városok

- ▶ **Energiahatékonyság, decentralizált energiatermelés**
  - ▶ Svédország: városi lakóépületek energiafogyasztása felelős a karbon lábnyom 30%-áért
  - ▶ Passzív házak
  - ▶ Európa házainak 30%-a 1960-as, ,70-es évekből -> felújítás (szigetelés)  
akár 50% energia is megspórolható
- ▶ **Önkormányzatok, törvényhozás reagáljanak a gyorsan fejlődő technológiákra, innovációra**

# Ipari szennyezés hatásai

## Ipar:

- ▶ változatos szennyezők
- ▶ Cél: zárt technológiák, anyagok recirkulációja, újrahasznosítása

## Legnagyobb kibocsátók:

- ▶ szénbányák: szén-, meddőpor
- ▶ cementgyárak: por
- ▶ kohászat: CO, CH<sub>4</sub>, por, vas-oxid (barna füst)
- ▶ foszforműtrágya-gyártás, üvegmaratás: HF
- ▶ szerves vegyipar, ércek klórozó pörkölése, műanyag égetés: HCl
- ▶ építő-, építőanyag-, könnyűipar

# Erőműi kibocsátások az EU-ban tüzelőanyag szerint (Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA), 2008)

<b>Pollutant</b>	<b>Hard coal</b>	<b>Brown coal</b>	<b>Fuel oil</b>	<b>Other oil</b>	<b>Gas</b>
CO <sub>2</sub> (g/GJ)	94,600	101,000	77,400	74,100	56,100
SO <sub>2</sub> (g/GJ)	765	1,361	1,350	228	0.68
NO <sub>x</sub> (g/GJ)	292	183	195	129	93.3
CO (g/GJ)	89.1	89.1	15.7	15.7	14.5
Non methane organic compounds (g/GJ)	4.92	7.78	3.70	3.24	1.58
Particulate matter (g/GJ)	1,203	3,254	16	1.91	0.1
Flue gas volume total (m <sup>3</sup> /GJ)	360	444	279	276	272

forrás: *Air pollution from electricity-generating large combustion plants*, Copenhagen: European Environment Agency (EEA), 2008, ISBN 978-92-9167-355-1

- Kiemelkedő a széntüzelésű erőművek szennyező hatása
- Gáztüzelés rendelkezik a legkisebb kibocsátással, szilárd részecske kibocsátásuk elhanyagolható, NO<sub>x</sub> kibocsátás ott is jelentős

# Mezőgazdasági szennyezés

## Mezőgazdaság:

- ▶ szántóföldi porszennyezés
- ▶ műtrágyák pora
- ▶ biológiailag aktív anyagok, peszticidek:
  - ▶ klórozott szénhidrogének
  - ▶ szerves foszfátészterek
  - ▶ ditiokarbamátok, stb.



# Üvegházhatású gázok antropogén kibocsátás-növekedése

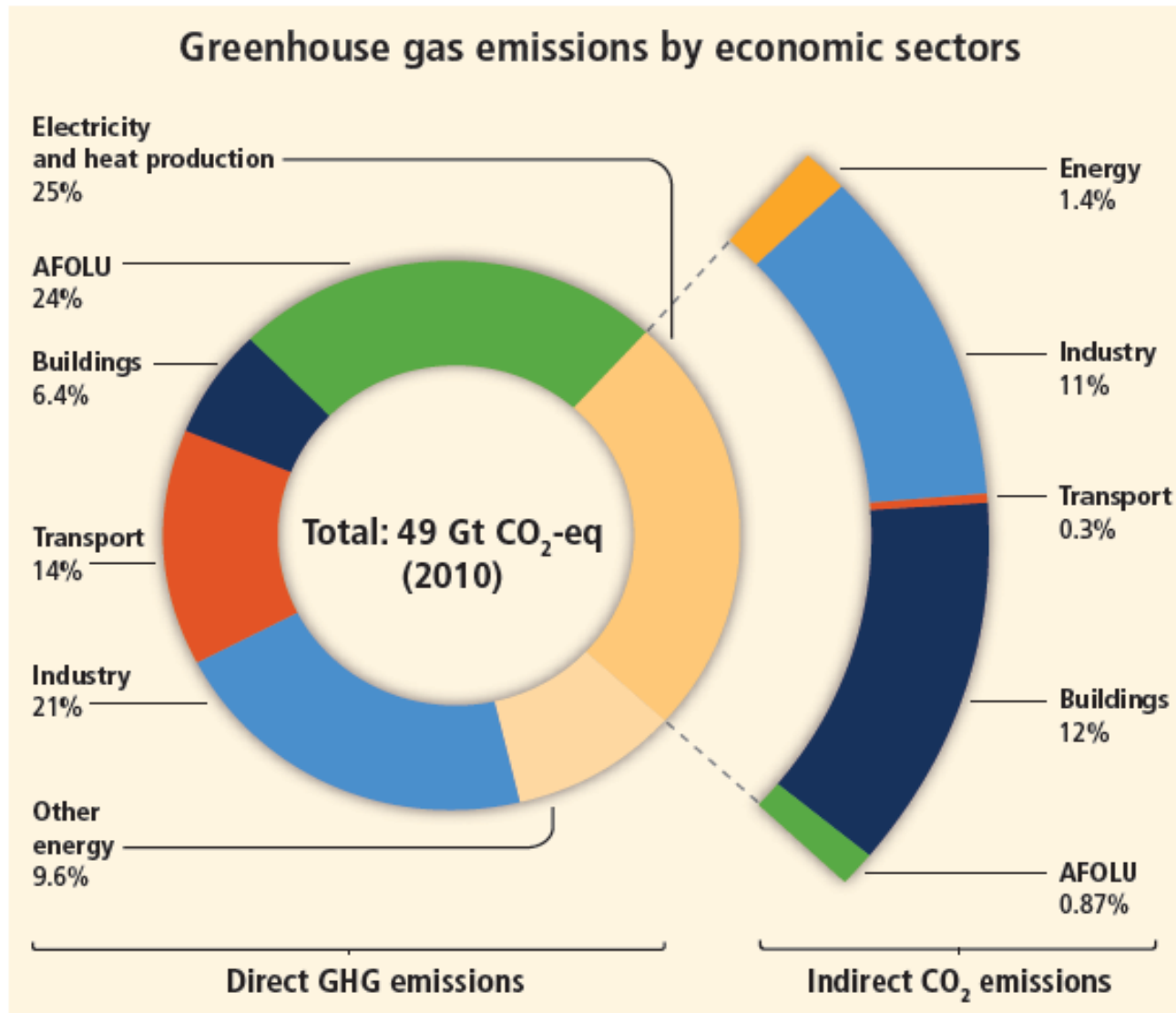
## A földi üvegházhatáshoz hozzájáruló gázok:

- ▶ 62%-át a légköri vízgőz ( $\text{H}_2\text{O}$ ) okozza -> 20,6 °C-os hőmérsékletnövekedés
- ▶ a légkörben található szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) -> 7,2 °C
- ▶  $\text{O}_3$  -> 2,4 °C
- ▶ dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) -> 1,4 °C
- ▶ metán ( $\text{CH}_4$ ) -> 0,8 °C
- ▶ CFC-k, HCFC-k, HFC-k, PFC-k összesen 0,6 °C-kal járulnak hozzá

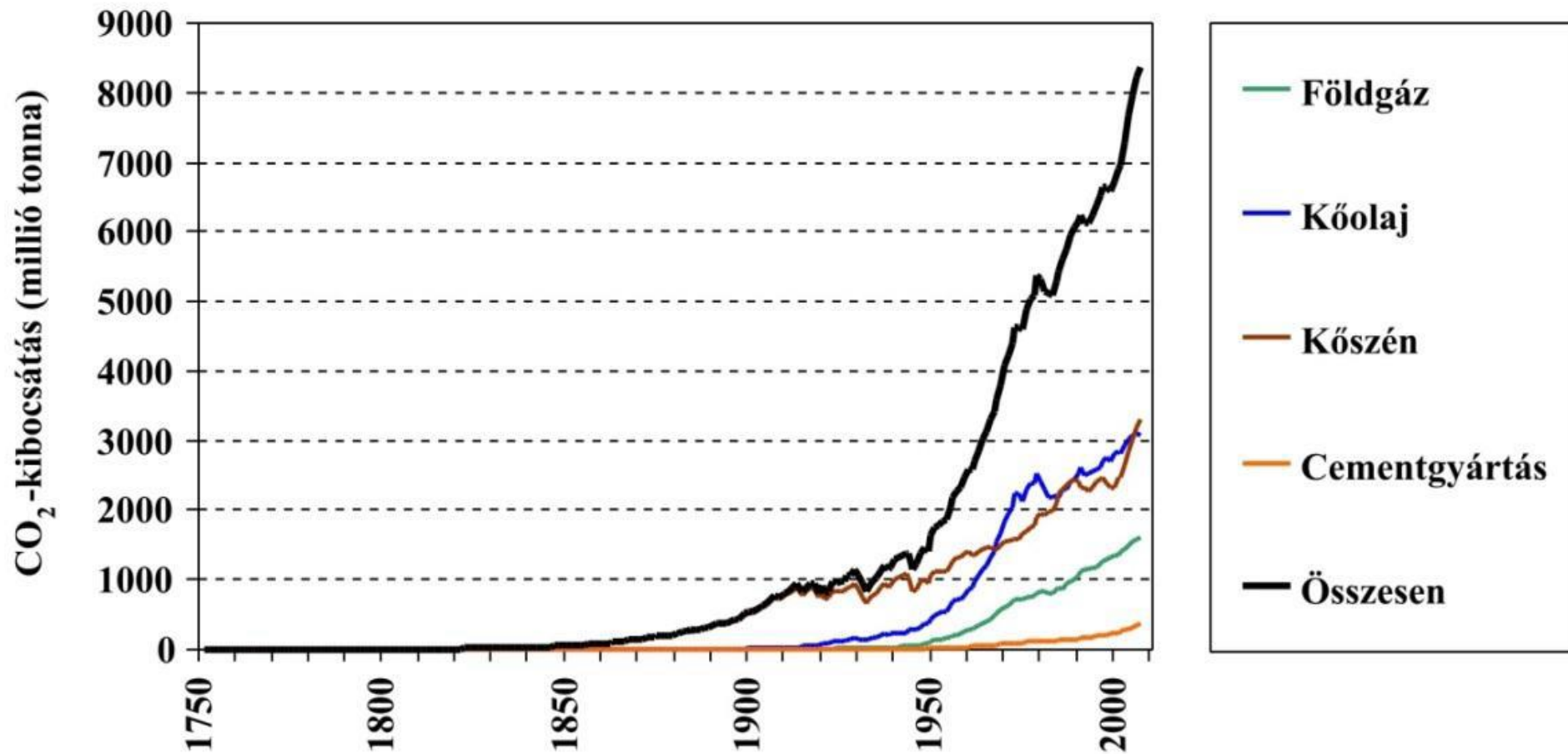
## Koncentráció-növekedés az ipari forradalom előtti időkhöz képest:

- ▶  $\text{CO}_2$ : 280 ppm -> 400 ppm
- ▶  $\text{CH}_4$ : 715 ppb -> 1800 ppb
- ▶  $\text{N}_2\text{O}$ : 270 ppb -> 323 ppb

# Összes antropogén eredetű üvegházhatású gáz kibocsátás 2010-ben, ipari szektoronként, gigatonna CO<sub>2</sub> ekvivalensben.

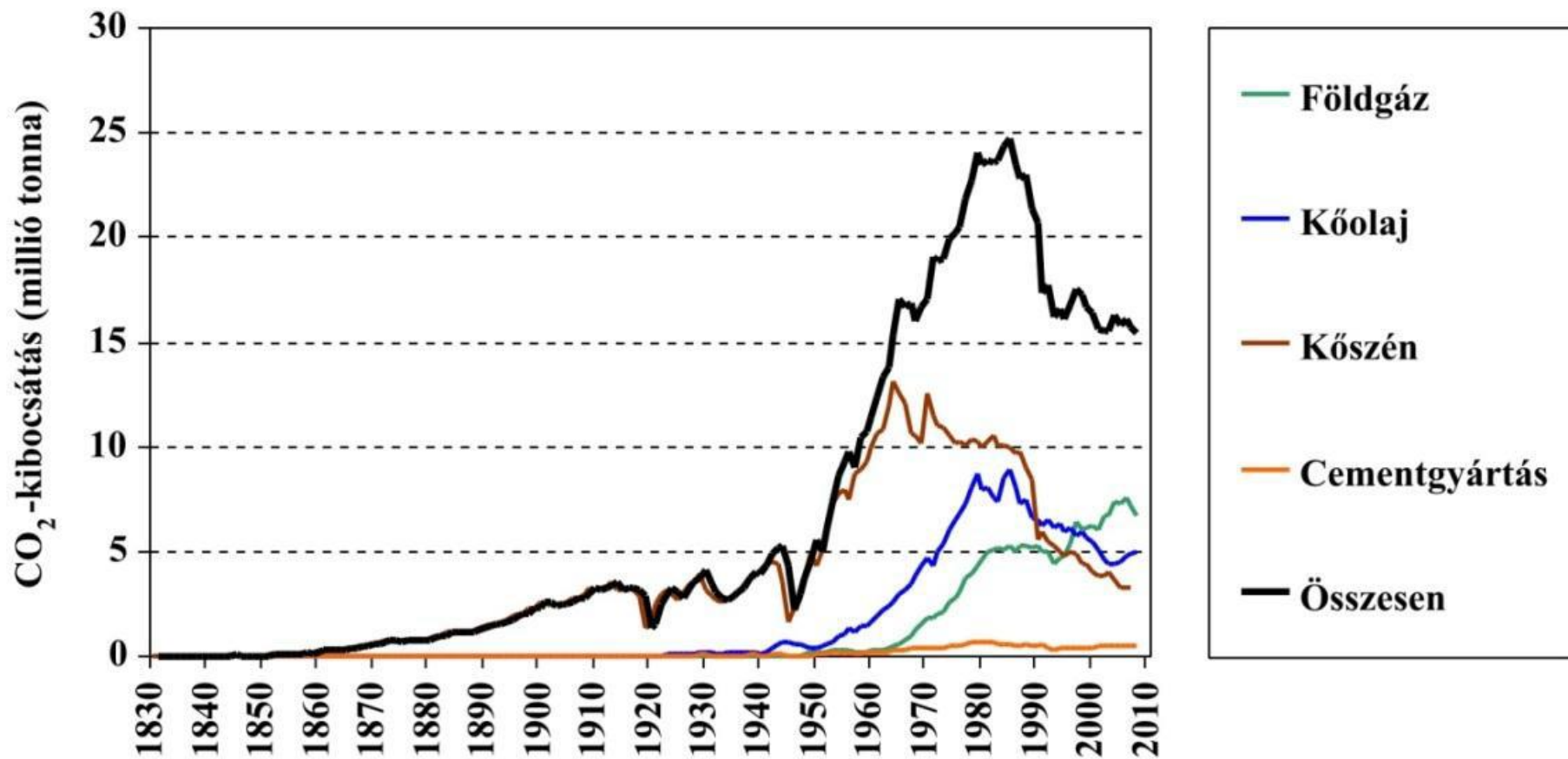


# A globális fosszilis szénkibocsátás összetevői, 1750-2007



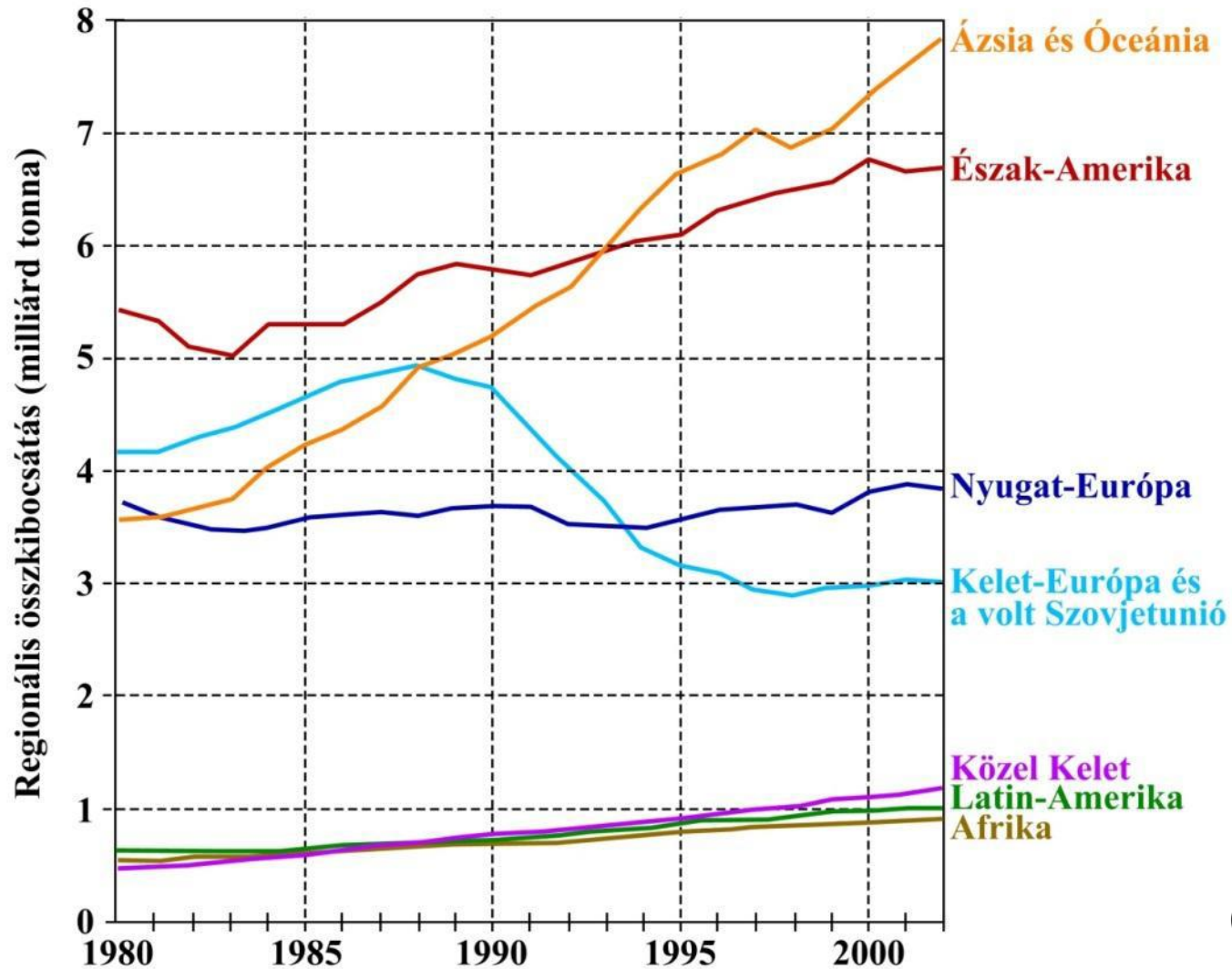
(Forrás: Boden et al., 2010)

