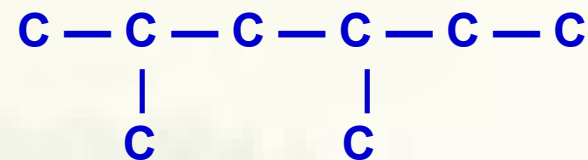


A SZÉNVEGYÜLETEK LÉGKÖRI KÖRFORGALMA

- az élet a Földön szénalapú → szénvegyületek felvétele/leadása részben a légkör felől/felé
- a szén (C) 4 vegyértékű elem → bonyolult molekulákat képes képezni az adott környezeti feltételek mellett („élet”)
- a molekulák tulajdonságait a C – C kötések határozzák meg (molekulák mérete, kötési helye, molekulák alakja)
- a légkörben a legnagyobb mennyiségben a szén-dioxid van jelen (CO_2);
a nem szerves vegyületek közül fontos még a szén-monoxid (CO)
- a szerves vegyületek zöme szénhidrogén, kisebb mennyiségben vannak jelen az O-t, N-t, S-t tartalmazó vegyületek (lásd: aldehidek, PAN, CS_2 , COS, DMS, MSA, stb.)

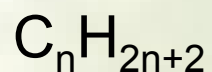
SZÉNHIDROGÉNEK (szén és hidrogén atomokból)

- telített – csak egyes kötések
 - nyílt láncú (lehetnek benne elágazások)



C_8H_{18} – 2,4-dimetil-hexán

pl. metán, etán, propán,.... (alkánok)



[paraffinok]

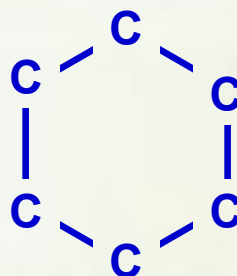


C_4H_{10} – n-bután



C_4H_{10} – i-bután

- gyűrűs vegyületek
(pl. ciklohexán)



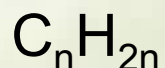
SZÉNHIDROGÉNEK (szén és hidrogén atomokból)

- telítetlenek – egy vagy több kettős/hármas kötés

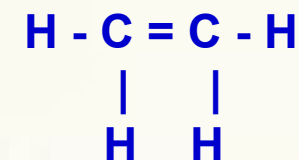
- nyílt láncú (lehetnek benne elágazások)

pl. etén (etilén), propén (propilén), butén (butilén),.....

(**alkének** -- olefinek)

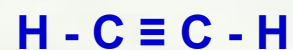


C_3H_6 – propén
(propilén)



C_2H_4 – etén
(etilén)

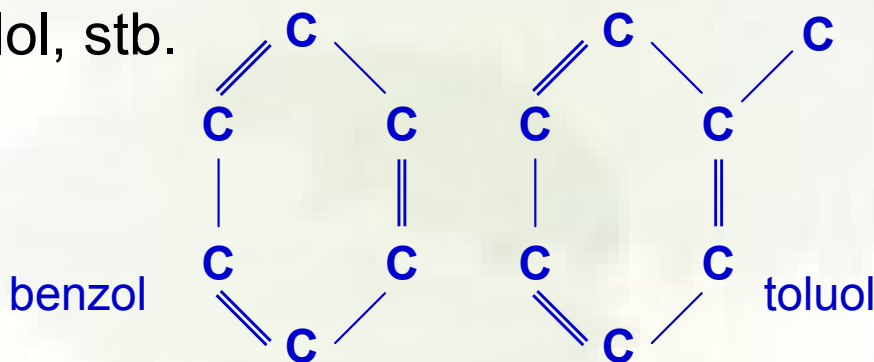
pl. etin (acetilén) (**alkinek**) $C_n H_n$



C_2H_2 – etin
(acetilén)

- gyűrűs vegyületek (aromások)

pl. benzol, toluol, xilol, stb.



Metán (CH₄)

A források és nyelők hozama
Tg C/év mértékegységben

Fő természetes forrás: anaerob bomlás

Természetes források

mocsarak	110-170
termeszek	15-20
óceánok	<10
egyéb	<10
(állatok, geológiai források, erdőtüzek, stb.)	

Összesen **~160 ± 50**

Antropogén források

energiatermelés	60-70
(földgáz, szénbányászat, kőolajipar, stb.)	
szerves maradványok	95-140
(állattenyésztés [kérődzők, trágyakezelés], szennyvíz- és hulladékkezelés, feltöltések, stb.)	
rizstermelés	40-80
biomassza égetés	30-60

Összesen **~280 ± 70**

Összesen (IPCC, 2001) **448 Tg C/év**

Összesen (IPCC, 2007) **436 Tg C/év**

~2/3-a antropogén

Metán (CH₄)

A források és nyelők hozama
Tg C/év mértékegységben

Források:

Természetes források

mocsarak	110-170
termeszek	15-20
óceánok	<10
egyéb	<10

Antropogén források

energiatermelés	60-70
szerves maradványok	95-140
rizstermelés	40-80
biomassza égetés	30-60
hulladék kezelés	10-20

Összesen (IPCC, 2001) 448

Nyelők:

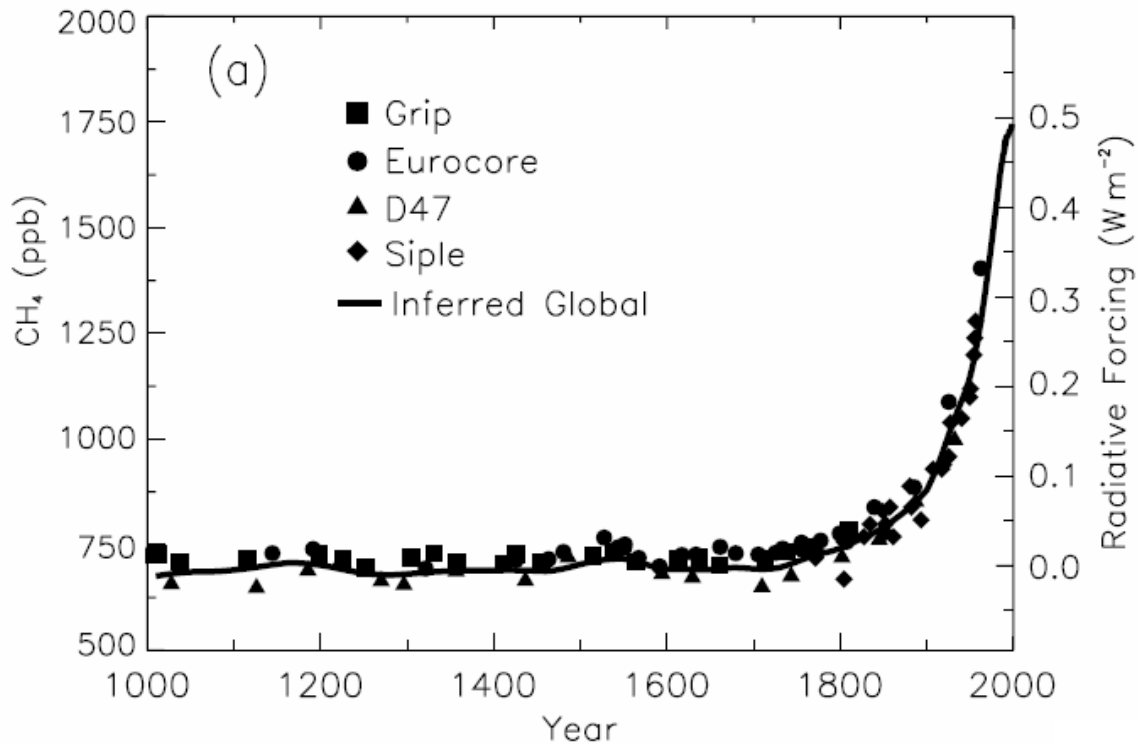
troposzféra CH ₄ +OH	360-380
talaj (száraz ülepedés)	~25
sztratoszféra	25-30

Összesen (IPCC, 2001) 432

Források 448

Nyelők - 432

Különbség 16



**csökken a
növekedési ütem
az oka nem világos**

Forrás-nyelő különbség:

1983-1989: 25 Mt C/év

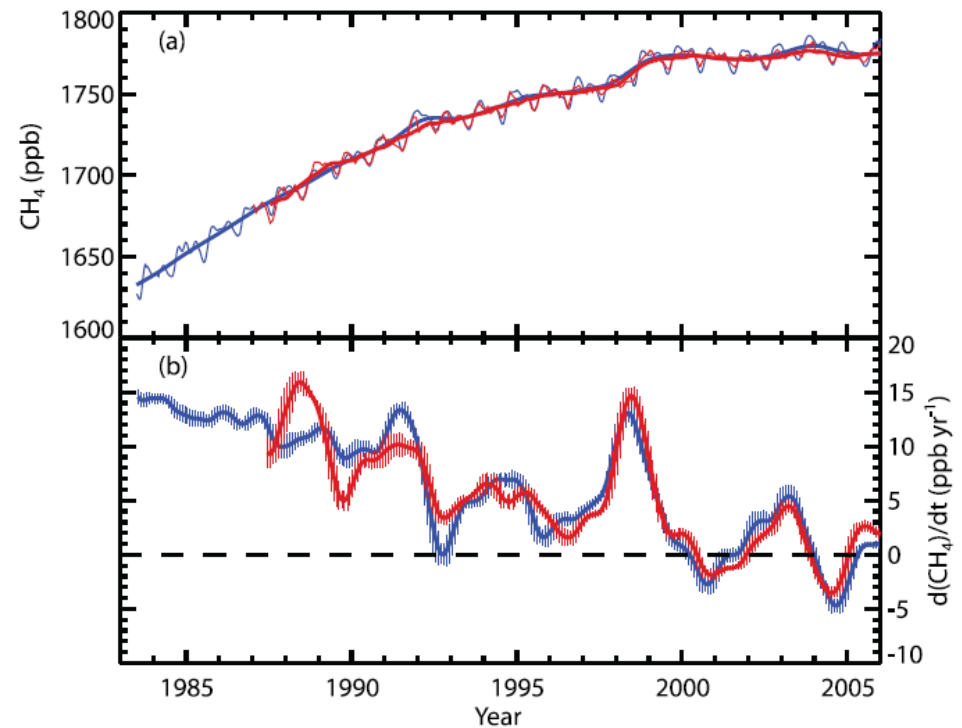
1998 körül: 16 Mt C/év

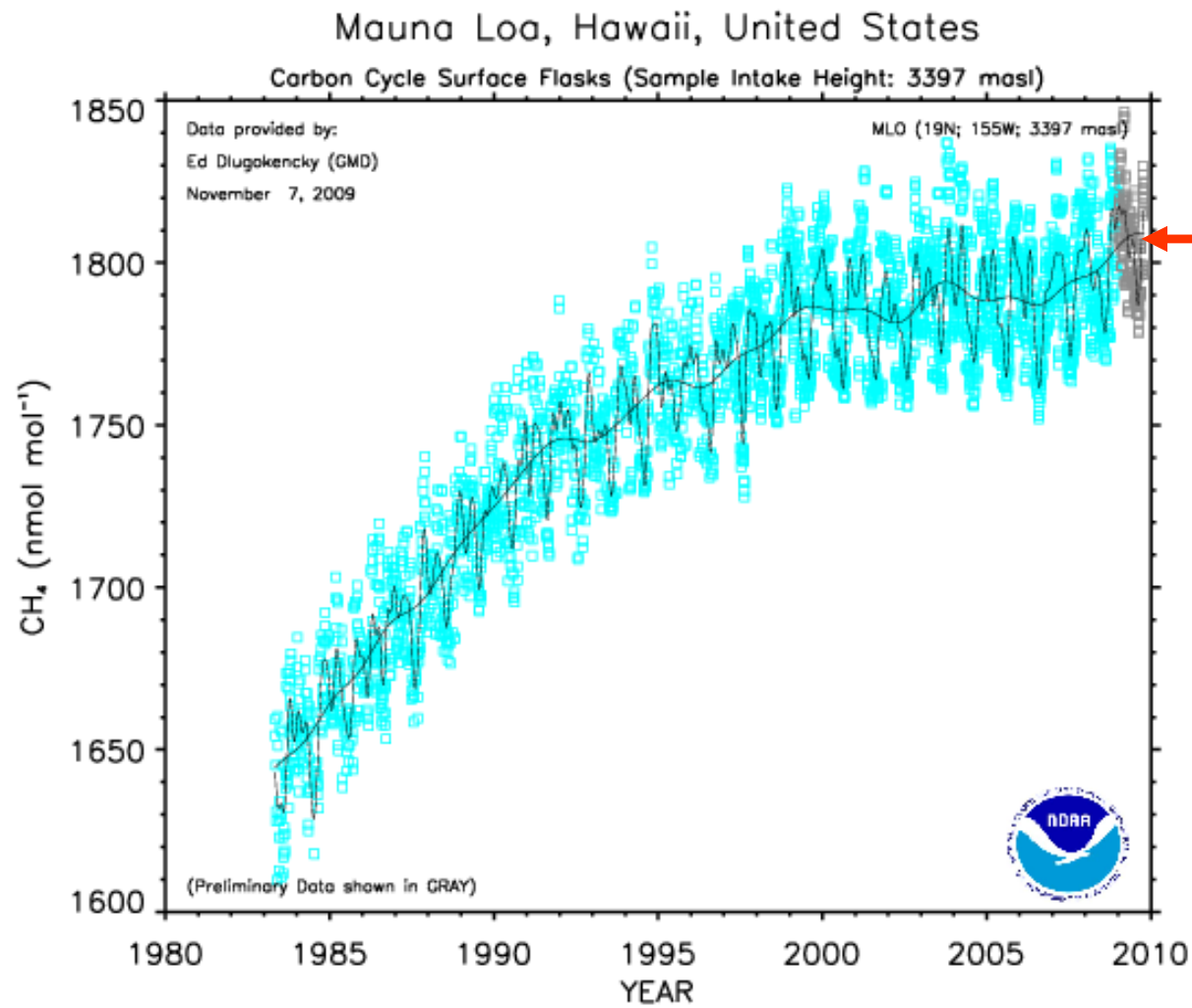
2000-2004: 4 Mt C/év

~700 ppb → 1775 ppb

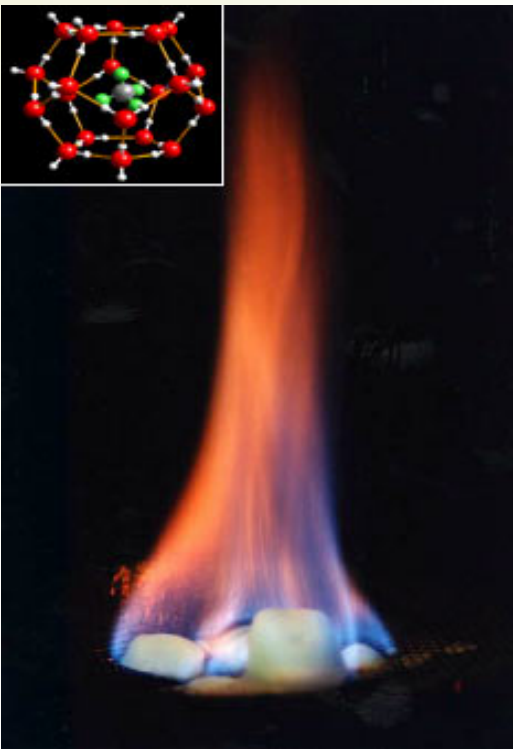
+150%!