# A fosszilis szénkibocsátás összetevői Magyarországon, 1830-2007



(Forrás: Boden et al., 2010)

# A fosszilis energiahordozók felhasználásából származó regionális CO<sub>2</sub>-kibocsátás alakulása, 1980-2001



(Forrás: EIA, 2002)

# A szén-dioxid kibocsátásáért felelős első húsz ország sorrendje 1950-ben, 2000-ben és 2007-ben

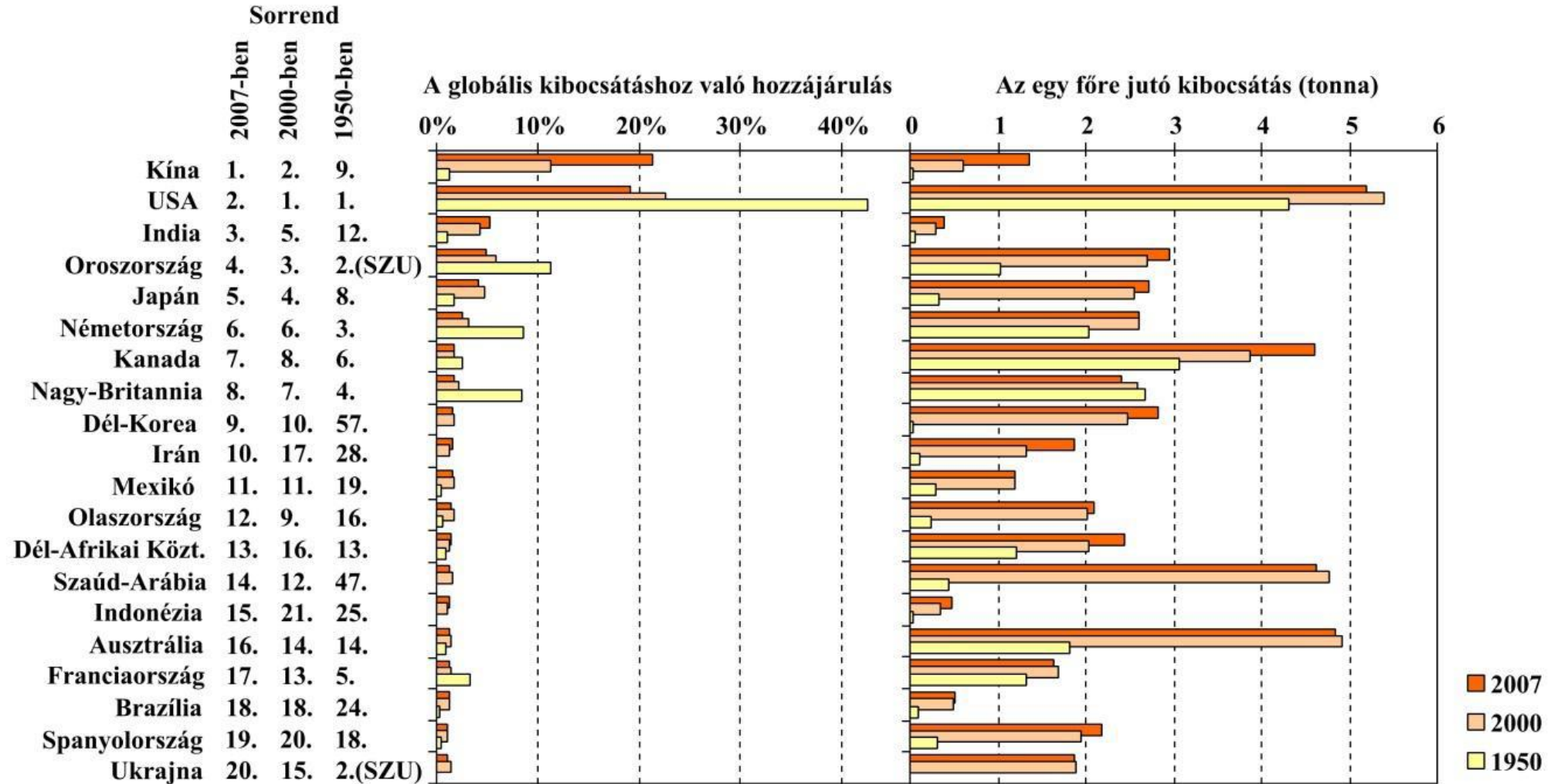
## Magyarország:

1950: 0,31%

2000: 0,21%

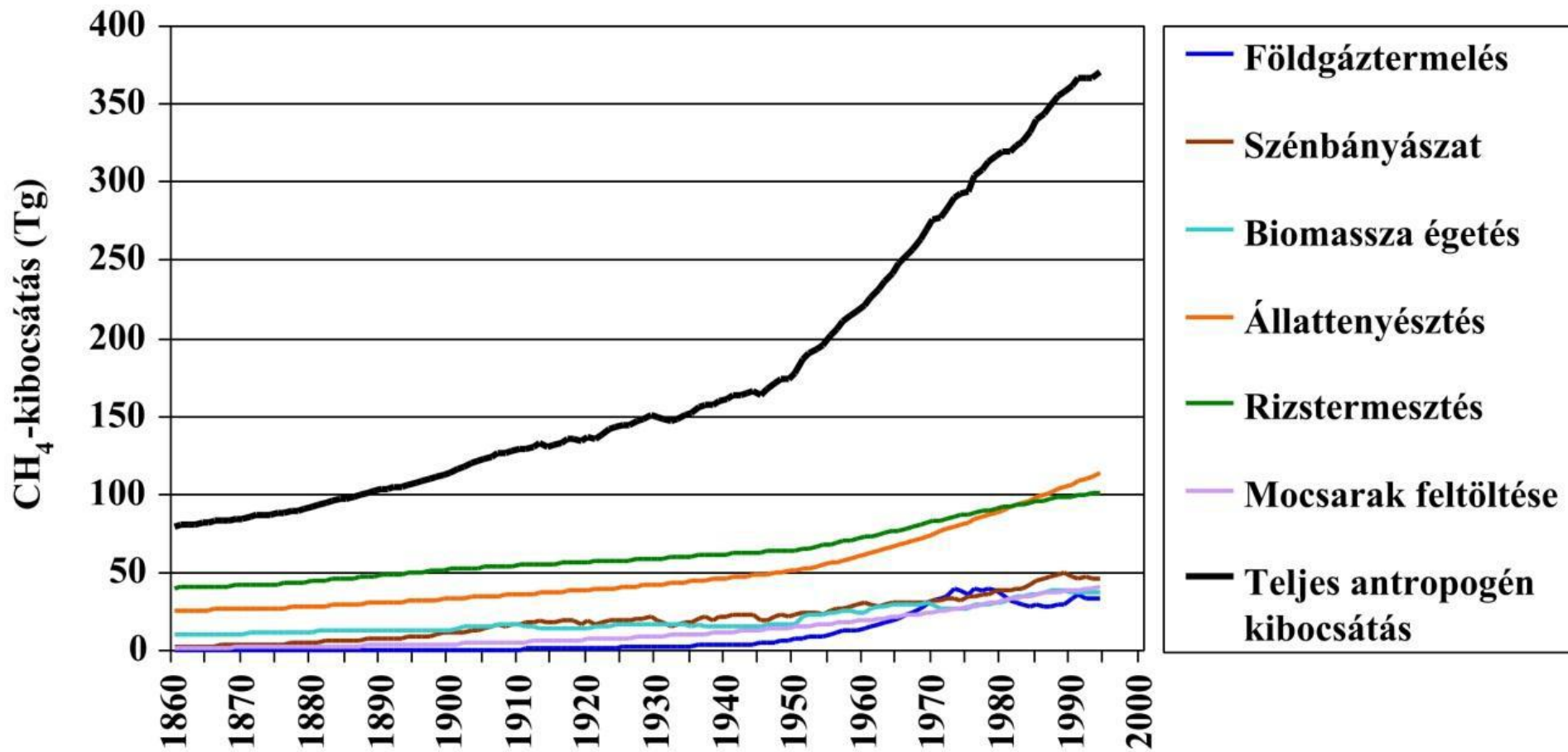
2007: 0,18%

55. hely



(Forrás: CDIAC, 2003)

# A globális antropogén metánkibocsátás összetevői, 1860-1994



(Forrás: Stern és Kaufmann, 1997)

# Globális felmelegedés

- ▶ Az éghajlatra gyakorolt emberi hatás egyértelmű.
- ▶ Az utóbbi évek antropogén ÜHG kibocsátása a legnagyobb a történelemben.
- ▶ Jelentős hatás az emberi egészségre és a környezetre.
- ▶ 1983-2012 között volt a legmelegebb 30 éves periódus az utóbbi 1400 évben az északi féltekén
- ▶ Globálisan az óceán felső 75 m-es rétege 0,11 (0,09 - 0,13) °C-kal melegedett 1971-2010 között (változások a csapadékban, sókoncentrációban)
- ▶ Grönlandi és antarktisi jégtömegek, gleccserek kiterjedése csökkent (286 Gt/év)
- ▶ Északi-sarki jégtakaró 3,5 -4,1%/évtized ütemben csökken
- ▶ 1901-2010 között a tengerszint globálisan 0,19 (0,17-0,21) m-rel nőtt  
3,2 mm/év jelenleg

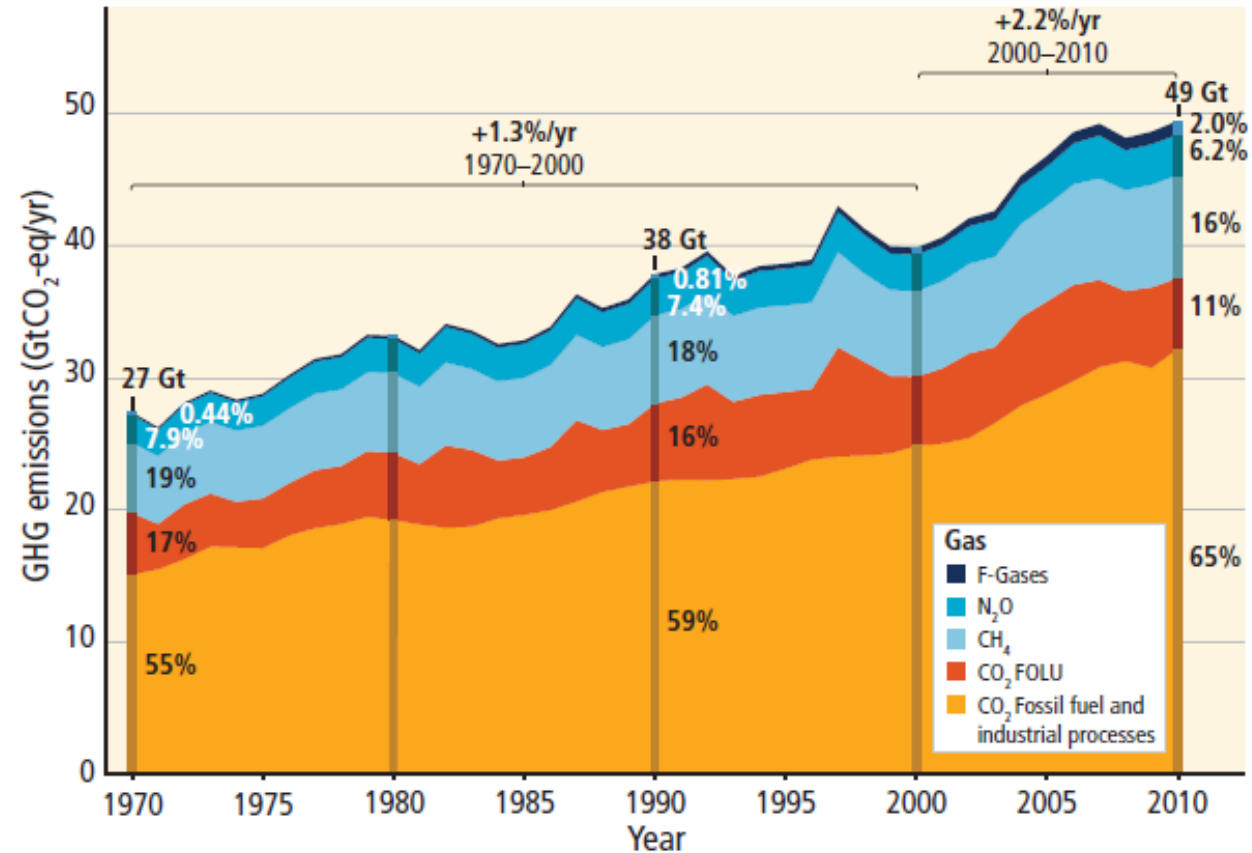




# Globális felmelegedés

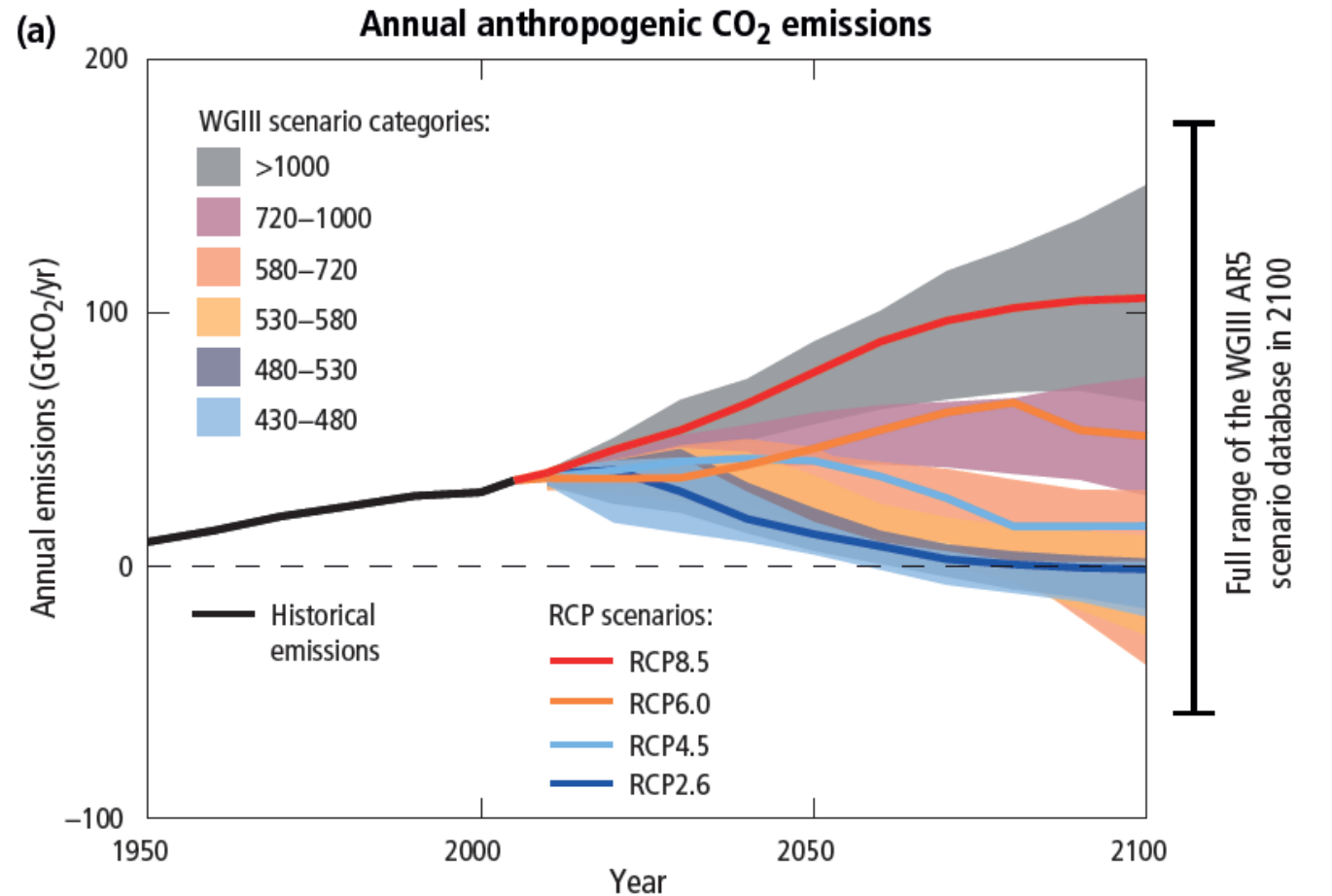
- ▶ A CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> és NO<sub>x</sub> koncentráció magasabb, mint az elmúlt 800 000 évben bármikor.
- ▶ CO<sub>2</sub>: az óceán elnyelte a 30%-ot -> óceán savasodás
- ▶ **Élővilág:**
  - ▶ Sok szárazföldi, édesvízi és tengeri faj változtatott élőhelyet
  - ▶ Változások a szezonális viselkedésükben, vándorlási útvonalukban
- ▶ Gabonatermesztésre negatív hatás
- ▶ Kevesebb hideghez; több meleghez, magas tengerszinthez, erős esőzéshez köthető extrém időjárás változás (hőhullámok, szárazság, áradások, ciklonok, erdőtüzek)

Total annual anthropogenic GHG emissions by gases 1970–2010



# Globális felmelegedés

- ▶ **Jövőkép:**
- ▶ Az antropogén ÜHG kibocsátást befolyásolja:
  - ▶ népességszám
  - ▶ gazdasági aktivitás
  - ▶ életmód
  - ▶ energiahasználat
  - ▶ területhasználat
  - ▶ technológiai trendek
  - ▶ klímapolitika

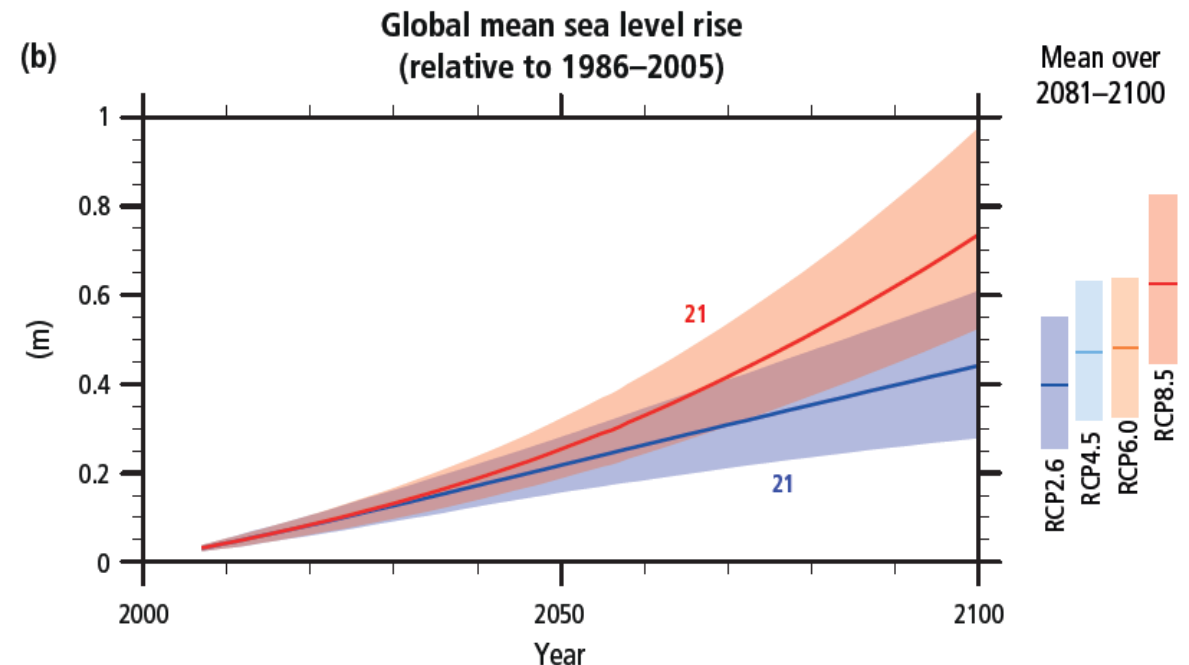
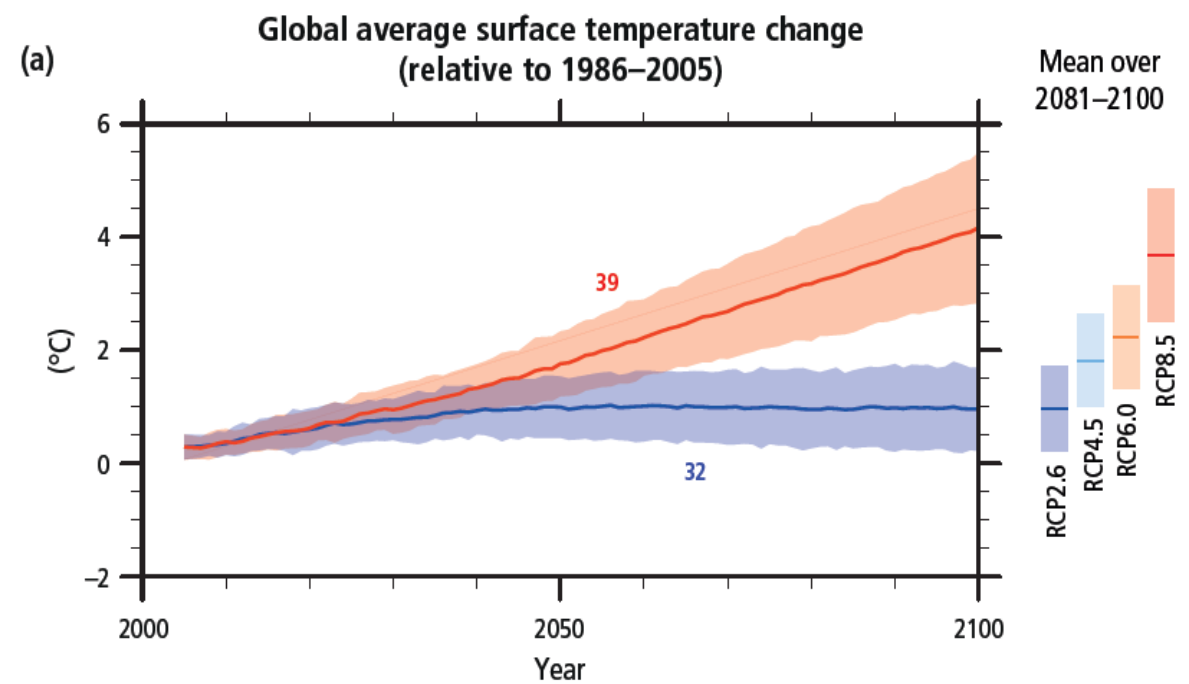


RCP=Representative Concentration Pathways  
RCP2.6 Szigorú kibocs. csökkentés (hőm. emelkedés 2°C alatt az iparosodás előtti időhöz képest)  
RCP4.5 RCP6.0 Közepes scénáriók  
RCP8.5 Nagyon magas ÜHG kibocsátás

# Globális felmelegedés

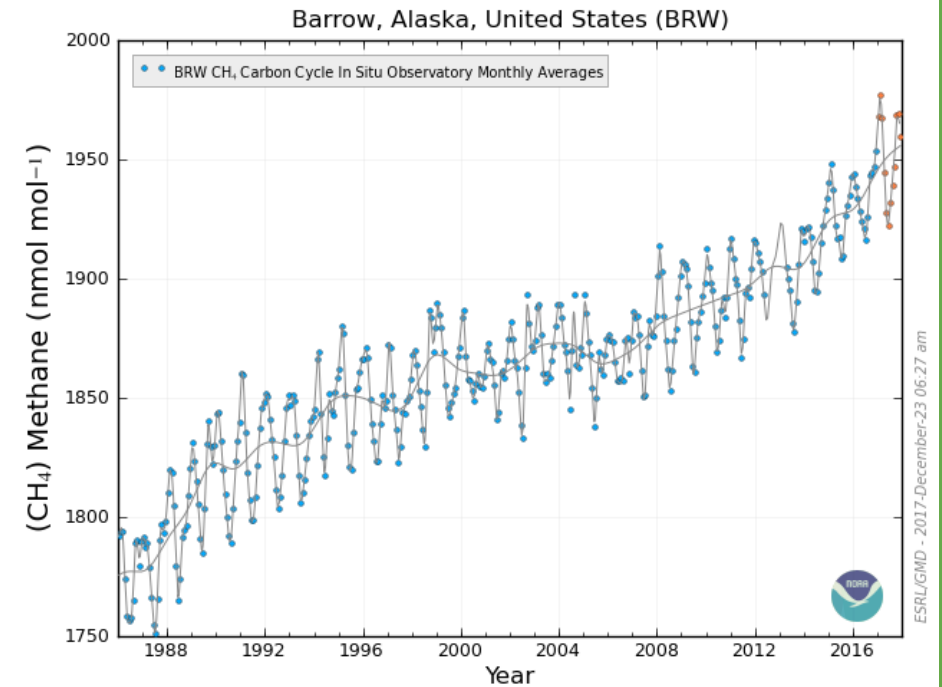
## ▶ Jövőkép:

- ▶ Az átlaghőm. emelkedés a 21. sz. végére (2081-2100) valószínű, hogy meghaladja a  $1,5^{\circ}\text{C}$ -t az RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5 esetekben.
- ▶ Csapadék megoszlása eltérő lesz
  - ▶ magas szélesség: növekedés
  - ▶ közepes szélességen és szubtrópusi területeken: csökkenés
- ▶ Permafroszt területek jelentős csökkenése (felső 3,5 m 37%-os csökkenés, RCP 2.6 szerint is)
- ▶ Növények, állatok kihalhatnak
  - ▶ nem elég gyors adaptáció
  - ▶ alacsony oldott  $\text{O}_2$  szint a vízi élőlényeknek
  - ▶ óceánok elsavasodása

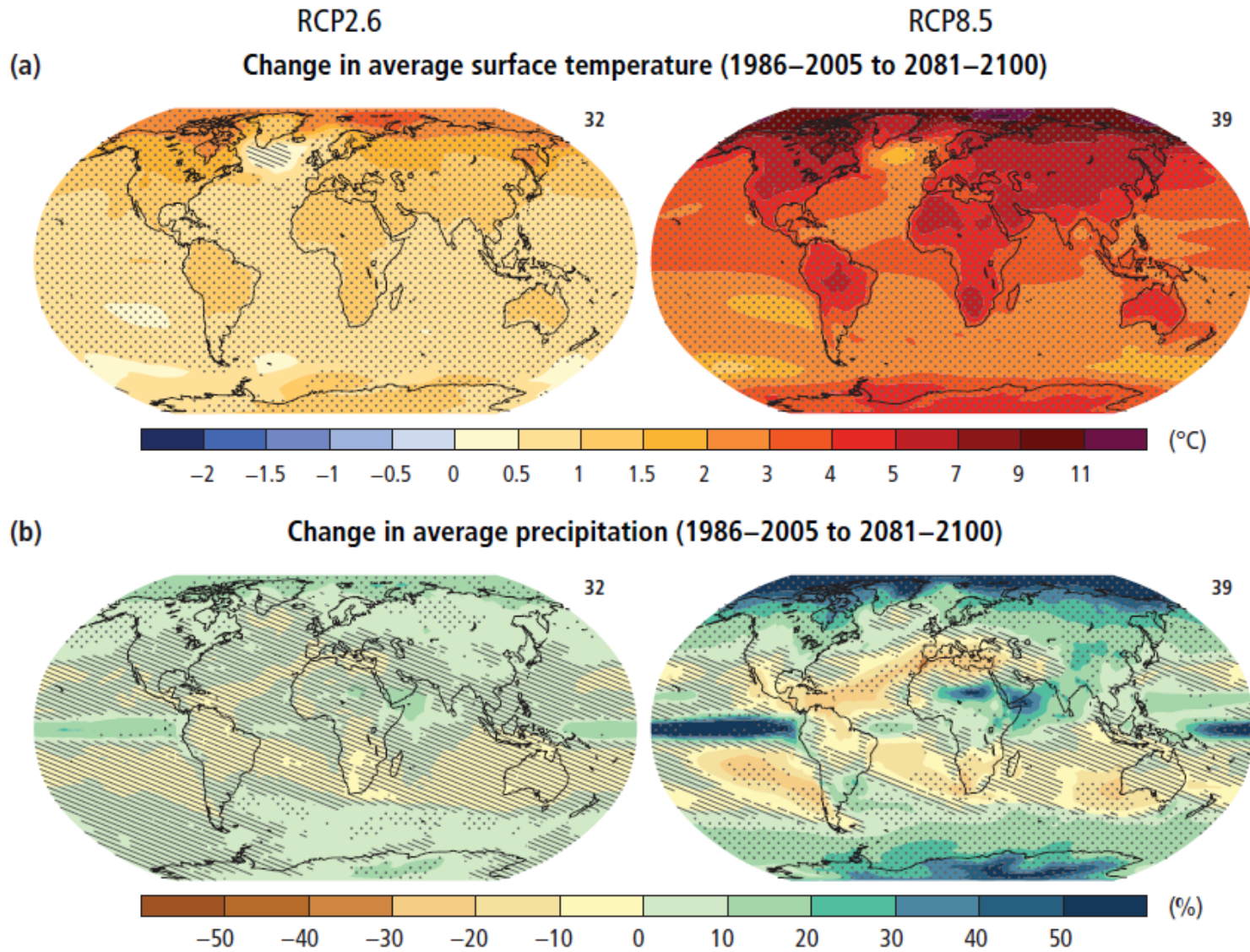


# Globális felmelegedés

- ▶ **Jövőkép:**
- ▶ **Élelemhiány**
  - ▶ gabona
  - ▶ halászat
- ▶ **Vízhiány**
- ▶ **Irreverzibilitás:**
  - ▶ 2100 után is további negatív hatások, még ha a kibocsátás nem is nő tovább
- ▶ **Hatékony megelőzés, csökkentés, illetve adaptáció:**
  - ▶ hatékony intézményi, kormányzati intézkedések
  - ▶ innováció, beruházás környezetkímélő technológiákba és infrastruktúrába
  - ▶ fenntartható életvezetés és magatartás globálisan
- ▶ **Hatékony politikai hozzáállás:**
  - ▶ technológia-fejlesztés, -átadás támogatása
  - ▶ védekező intézkedések finanszírozása
  - ▶ nemzetközi együttműködések az adaptáció terén is



# Globális felmelegedés előrejelzés



# 9 dolog, amit te is megtehetsz a klímaváltozás ellen

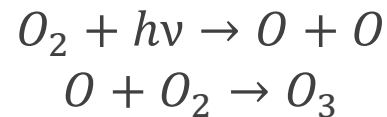
- ▶ Vegetáriánus, vegán étkezés
  - ▶ állattenyésztés részaránya az ÜHG kibocsátásból 18% (más becslések szerint 51%)
  - ▶ régen Mo-on is hetente 1-szer ettek húst
- ▶ Organikus élelmiszerek
  - ▶ természetesen, műtrágya nélkül termelt
- ▶ Helyi áruk előnyben részesítése
- ▶ Klímaberendezések mellőzése
- ▶ (Lemondás a szárítógépről)
- ▶ Gyalogos vagy kerékpáros közlekedés
- ▶ A gyerek nem kifogás
  - ▶ egy gyerek meghatszorozhatja a szülők karbon lábnyomát
- ▶ Újrahasznosítás
  - ▶ ill. csak a szükséges dolgokat vegyük meg
- ▶ CO<sub>2</sub> kibocsátásunk ellensúlyozása
  - ▶ közlekedés, tudatos vásárlás

# Sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális problémák

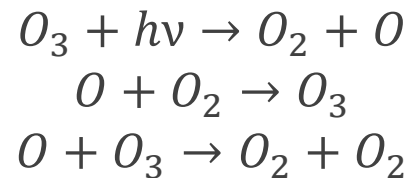
- ▶ Sztratoszférában ózonréteg: elnyeli a Napból érkező UV sugárzás 290 nm-nél kisebb hullámhosszú részét fotokémiai reakciók révén
- ▶ Védi az élő szervezeteket a káros sugárzástól