a metán hatékony üvegházhatású gáz





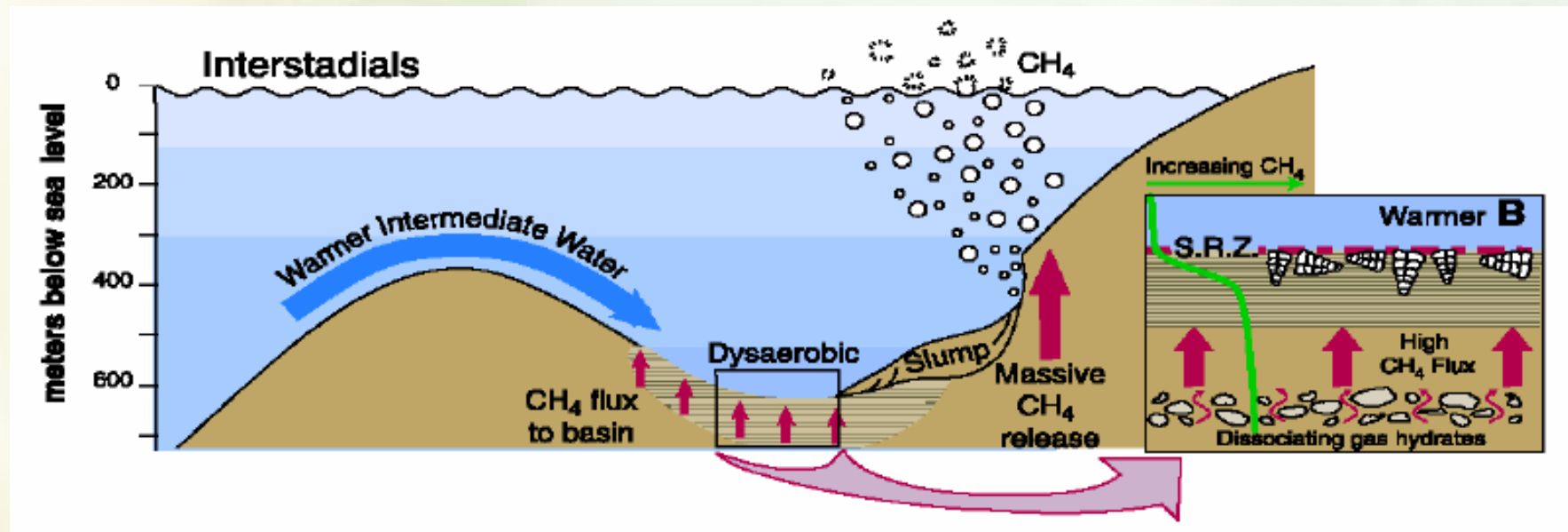
A metán koncentráció újabb növekedése 2007-től. Ok?



lángoló jég – metán-hidrát

Metán-hidrát katasztrófa

tengervíz melegedés \Rightarrow metán-hidrát destabilizáció \Rightarrow
pórus-nyomás növekedés \Rightarrow csuszamlás/beroskadás \Rightarrow
metán-kiszabadulás \Rightarrow üvegházhatás-erősödés \Rightarrow
tengervíz melegedés \Rightarrow metán-hidrát destabilizáció \Rightarrow
pórus-nyomás növekedés \Rightarrow



1 dm³ metán-hidrát ~ 170 dm³ metán (normál állapotban)

A metánon kívül számos más szénhidrogén és egyéb illékony szerves anyag kerül a légkörbe

VOC

(Volatile Organic Compounds – illékony szerves anyagok)

átlagos légköri viszonyok között magas a telítési gőznyomásuk, nem kondenzálódnak

a metán (definíció szerint) nem tartozik bele

VOC kibocsátás kb. kétszerese a metánénak, de erős reaktivitásuk miatt összkoncentrációjuk jóval alacsonyabb a metánénál

$$\tau_{\text{VOC}} \approx \text{órák, napok} \quad \tau_{\text{VOC}} \leq 0,001 \cdot \tau_{\text{CH}_4}$$

$$M_{\text{VOC}} = 2 \cdot F_{\text{CH}_4} \cdot 0,001 \cdot \tau_{\text{CH}_4} = 0,002 \cdot M_{\text{CH}_4}$$

Illékony szerves anyagok (VOC)

Természetes források:

fák, erdők

(45% izoprén, 10% monoterpén, 20% egyéb reaktív VOC) ~ 820 Tg /év

füves, bokros területek

(55% izoprén, 10% monoterpén, 20% egyéb reaktív VOC) ~ 190 Tg /év

mezőgazdasági területek

(könnyű szénhidrogének) ~ 120 Tg /év

óceánok

(könnyű alkánok, alkének, nehéz alkánok) ~ 5 Tg /év

egyéb források (pl. talaj)

~ 10 Tg /év

Összesen

~ 1150 Tg /év

Izoprén ~ 500 Tg /év (45%)

Monoterpének ~ 130 Tg /év (10%)

Egyéb reaktív VOC ~ 260 Tg /év (22%)

Nem-reaktív VOC ~ 260 Tg /év (22%)

Illékony szerves anyagok (VOC)

Antropogén források:

kőolaj-finomítás, petrolkémia	~ 13 Tg /év
földgáztermelés, -szállítás	~ 2 Tg /év
üzemanyag elosztás	2-3 Tg /év
fafűtés, biomassza égetés	~ 40 Tg /év
széntüzelés	~ 9 Tg /év
közlekedés (fejlett országokban a domináns forrás)	~ 36 Tg /év
oldószer használat	~ 20 Tg /év
hulladékégetés	~ 8 Tg /év
vegyipar	~ 2 Tg /év
egyéb források	~ 10 Tg /év

Összesen

~ 150 Tg /év

A teljes VOC kibocsátás 10-15%-a antropogén. Lokálisan lehet domináns!

Illékony szerves anyagok (VOC)

Nyelők:

száraz ülepedés

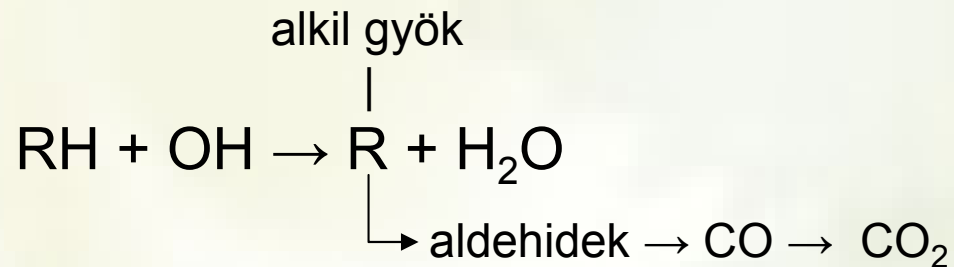
~ 0 Tg /év

nedves ülepedés

~ 0 Tg /év

domináns a kémiai nyelő

- telített szénhidrogének oxidációja:



Illékony szerves anyagok (VOC)

- telítetlen szénhidrogének oxidációja:

bonyolult reakciómechanizmus

+ OH, de + O₃, + NO₃, stb. (bomlás vagy beépül)

nyílt láncúak → aldehidek, szerves savak → CO → CO₂
(száraz és nedves ülepedés)

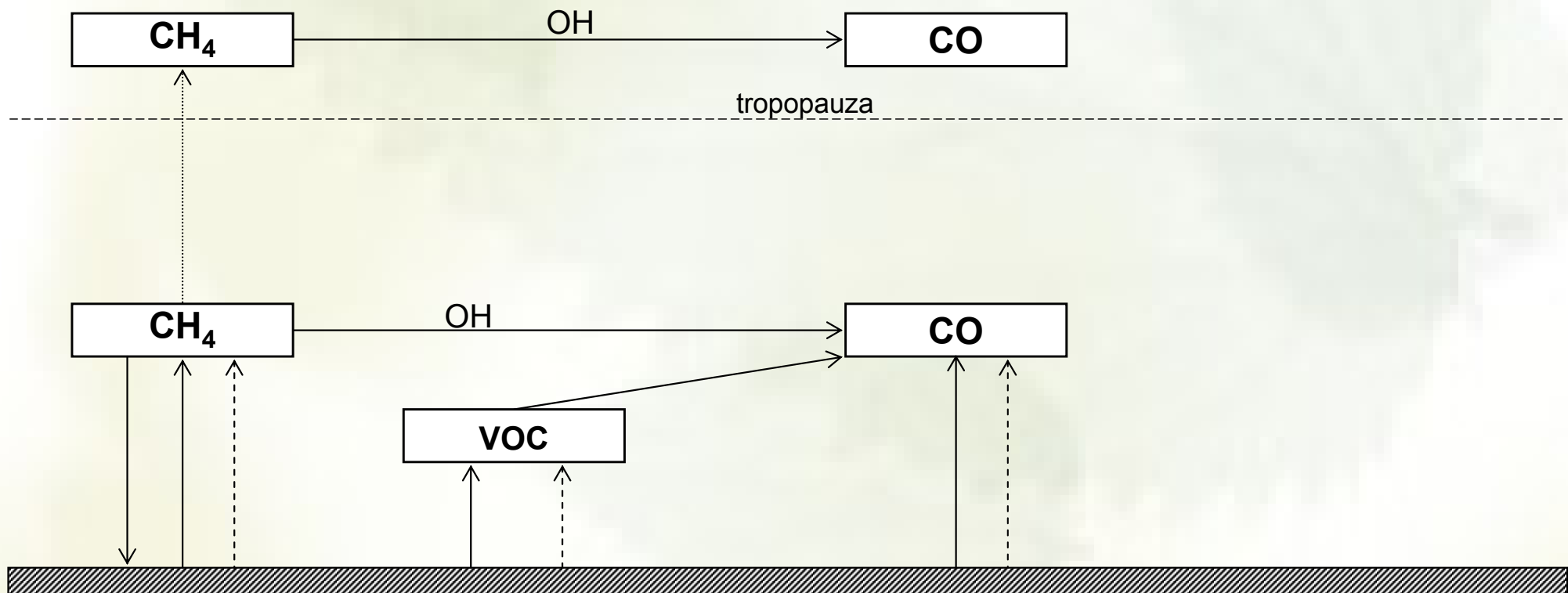
aromások – kevésbé ismert

- ha felszakad a gyűrű → mint a nyíltláncúak
- ha beépül az OH, O₃, NO₃, stb. → bonyolult
kevésbé illékony komponensek képződése,
kondenzáció,
részecskék száraz (esetleg nedves) ülepedése