## Chapman-mechanizmus:

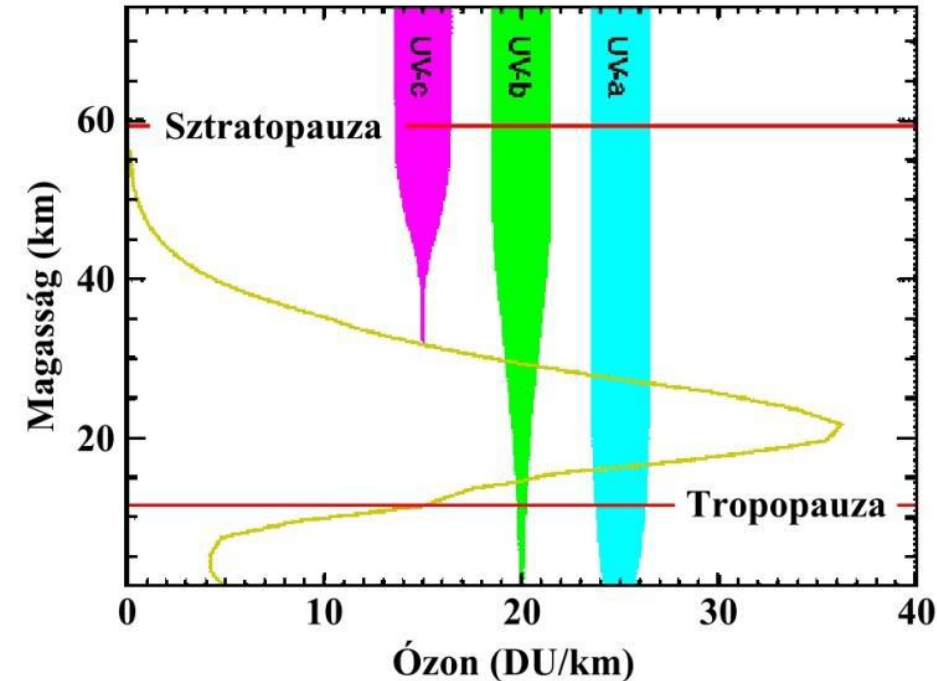
- ▶  $O_2$  240 nm-nél kisebb hullámhosszú sugárzás hatására bomlik:



- ▶ Ózonmolekulák elnyelik a 200 nm és 310 nm közötti hullámhossztartományba eső elektromágneses sugárzást, bomlanak:



- ▶  $O_3$ -szint maximuma a 20-30 km-es magasságban

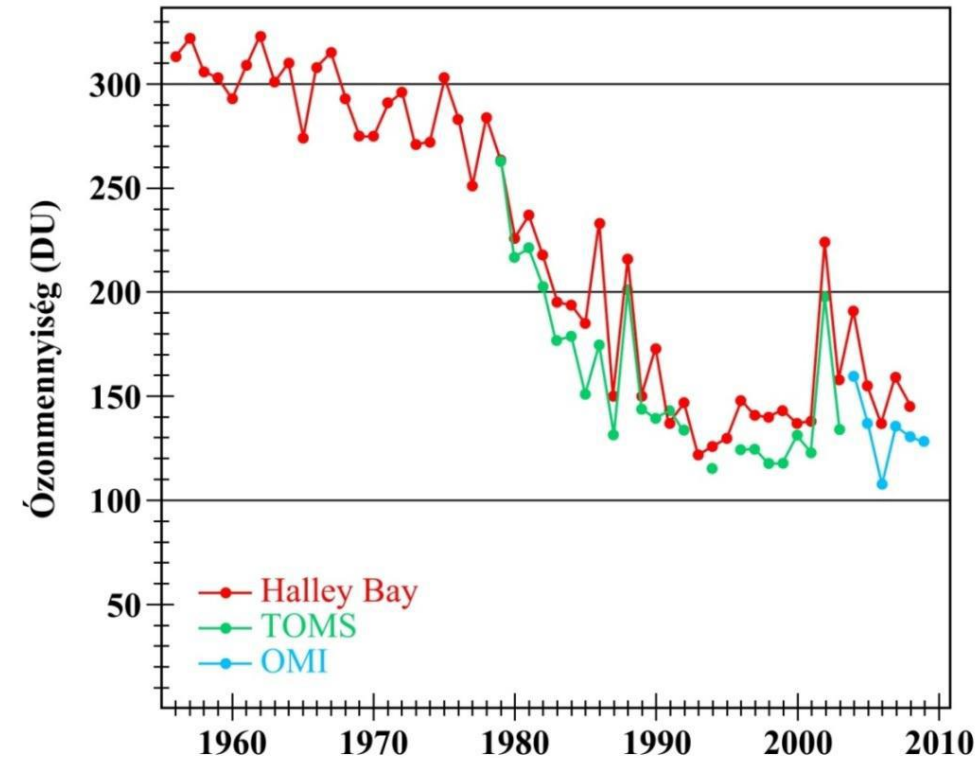


UV-A: 315-400 nm,  
UV-B: 280-315 nm,  
UV-C: 100-280 nm  
Dobson-egységben (DU)

# Sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális problémák

Dobson-féle spektrofotométer:

- ▶ működése: az ultraibolya sugárzást két különböző hullámhossztartományban méri
  - ▶ 305 nm-en nagy mértékű az ózon elnyelése,
  - ▶ 325 nm-en viszont kicsi
- ▶ A mért sugárzási arány a Nap állásától függően változik =>  $O_3$  mennyiségre lehet következtetni
- ▶ A mérés három óra
- ▶ 48 km magasságig képes megadni az  $O_3$  mennyiséget

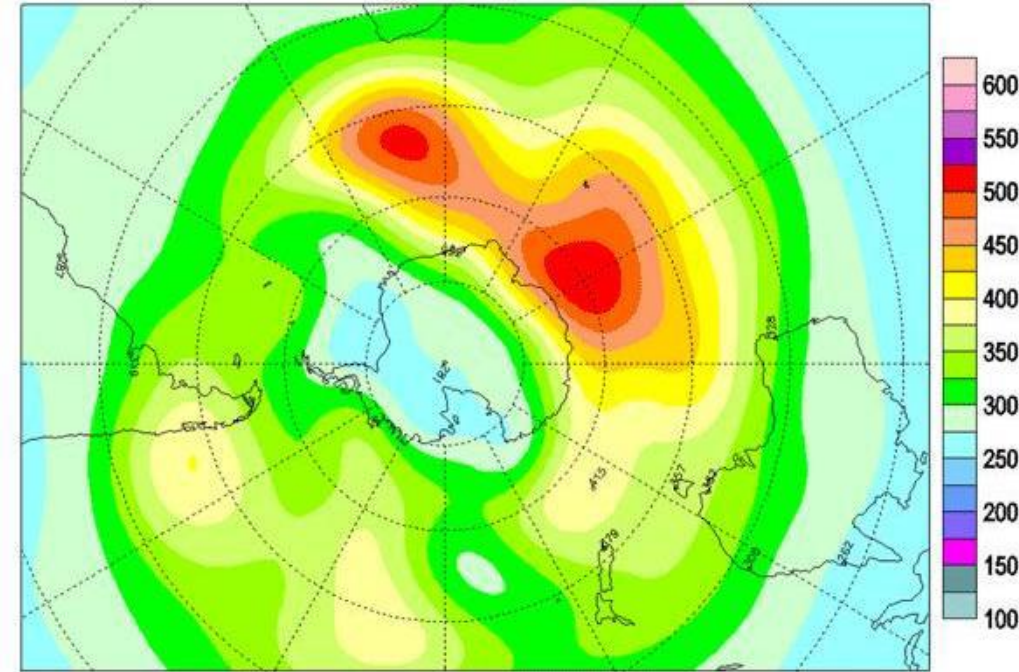
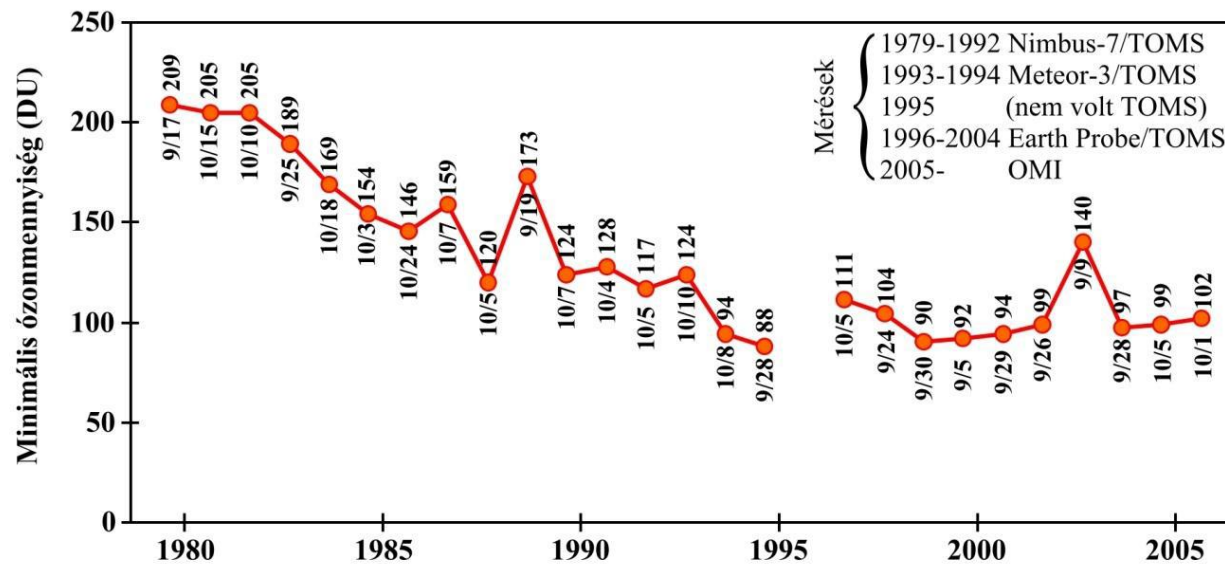


Az összózonmennyiség októberi átlagos mezői a déli félgömbön műholdas mérések alapján, 1979-2010



# Sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális problémák

- ▶ 1970-es években tapasztalták az ózonmennyiség csökkenését
- ▶ Legalacsonyabb összózonmennyiséget a műholdas szenzorok mérései alapján 1994 szept. 28-án regisztrálták (88 DU)



Az összózonmennyiség októberi átlagos mezői a déli félgömbön műholdas mérések alapján, 1979-2010

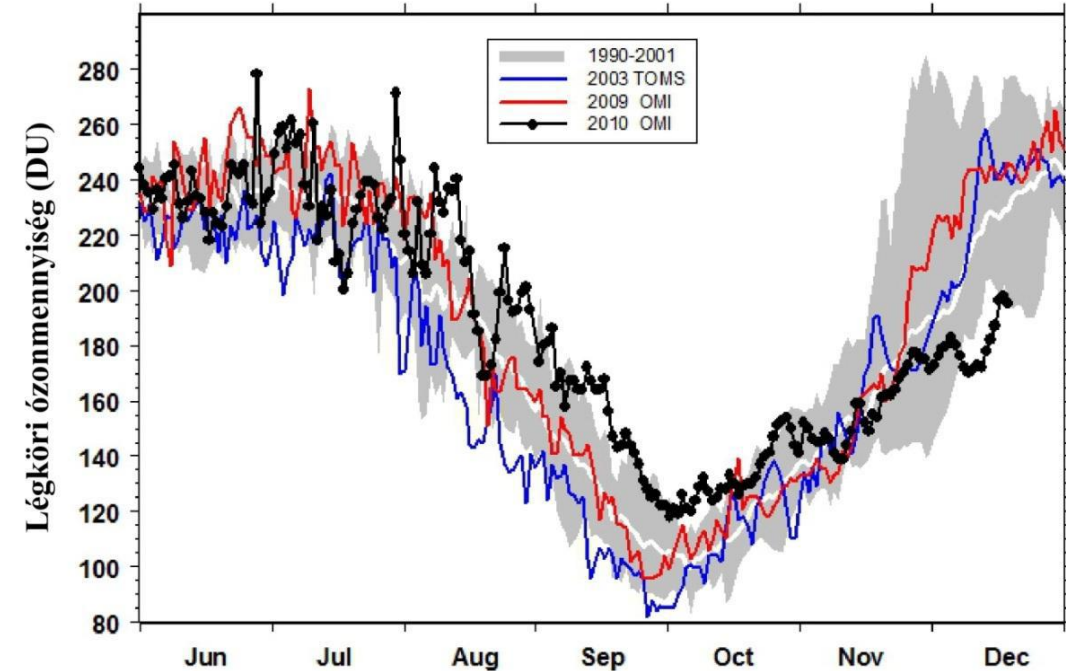
# Sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális problémák

Az  $O_3$  mennyiség a déli félgömb tavaszán csökken

- ▶ oka: Antarktisz körüli erős cirkumpoláris örvény -> légtér lehül -> katalitikus ózonbontó folyamatok
- ▶ napsütés megjelenésével újra beindul
- ▶ később melegedés -> csökken az ózonbomlás

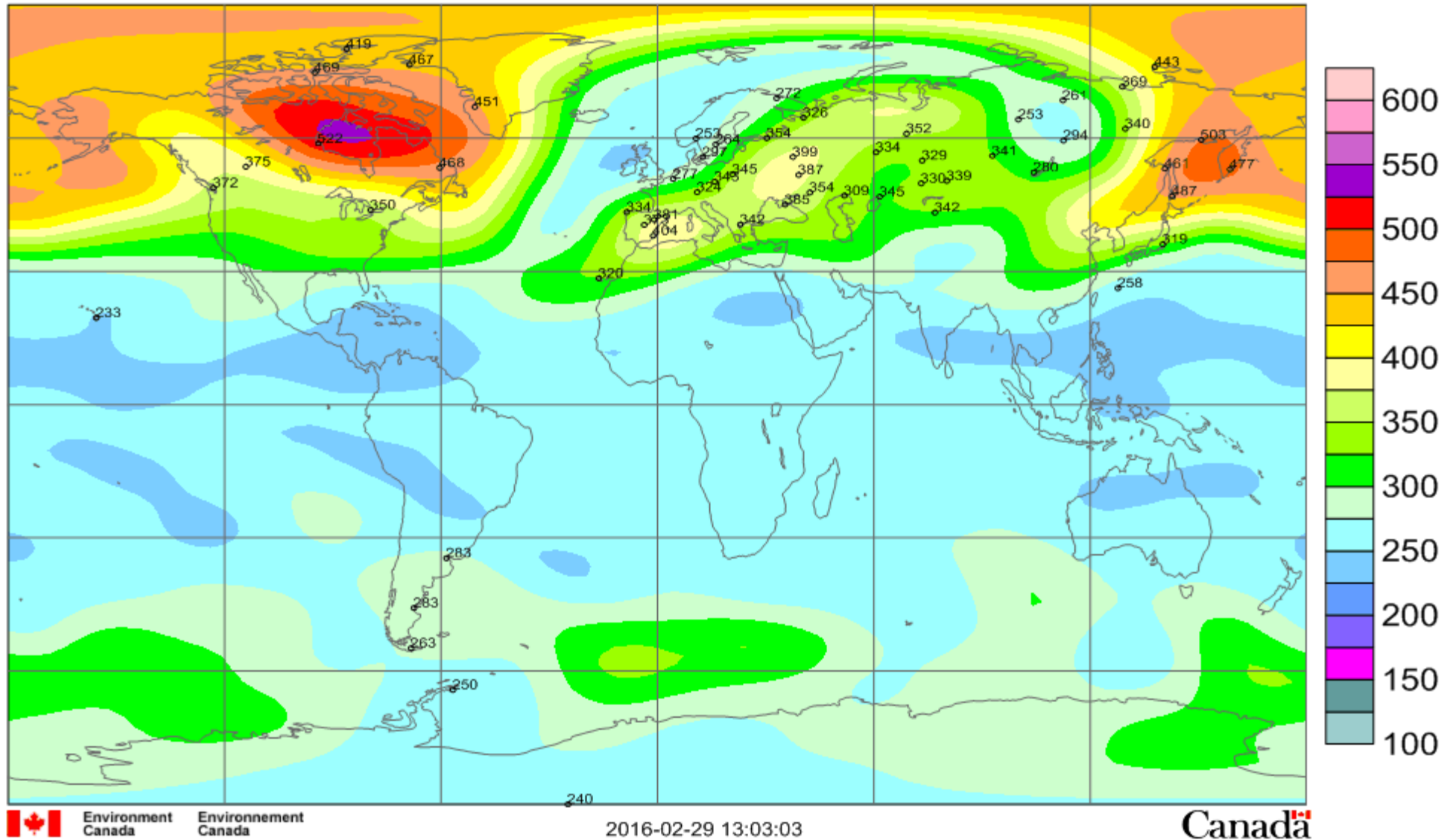
Északi félgömbön kisebb mértékű csökkenés