Szén-monoxid (CO)

- CH₄-ből és VOC-ból oxidációval CO keletkezik

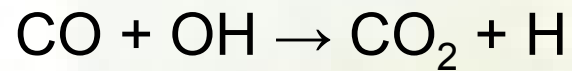
CH ₄ -ből	360-380 Tg C/év	~70% antropogén
VOC-ból	150-400 Tg C/év	~10-15% antropogén
emberi tevékenység (pl. közlekedés, energiaterm., cementgyártás)	250-300 Tg C/év	=100% antropogén
biomassza égés	200-350 Tg C/év	~jelentős rész antropogén
Összesen	~1200 Tg C/év	>50% antropogén



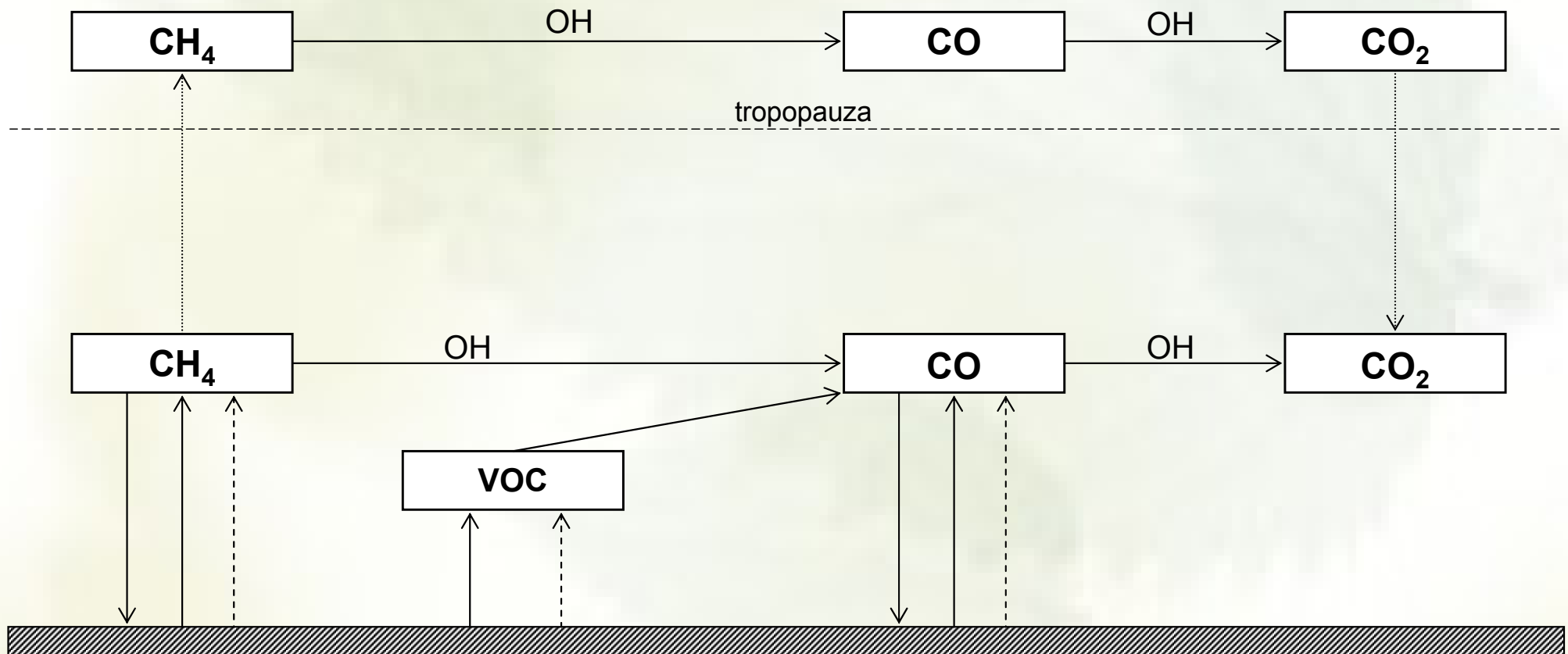
Szén-monoxid (CO)

Nyelők:

száraz ülepedés (talaj μorganizmusok) 100-250 Tg C/év



900-1100 Tg C/év



Szén-monoxid (CO)

CO légköri mennyisége $\sim 200 \text{ Tg C} \rightarrow \tau \approx 2 \text{ hónap}$

Évszakfüggő (OH koncentráció miatt)

Kibocsátás zöme az északi félgömbön

koncentráció: É -- 150-200 ppb

D -- ~ 50 ppb

CO + OH és CH₄ + OH konkurens reakciók

CO \uparrow \Rightarrow OH \downarrow \Rightarrow CH₄ \uparrow

VOC kibocsátás: ~1300 Tg C/év ; VOC → CO: 150-400 Tg/év ?