**Ózonlyuk:** ózonmennyiség nem éri el a 220 DU-t  
25 millió  $km^2$  kiterjedésű terület



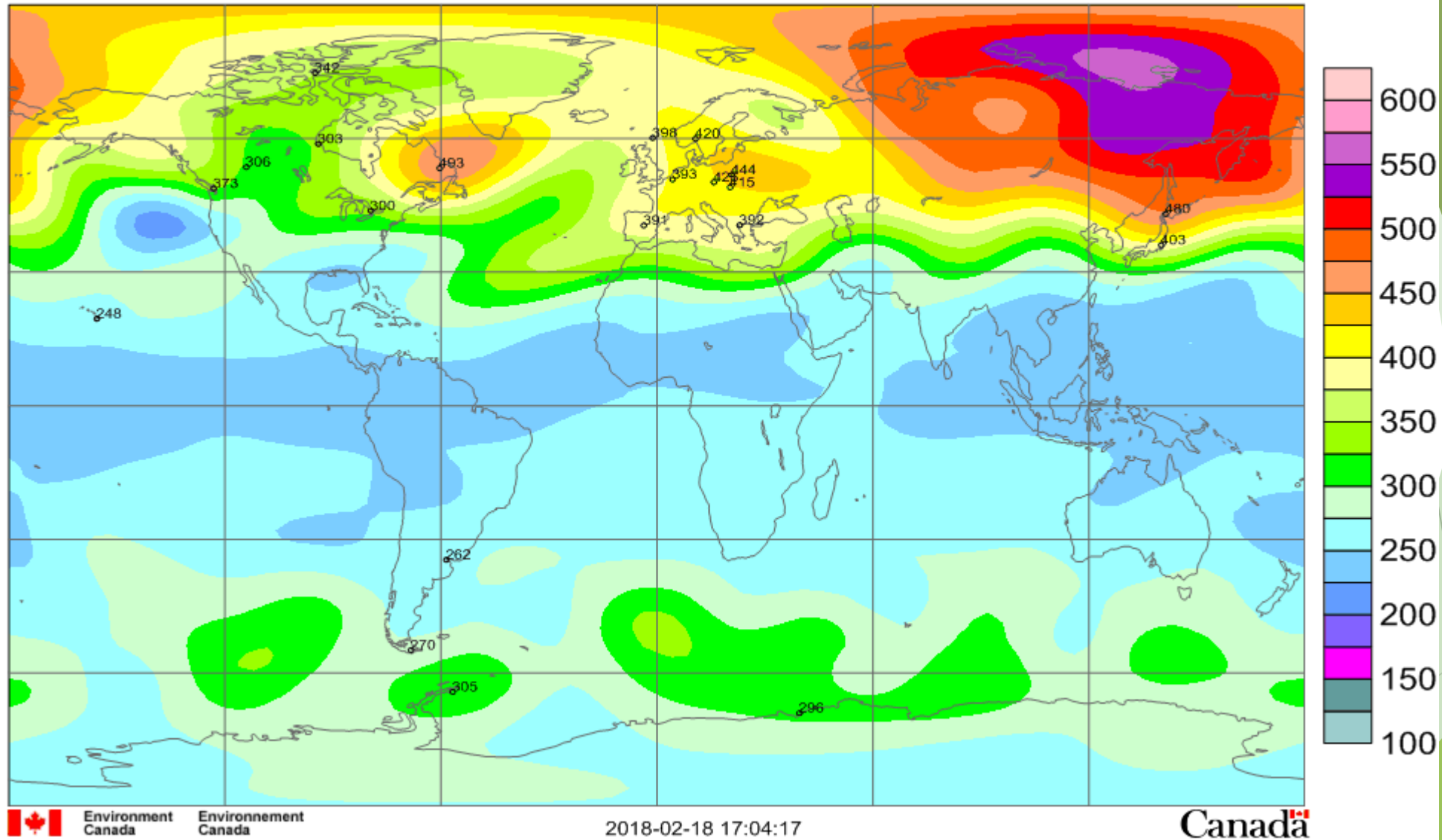
A  $40^{\circ}$ - $90^{\circ}$ D térségben műholdas szenzorral mért minimális ózonmennyiség éven belüli alakulása

# Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2016/02/28



<http://es-ee.tor.ec.gc.ca/e/ozone/ozoneworld.htm>

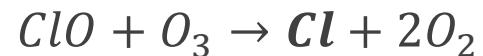
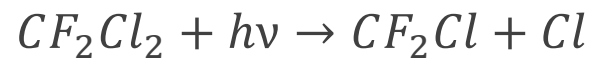
# Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2018/02/17



<http://es-ee.tor.ec.gc.ca/e/ozone/ozoneworld.htm>

# Sztratoszférikus ózonnal kapcsolatos globális problémák

- ▶ Az ózonbomlásban több katalizátoranyag is szerepet játszhat, pl. a hidroxilgyök (OH), a nitrogénoxid-gyök (NO) vagy az atomos klór (Cl) és bróm (Br)
- ▶ halogénezett szénhidrogének (CFC-gázok):
  - ▶ rendkívül stabil vegyületek, nem mérgezőek, vízben nem oldódnak
  - ▶ jól keverednek az atmoszférában
  - ▶ UV sug. hatására:



- ▶ végül a Cl atom lekerül a troposzférába: sósavvá, vagy klór-nitráttá alakul
- ▶ CFC-gázok (belélegezve nem mérgezőek) felhasználása: hajtógázként, hűtőgépekben és légkondicionáló berendezésekben hűtőanyagként, az elektronikus iparban tisztítóanyagként, habosító- és szigetelőanyagként
- ▶ 1985-ben 20 ország részvételével : **Bécsi Egyezmény az ózonréteg védelméről**
- ▶ 1987-ben aláírt Montreáli Jegyzőkönyv: 1986-os szinten befagyasztják, majd 50%-kal csökkentik 1999-re

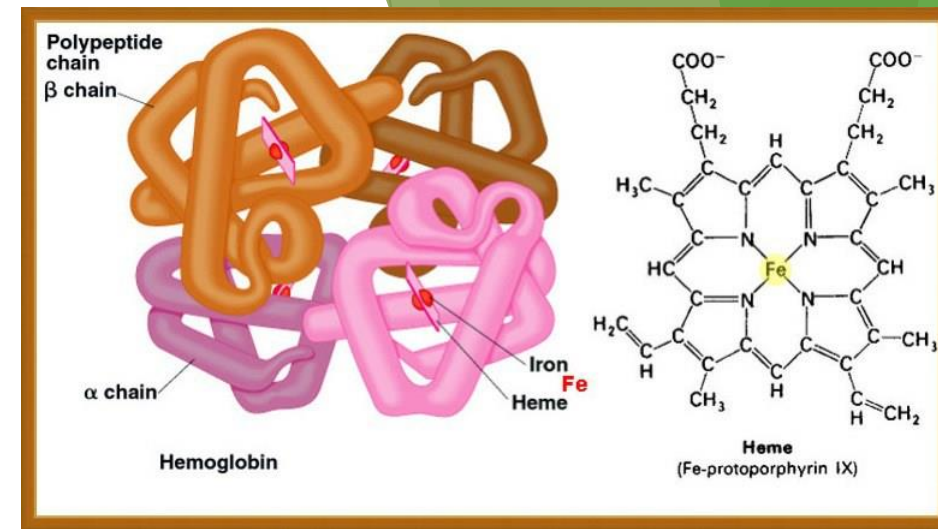
# Légszennyező anyagok káros hatásai

- ▶ A légszennyezők dózisa váltja ki
- ▶ Függ:
  - ▶ az egyén milyen szennyezettű ( $c$  szennyező konc.) levegőben mennyi ideig tartózkodik ( $t$  expozíciós idő) =>  
$$\text{hatás} = c * t$$
  - ▶ de: azonos szorzat mellett különbségek:
    - ▶ nagyobb koncentráció -> akut hatás, érzékeny vagy beteg lakosságra veszélyesebb
    - ▶ krónikus, hosszú ideig tartó szennyezés akár generációkon át hat -> krónikus betegségek, genetikai károsodás

# Egyes szennyezők károsító hatásai

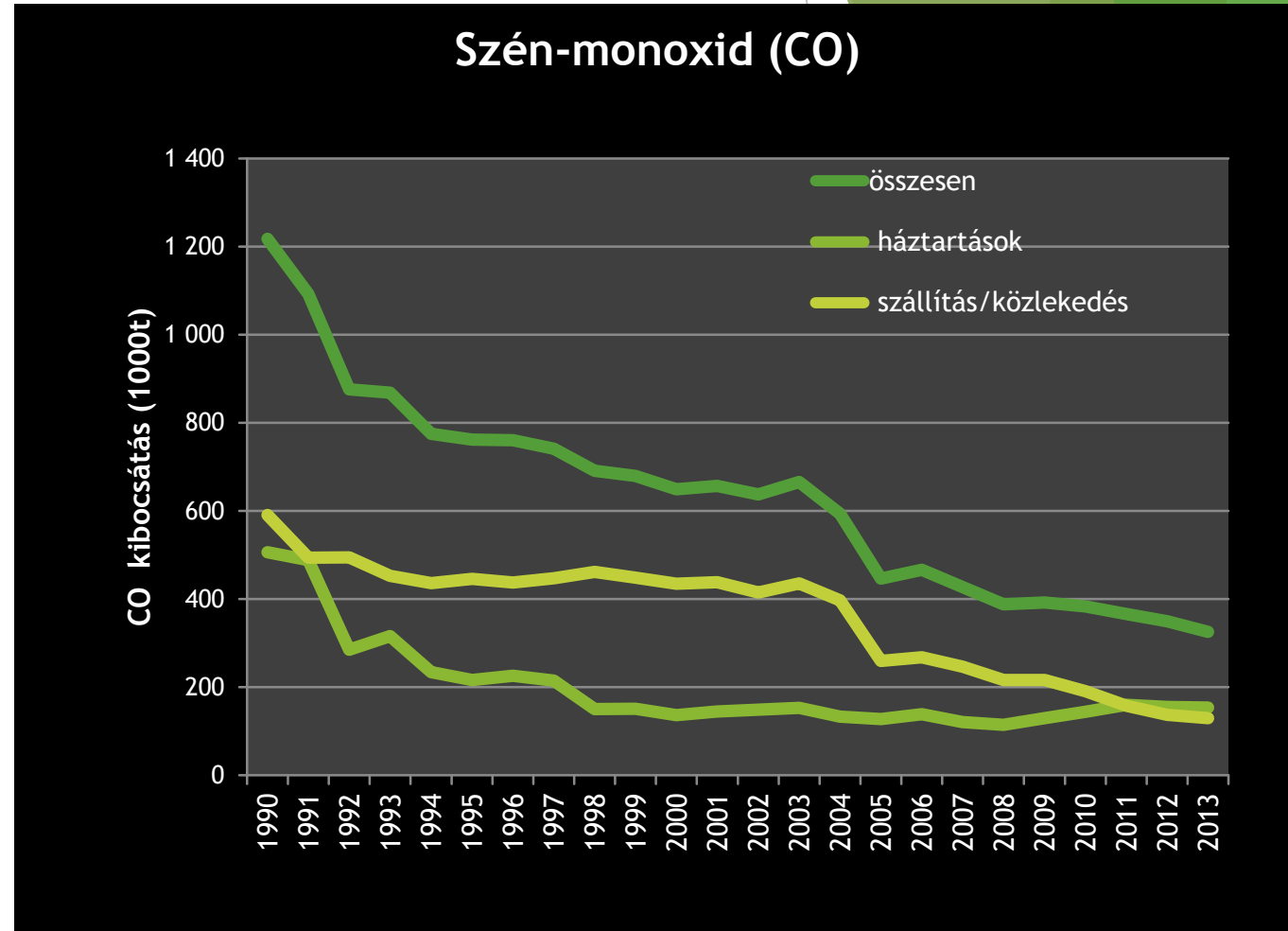
## ► CO

- szagtalan
- Rendkívül mérgező, vér oxihemoglobinjából az oxigént karboxi-hemoglobin képződés közben kiszorítja, a szövetekhez nem jut elég oxigén -> fulladás
- 250-szer nagyobb affinitással kötődik a vér hemoglobinjához, mint az oxigén
- agy kéreg alatti központjait is támadja, csökkenti a szem fényérzékenységét és az idegrendszer működését
- 6 órai, 0,23 mg/dm<sup>3</sup> enyhe CO mérgezés esetén a vér karboxi-hemoglobin tartalma 60-80% esetén pár órán belül halál
- tartós hatás: szűkíti a koszorúereket -> infarktuskockázat
- nagyvárosok közlek. csomópontjain már van hatása: tompulás, reakcióképesség csökkenés



# Magyarországi CO kibocsátás

- ▶ Több, mint felére csökkent
- ▶ 2000-es évek: közlekedésből eredt a kibocsátás csaknem 70%-a, háztartások, ipari ágazatokból a 30%-a





# Egyes szennyezők károsító hatásai

## ▶ SO<sub>2</sub>:

### ▶ Emberi egészségre:

- ▶ nagy koncentrációban szem- és felső légutak nyálkahártyáját izgatja
- ▶ kis koncentrációban alsó légutakat -> gyulladásos betegségek okozója
- ▶ véráramban gátolja az oxigénfelvételt
- ▶ zavarja a fehérje-anyagcserét
- ▶ akut mérgezés esetén halálos

### ▶ légkörből való kikerülés: főként száraz és nedves ülepedéssel

### ▶ vizek, talaj savasodását inkább a száraz ülepedés okozza, távolabb a forrástól a nedves

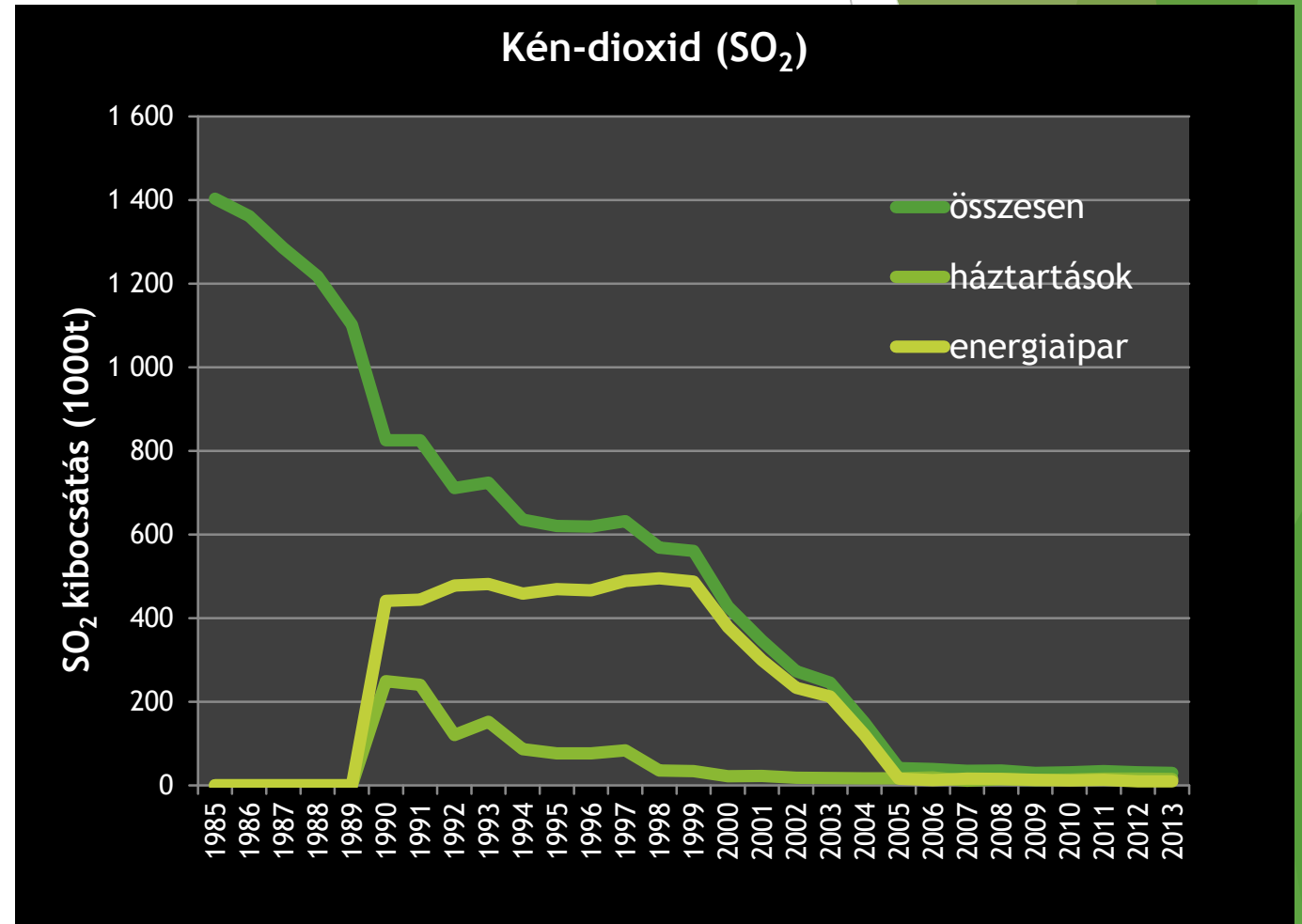
### ▶ tartózkodási idő felszín közelében 2-3 nap, felső troposzféra:4-6 nap. sztratoszféra: több hónap

## ▶ 4-nél is kisebb pH-értékű savas esők: erdőpusztulás, mesterséges környezet károsítása (mészkből gipsz)



# Magyarországi SO<sub>2</sub> kibocsátás

- ▶ 1980-as emisszióknak csupán a 8%-ára csökkent az ország kibocsátása
- ▶ napjainkban a hőerőművek járulnak hozzá leginkább