Kémiai átalakulások (milyen?) → kevésbé illékony komponensek →
→ kondenzálódik → ülepedés (száraz? nedves?)

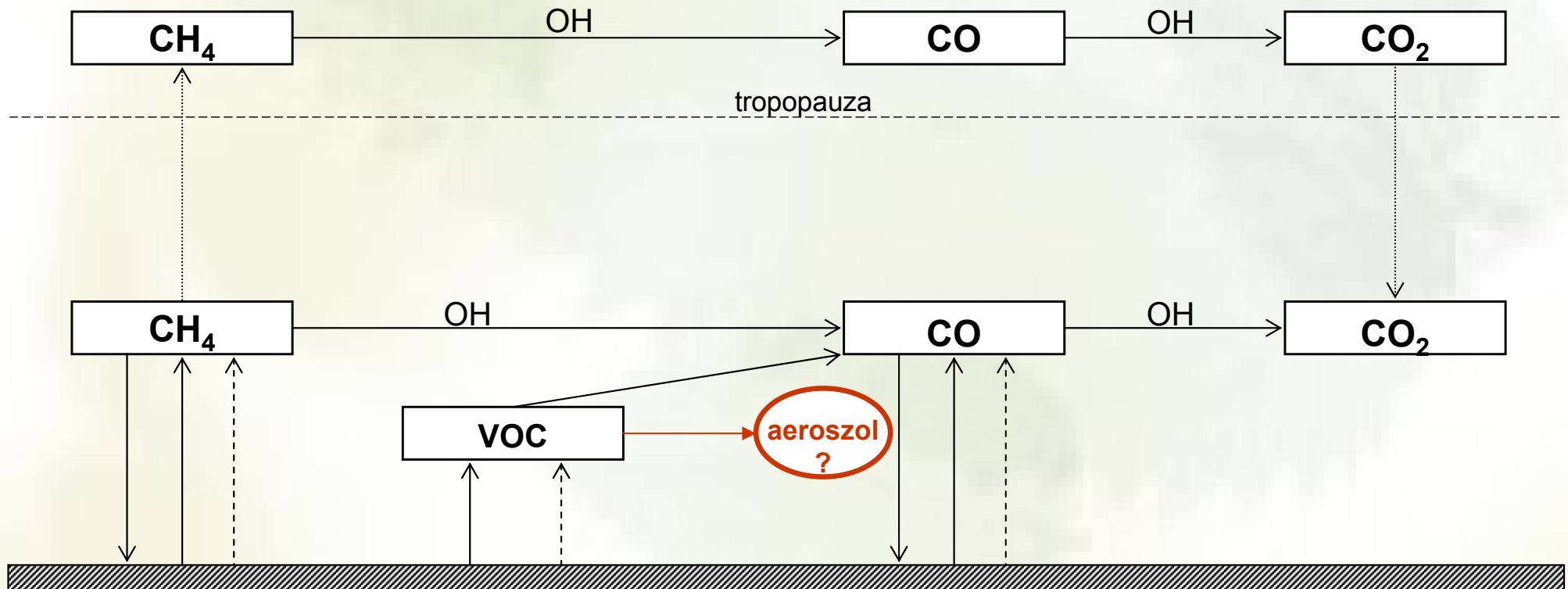
utóbbi 10 év slágertémája – Veszprémi Egyetem

Gelencsér András-Mészáros Ernő-Molnár Ágnes

vízben oldható → kond. mag, csapadékképződés?

légköri optika: elnyelhet, visszaverhet (hűtő-fűtő hatás)