# Egyes szennyezők károsító hatásai

## ▶ NO<sub>2</sub>:

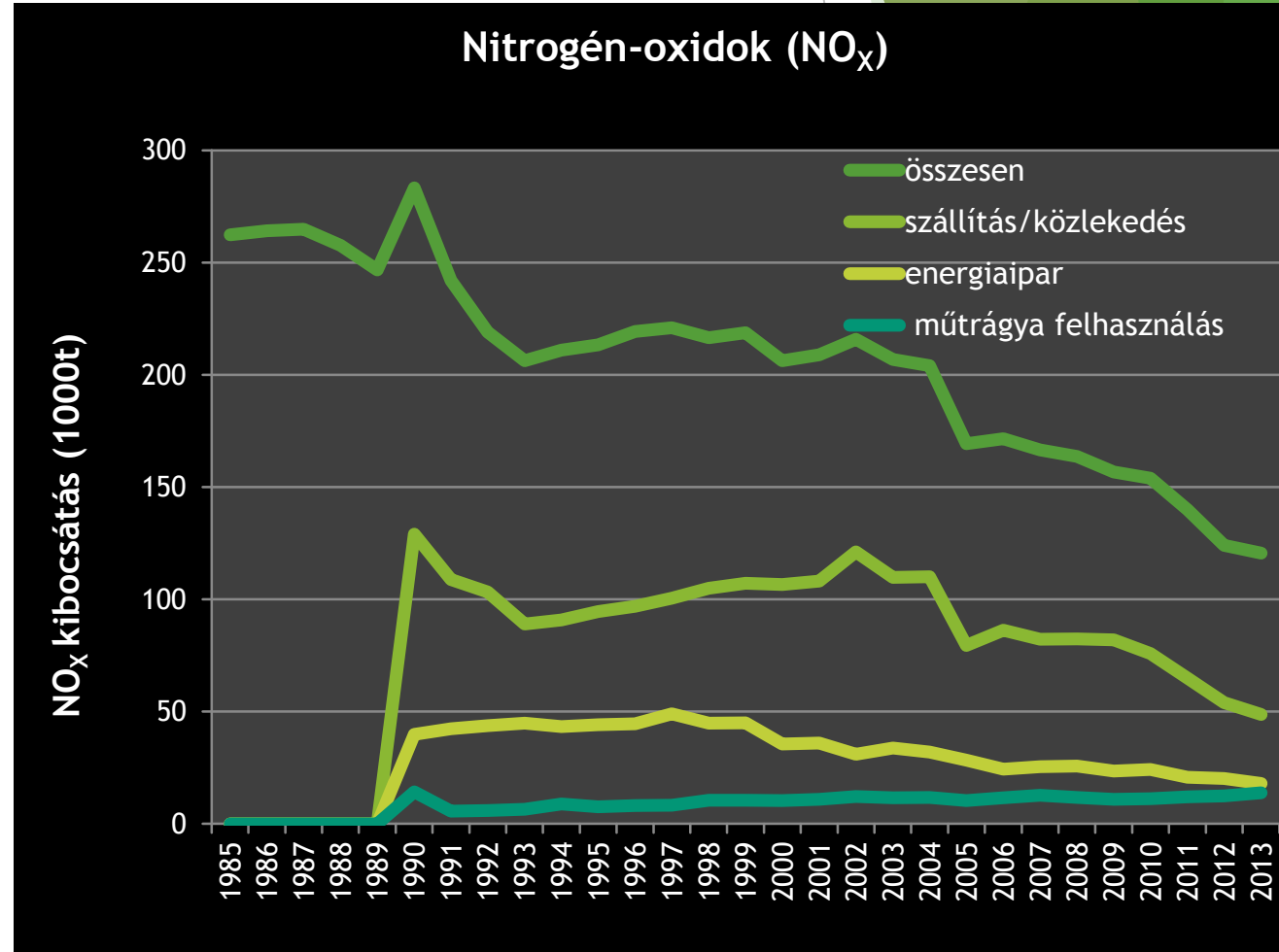
- ▶ a tüdőben vízzel savat képez -> szövetroncsolás, erős értágulás
- ▶ szem- és légutak nyálkahártyáját izgatja, köhögési, hányási inger, fejfájás, szédülés
- ▶ hemoglobinmolekulát oxidálja: oxigénszállítás gátlása
- ▶ NO<sub>2</sub> csökkenti a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel szemben
- ▶ NO, NO<sub>2</sub> reaktív anyagok, tart. idő 1-2 nap



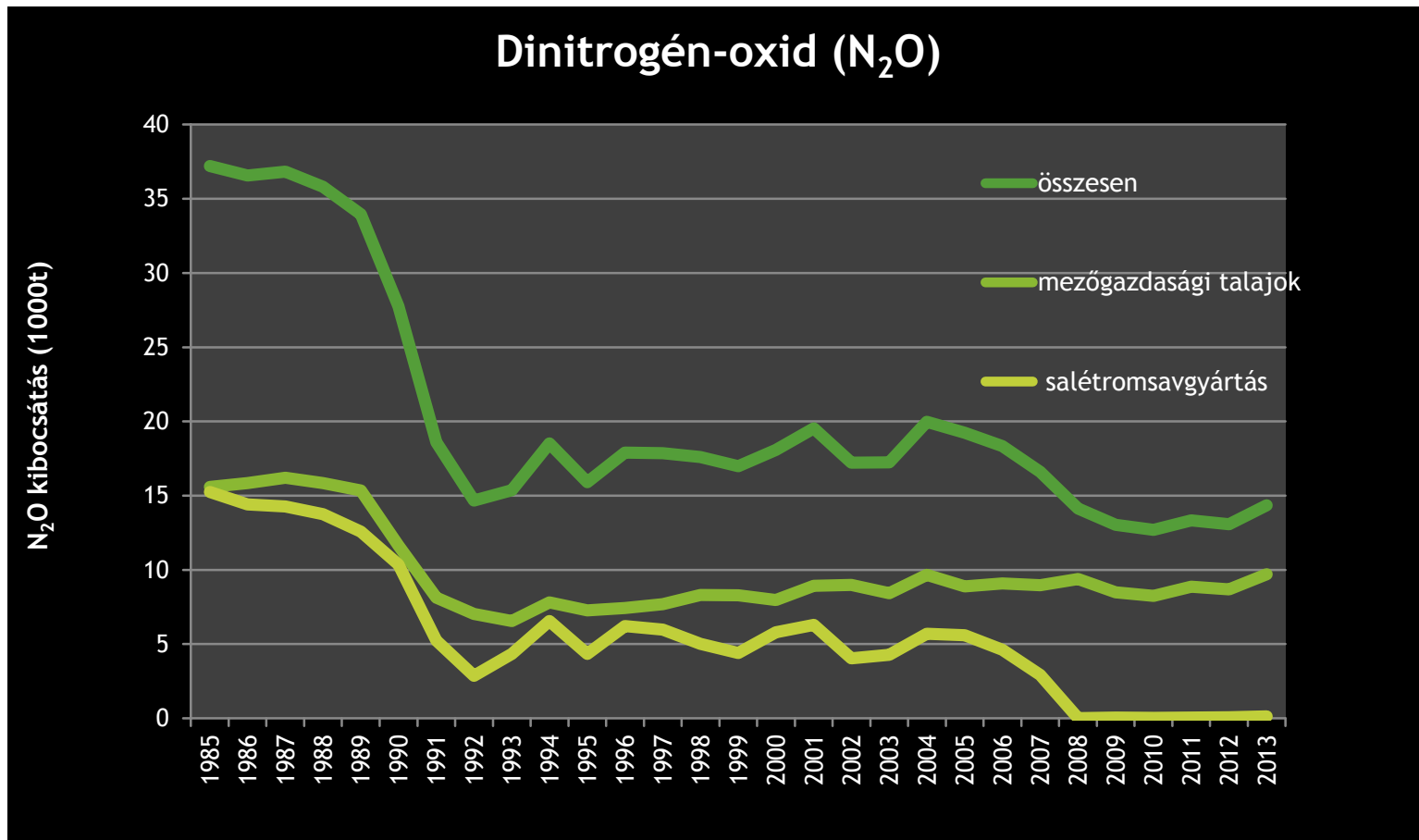
- ▶ növényekre toxikus (főleg, ha NO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub>)
- ▶ környezetet savasítja

# Magyarországi NO<sub>x</sub> kibocsátás

- ▶ Közlekedés nagy szerepe
- ▶ rendszerváltással kapcsolatos emisszió csökkenés kisebb mértékben, mint SO<sub>2</sub> esetén
- ▶ korszerűbb autók, de több
- ▶ antropogén kibocsátás (2000-es évek):
  - ▶ 60%-a közlekedésből
  - ▶ 19% hőerőművekből
  - ▶ 10% ipar
  - ▶ 5-5-5% lakosság, szolgáltatás, mezőgazdaság



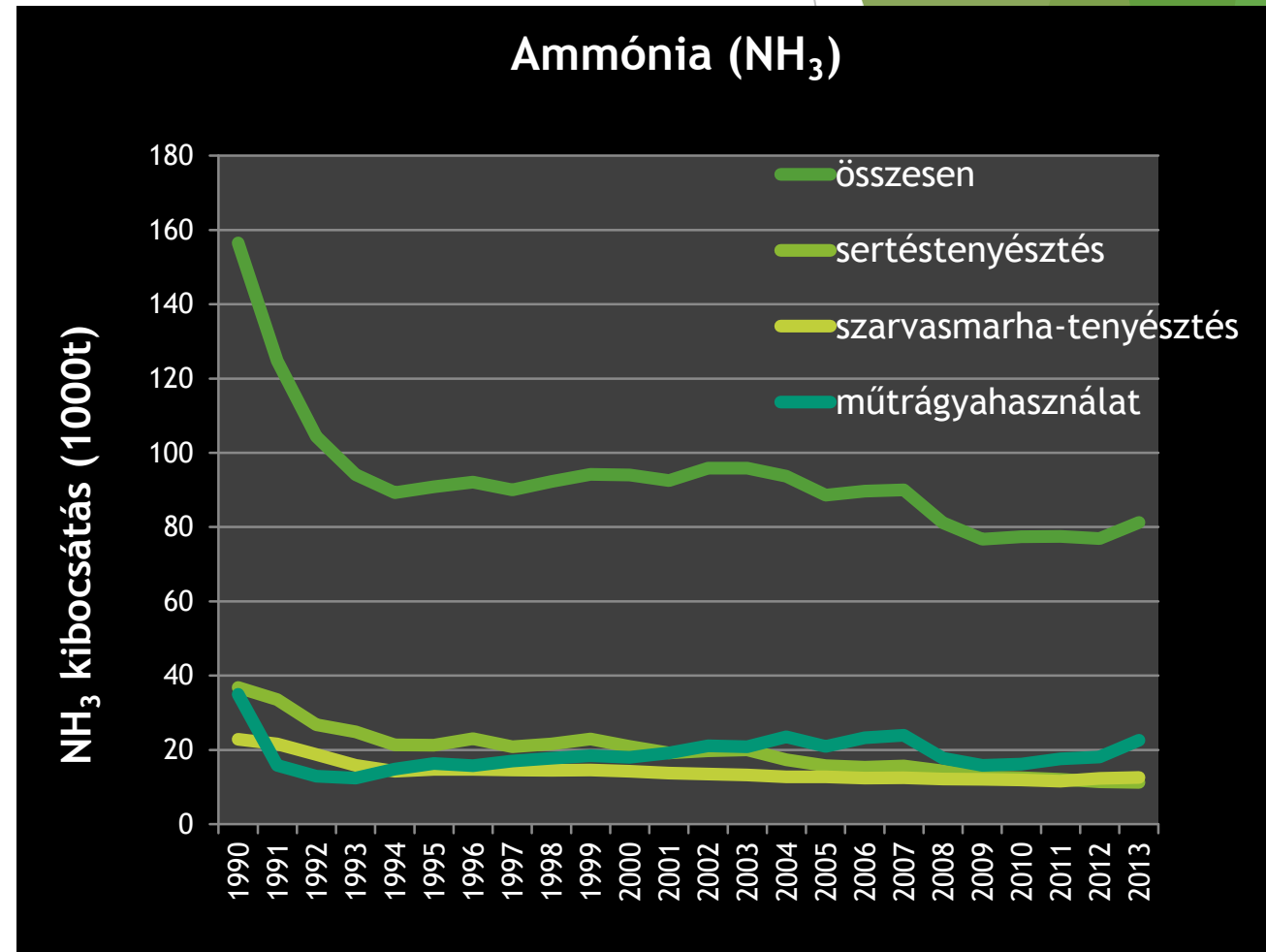
# Magyarországi N<sub>2</sub>O kibocsátás



# Egyes szennyezők károsító hatásai

## ▶ NH<sub>3</sub>:

- ▶  $c < 0,5 \text{ mg/dm}^3$  esetén könnyezés, szemfájdalom, gyulladás
- ▶  $c > 0,5 \text{ mg/dm}^3$  esetén súlyos légzési, keringési zavarok, szívgyengeség, halál
- ▶ szervesanyag-termeléshez fontos tápanyagforrás, túlzott mértékű felhalmozódás: állóvizek és környezetének eutrofizációjához vezethet



# Egyes szennyezők károsító hatásai

## ▶ Klór:

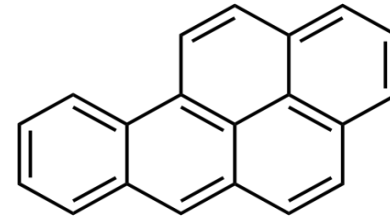
- ▶ oxidáló, roncsoló hatás

## ▶ HF:

- ▶ izgatja a légutakat,
- ▶ égéshez hasonló sebek

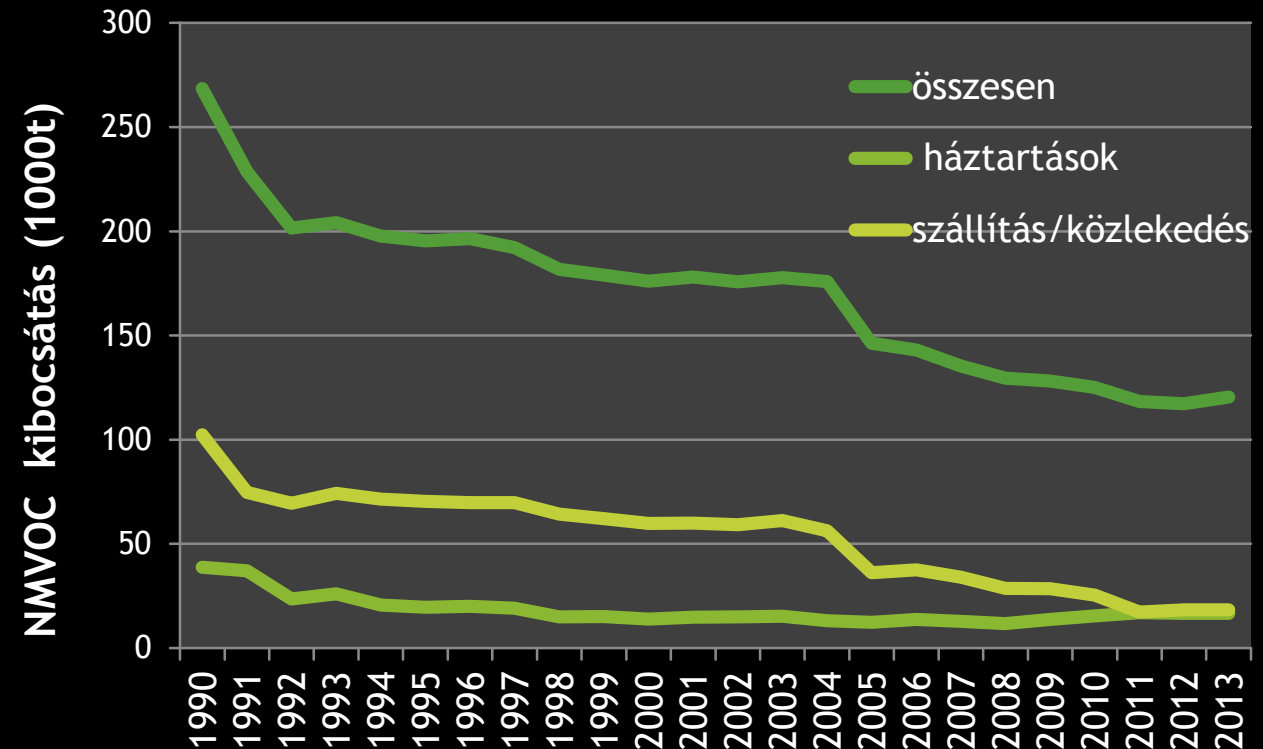
# Egyes szennyezők károsító hatásai

- ▶ illékony szerves szénhidrogének:
  - ▶ gépkocsik kipufogógázából és petrokémiai-, vegyiparból származik
  - ▶ Sok vegyület káros hatással van a légzőszervekre, orr és a torok nyálkahártya irritáció
  - ▶ pl. benzol: mérgező, rákkeltő, zsírszövetekben akumulálódik
  - ▶ rákkeltőek is lehetnek
  - ▶ A VOC-k nagy része elősegíti a felszín közeli ózon képződését
  - ▶ legjelentősebb: 3,4-benzpirén
- ▶ Magyarországon több, mint felére csökkent a kibocsátás



3,4-Benzpirén

## Nem metán illékony szerves vegyület (NMVOC)





# Egyes szennyezők károsító hatásai

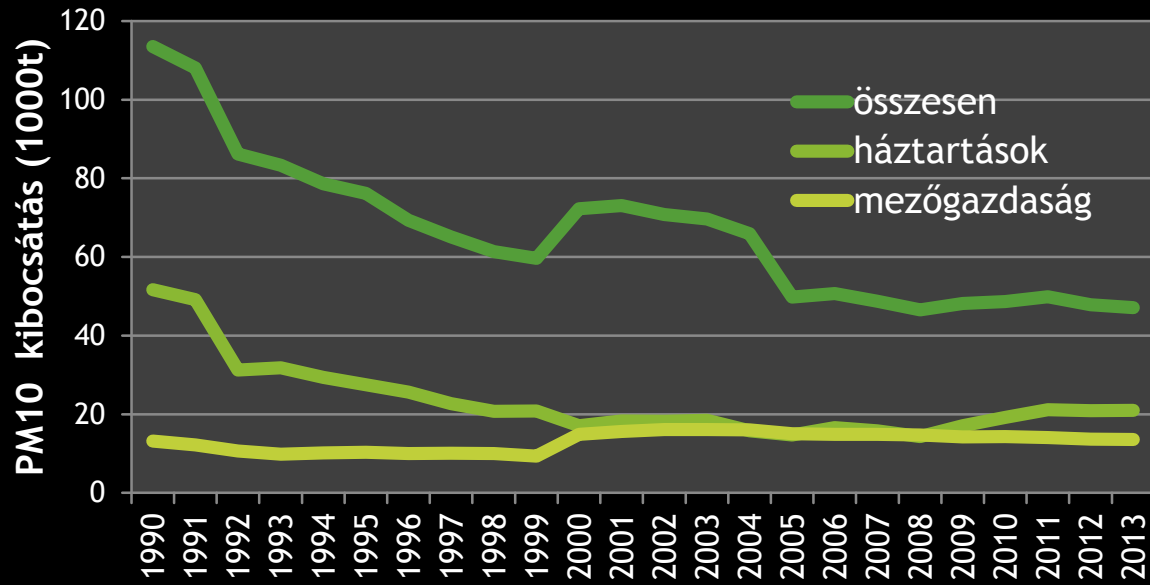
## ▶ Lebegő szilárd részecskék

- ▶ 0,25-10  $\mu\text{m}$  közötti tartomány a legveszélyesebb
- ▶ 10  $\mu\text{m}$ -nél nagyobbak csak a felső légútig jutnak
- ▶ 0,25  $\mu\text{m}$ -nél kisebbeket a tüdő nem tarja vissza, elhasznált levegővel kilélegezzük
- ▶ csökkentik a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel, illetve a toxikus anyagokkal szemben
- ▶ nem mérgezőek krónikus hatása: szilikózis és portüdő
- ▶ toxikus anyagokat, kórokozókat adszorbeálhatnak -> szervezetbe jutnak
- ▶ ha gázok és szilárd részecskék együttesen vannak jelen, nagyobb károsító hatás
- ▶ városi légszennyeződés és dohányzás növeli a krónikus bronchitis és tüdőrák okozta halálozást

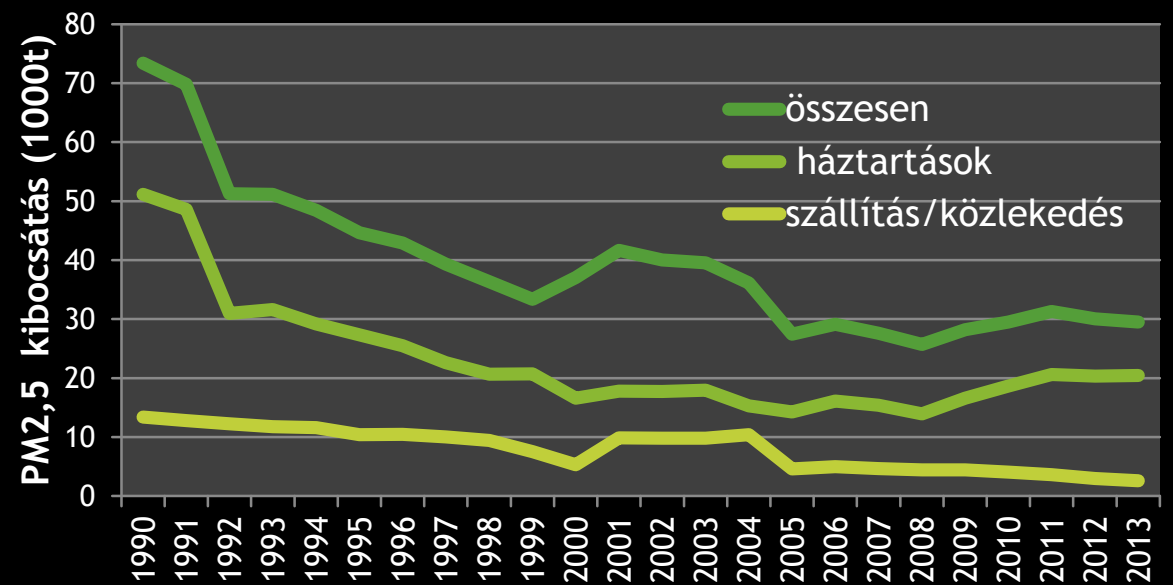
# Magyarországi szálló por kibocsátás

► 41-42%-os csökkenés

## 10 µm átmérőnél kisebb szilárdanyag (PM10)



## 2,5 µm átmérőnél kisebb szilárdanyag (PM2,5)



# Egyes szennyezők károsító hatásai

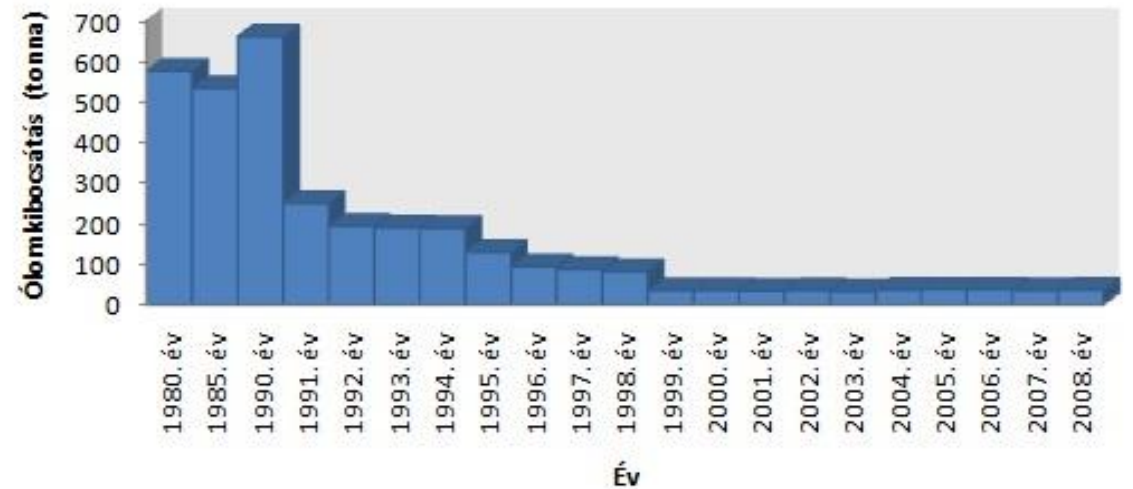
## Ólom, Pb

- ▶ Súlyosan mérgező nehézfém, gátolja a hemoglobinképződést, erősen károsítja az idegrendszert, a vese- és bélműködést, az ízületeket és a szaporodási szervrendszert
- ▶ Sejtméreg: ér- és idegrendszeri megbetegedések

### Magyarország:

- ▶ 1989-ben jelent meg az ólmozatlan benzin
- ▶ kereskedelmi forgalmazása 1999. április 1-jén teljesen megszűnt
- ▶ 95%-kal csökkent az ólom antropogén eredetű kibocsátása

**Ólomkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között**



# Egyes szennyezők károsító hatásai

## Ózon, O<sub>3</sub>

- ▶ erősen mérgező hatású
- ▶ irritálja a szemet, az orr és a torok nyálkahártyát
- ▶ krónikus hatás: tüdőkapacitás csökkenés
- ▶ fotoszintézist, növények légzési folyamatait befolyásolja,
- ▶ csökkenti a növények fejlődési ütemét, reprodukáló képességüket
- ▶ baktériumölő hatás
- ▶ korróziós hatás fémekre, építőanyagokra, gumira, műanyagra

# Gazdasági károk

- ▶ Jelentős gazdasági károk az egészségügyi, mezőgazdasági és korróziós károkból tevődnek össze
- ▶ Egészségügyi kár:
  - ▶ termeléskiesés,
  - ▶ gyógyszerfogyasztás,
  - ▶ ápolási költségek
  - ▶ munkabérekiesés

# Gazdasági károk

- ▶ **Állatvilágra gyakorolt káros hatás:**
  - ▶ porszennyezőktől közvetlenül
    - ▶ szennyezett városokból sok madárfaj menekül
    - ▶ méhek kipusztulása kohóipari As-tartalmú poroktól
    - ▶ szálló por vadállományt károsíthat
  - ▶ porszennyezőktől közvetve a növényeken keresztül
    - ▶ szennyezett takarmánynövényeket nem fogyasztják az állatok
    - ▶ nagy forgalmú utak mentén lévő zöldsakarmányon lehet károsanyag kirakódás

# Gazdasági károk

- ▶ **Növényvilágra gyakorolt káros hatás:**
  - ▶ érzékenyebbek, mint az állatok
  - ▶ pl. zuzmó: légszennyezés-indikátor
  - ▶ szilárd szennyezők kirakódnak a levelekre, légcserenyílásokat eltömik
  - ▶ szennyező gázok bejutnak a sejtek közötti térbe, vízzel reagálva bekapcsolódnak az anyagcserébe
  - ▶  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ : roncsol, klorofillel reagálva a fotoszintézist bénítja
  - ▶ legellenállóbb az epidermisz, szivacsos parenchima, oszlopos sejtek érzékenyek
  - ▶ nagy koncentráció: sejthalál, színváltozás (klorózis), marginális nekrozis

# Gazdasági károk

- ▶ Növényvilágra gyakorolt káros hatás:
  - ▶  $\text{SO}_2$ : szivacsos parenchima, levélerek közti száraz foltok, klorofill tartalmat csökkent
  - ▶  $\text{O}_3$ : oszlopos sejteket károsít, szórt pettyek
  - ▶  $\text{NO}_2$ : tartós levélhullás
  - ▶ Fluor: marginális nekrózis
  - ▶ Különböző növények eltérő érzékenyséűek (burgonya-  $\text{O}_3$ )
  - ▶ Fiatal szövetek jobban regenerálódnak
  - ▶ fluortartalmú gázok kipusztított egy tűlevelű erdőt Ajkán, Inotán (Al kohó)





# Gazdasági károk

- ▶ **Növényvilágra gyakorolt káros hatás:**
  - ▶ savas esők:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  légköri nedvességgel savakat alkot, csapadékként a földfelszínre jut
  - ▶ Különböző talajok máshogy közömbösítenek
  - ▶ Nem a pH-változás károsít, hanem a fémek oldhatóságának növekedése, ami mérgezi a növényt
  - ▶ Mikroorganizmus-pusztulás
  - ▶ Következménye: erdőpusztulás => kevesebb levegőtisztító kapacitás



# Gazdasági károk

## ▶ Anyagi javak károsodása:

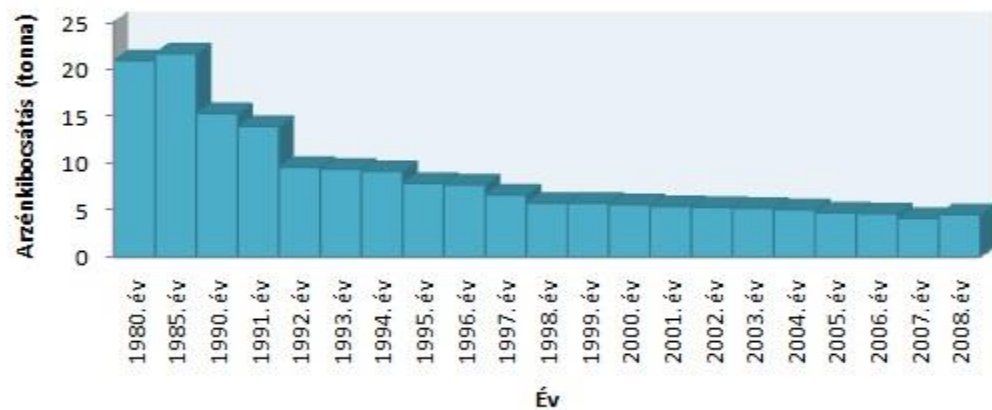
- ▶ gázok + lebegő részecskék = erős korrózió
- ▶ városokban az acélkorrózió 2-5-ször nagyobb
- ▶ műanyag-öregedés, anyagelfáradás
- ▶ ózon -> gumi elöregedése
- ▶ vakolathullás, porladás
- ▶ SO<sub>2</sub> tartalom roncsolja a műemlékeket
- ▶ Kleopátra Tűje obeliszk - London: nagyobb károsodás 80 év alatt, mint Egyiptomban 3000 év alatt
- ▶ Szabadság szobor - New York: zöld színe a kénnek köszönhető (réz-szulfát)



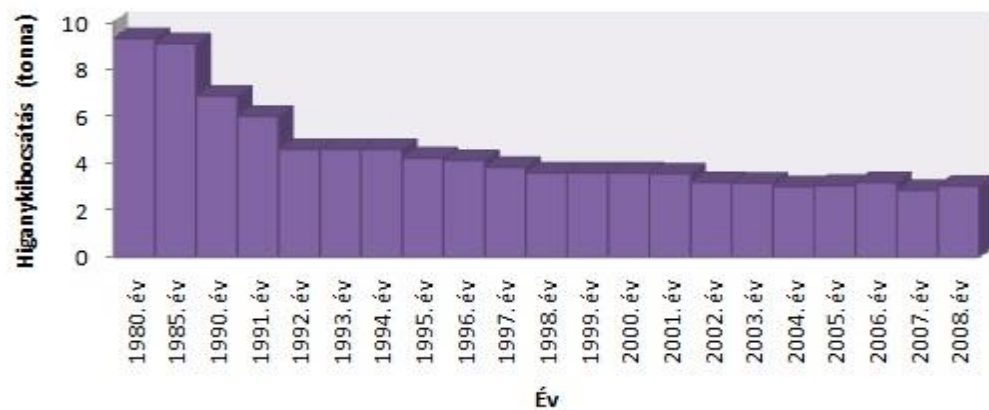
# Levegőszennyezés hazai helyzete

- ▶ Települések levegőjének szennyezettsége 1960-ban tetőzött
- ▶ Ezután csökkent a szén, nőtt a kőolaj, földgáz használat -> légszennyezés csökkentés
- ▶ Az utóbbi években stagnálás a levegőszennyezettség tekintetében: dinamikus egyensúly
  - ▶ levegőtisztaság-védelmi intézkedések csökkentő hatása
  - ▶ iparfejlesztés növelő hatása
  - ▶ fűtési eredetű szennyezés csökken
  - ▶ közlekedési emisszió nő

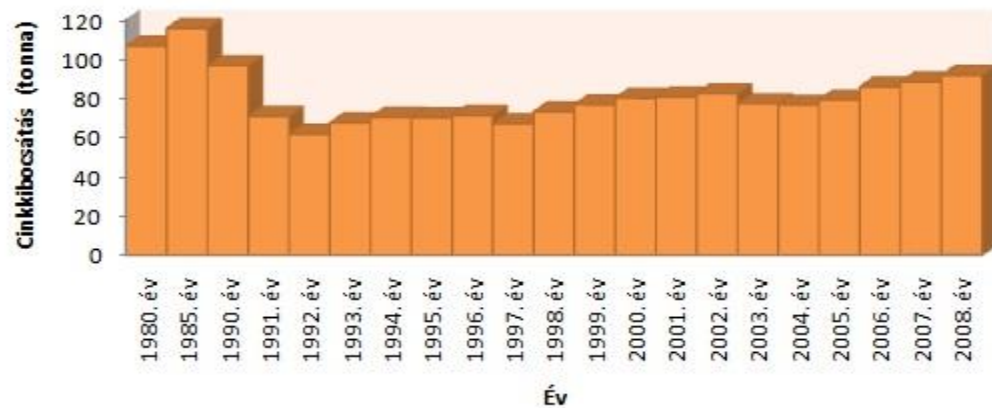
### Arzénkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



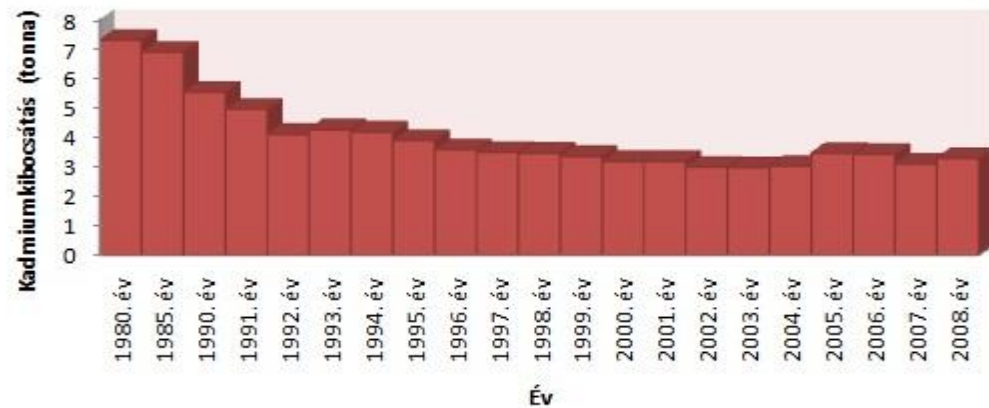
### Higanykibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



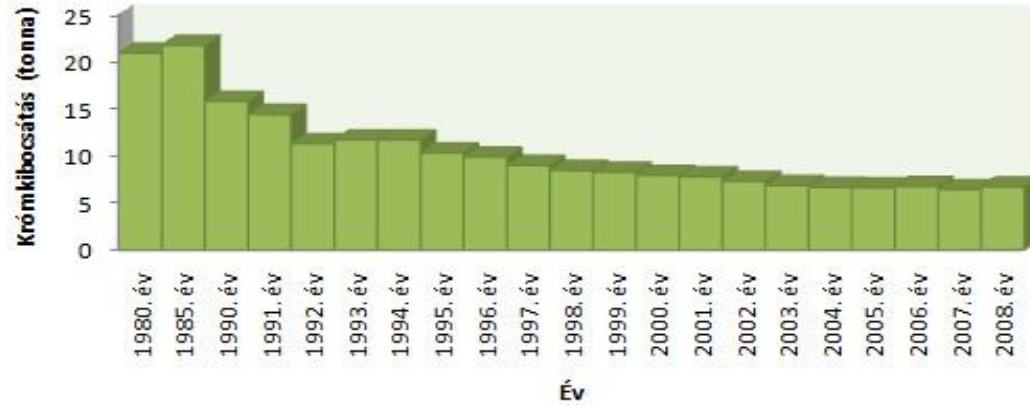
### Cinkkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



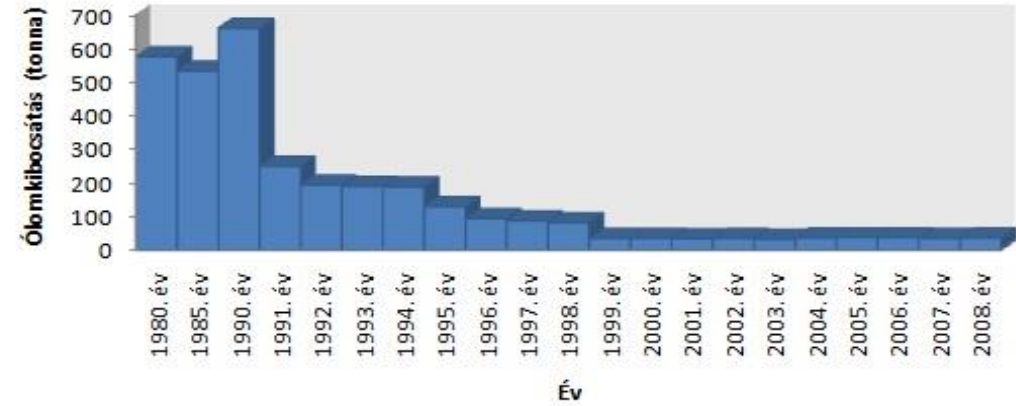
### Kadmiumkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



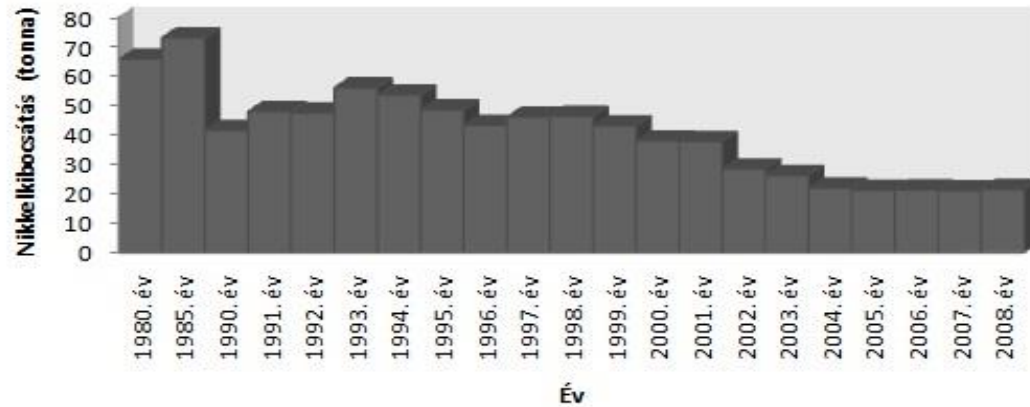
### Krómkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



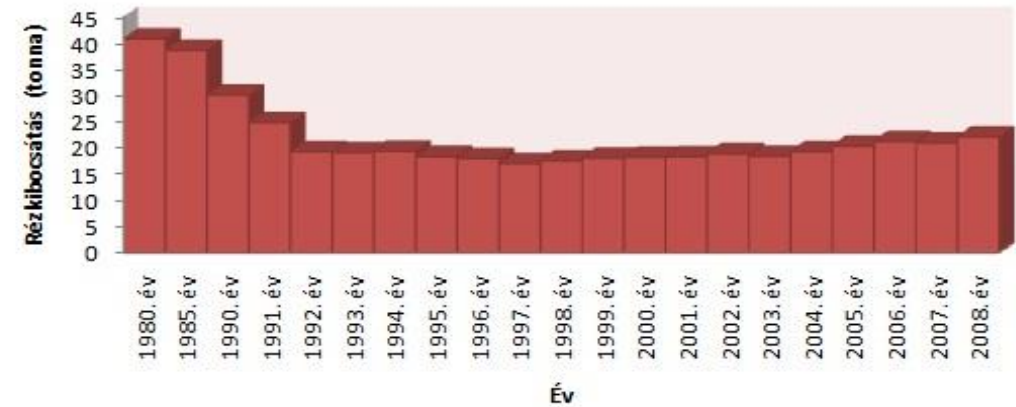
### Ólomkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



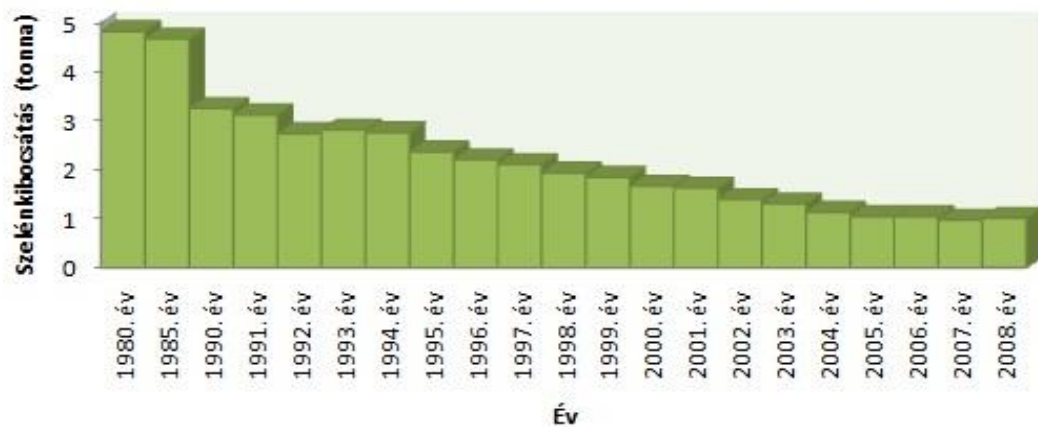
### Nikkelkibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



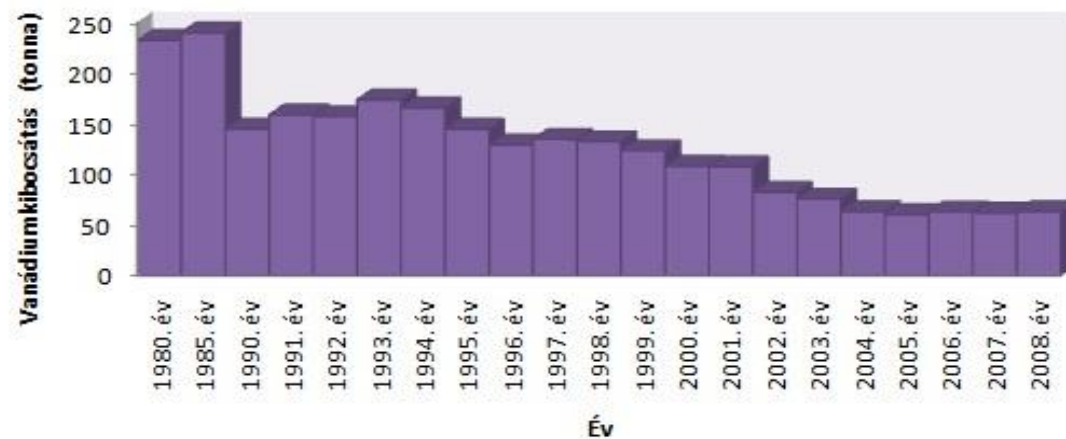
### Réz kibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



### Szelén kibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



### Vanádium kibocsátás Magyarországon, 1980. és 2008. között



Külvárosi háttér

Városi közlek.

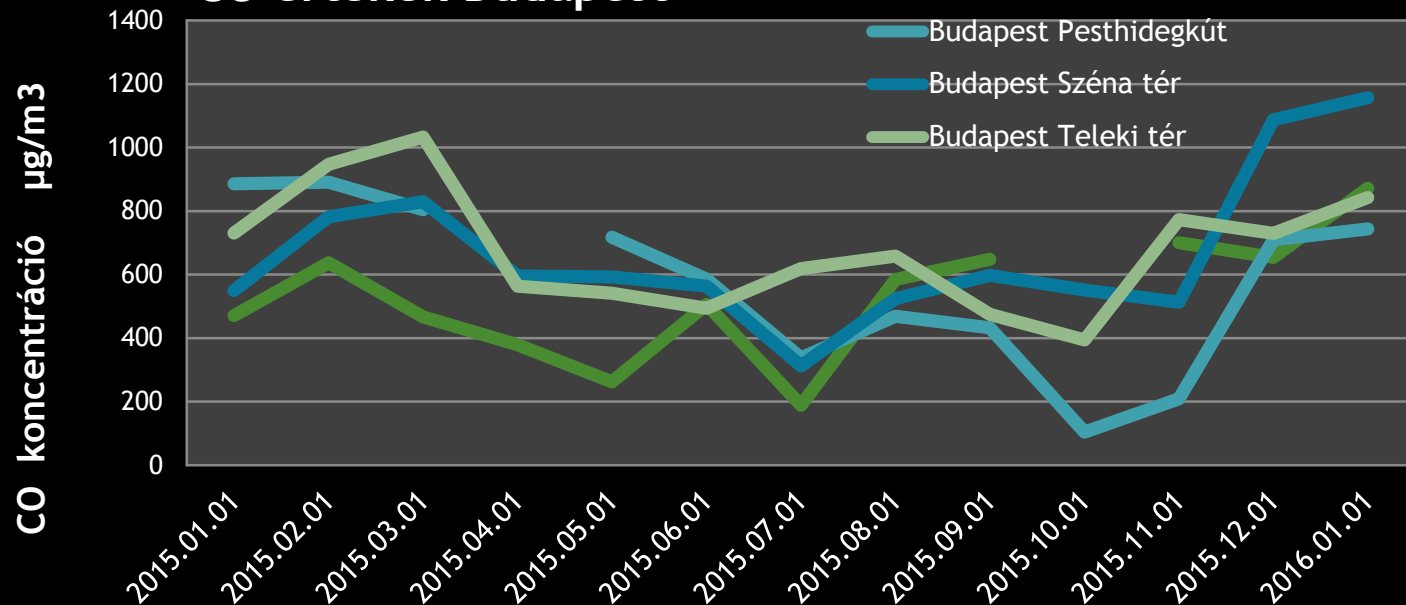
Városi háttér

Városi ipari

Külvárosi ipari



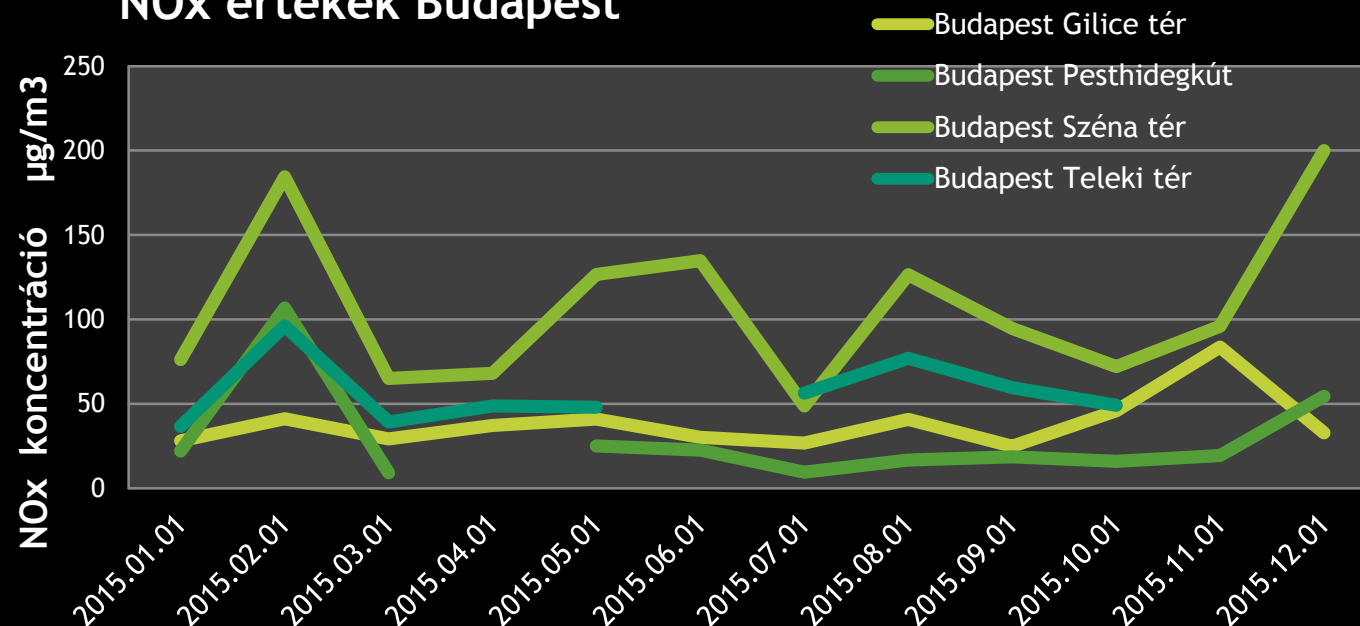
## CO értékek Budapest



- Nincs nagy különbség a háttér és a városi értékek között
- Téli maximum: fokozottabb energiafelhasználás és jelentősebb közlekedés

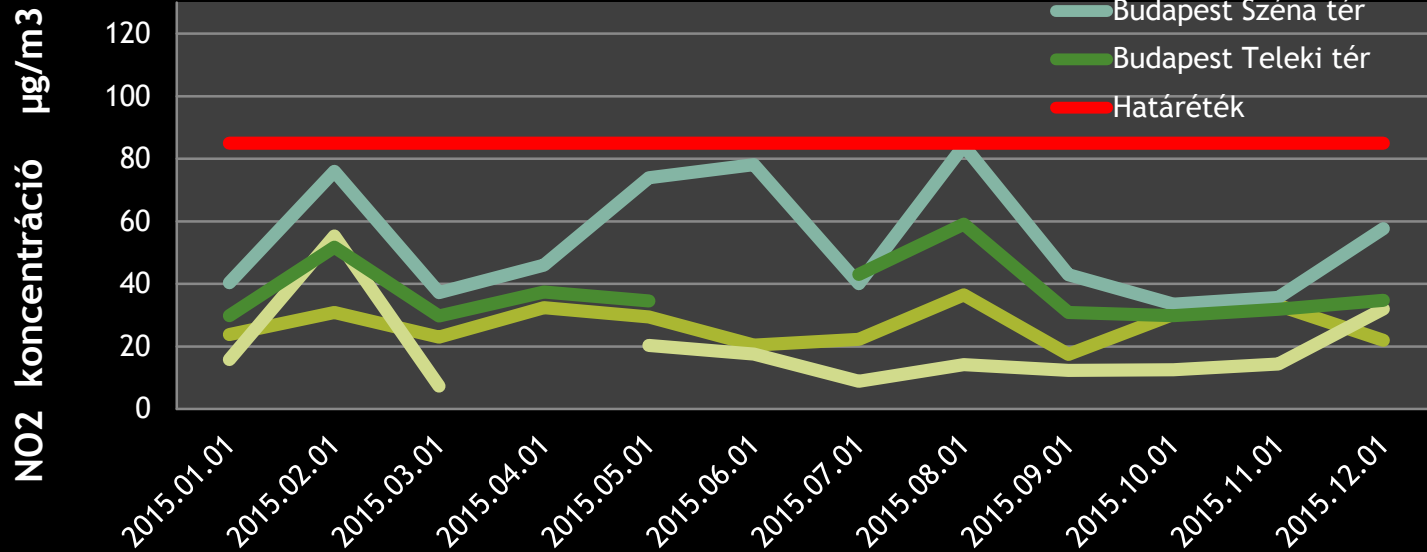
- A Széna téri értékek jelentősen magasabbak a háttérhez és a többi városi értékhez képest is

## NOx értékek Budapest





## NO<sub>2</sub> értékek Budapest



- A háttér érték és a városi érték között jelentős különbségek
- Mind határérték alatti
- nyáron alacsonyabb koncentrációértékek: kisebb gépjárműforgalom

- A Széna téren kiugróan magas, határértéket átlépő értékek
- nincs menete, napi csapadékkal van szorosabb kapcsolatban

## PM<sub>10</sub> értékek Budapest