anyagi összetétel részben ismeretlen

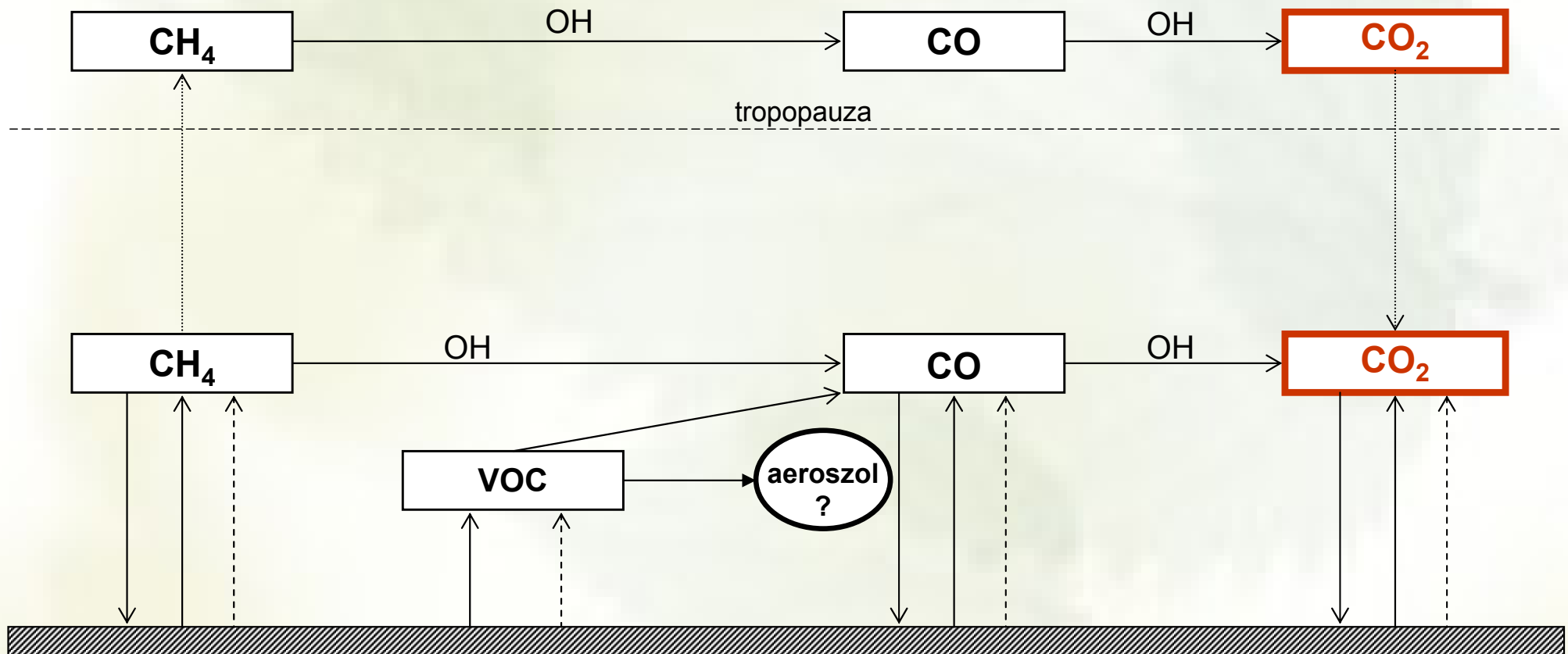


redukált + részlegesen oxidált szerves vegyületekből → CO

(kivéve szerves aeroszol részecskék, CH₄ száraz ülepedés)

keletkezett + kibocsátott CO – CO száraz ülepedés → CO₂ (~1 Pg/év)

CO₂-t növények felveszik – a talajból/növényekből származó redukált szénvegyületek visszatérése a talajba/növényekbe



Mennyiségi értelemben a légköri szénforgalom = CO₂ forgalom

A légkör teljes szénvegyület tartalmának >99,5%-a CO₂ (~750 Pg C)

CO-ból 0,9-1,1 Pg C/év, de:	bioszféra ↔ légkör	~120 Pg C/év
	(fotoszintézis/respiráció)	
	óceán ↔ légkör	~90 Pg C/év
	(beoldódás/felszabadulás)	

Kezdetben CO₂-ben gazdag légkör (~10%)

CO₂ koncentráció fokozatos csökkenése (jelentős ingadozásokkal):

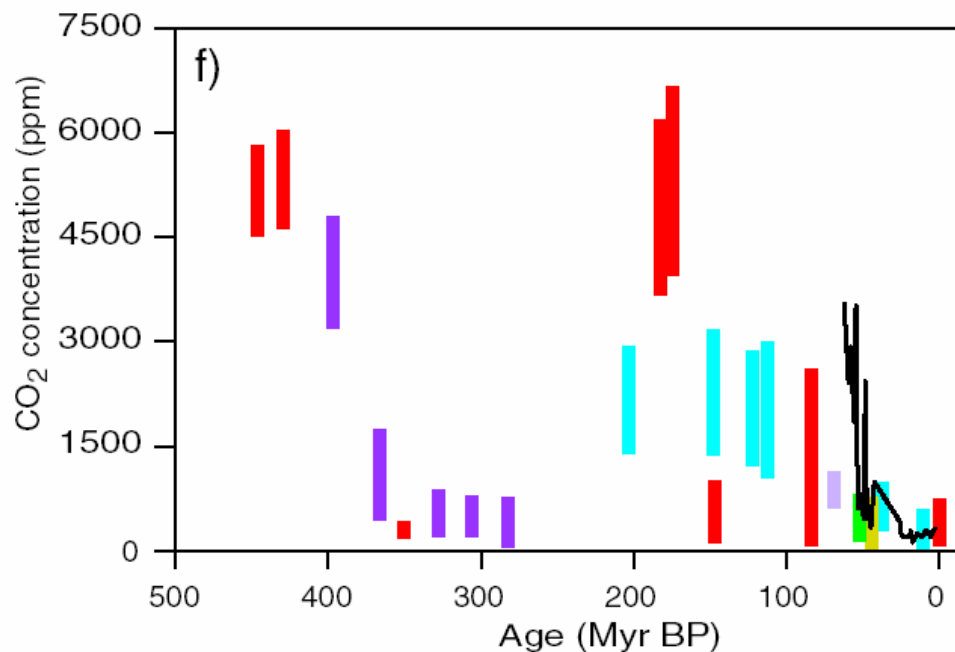
1) geokémiai folyamatok

óceánokba oldódás → kőzetek

szilikáttartalmú magmás kőzetek karbonátosodása (kémiai mállás)

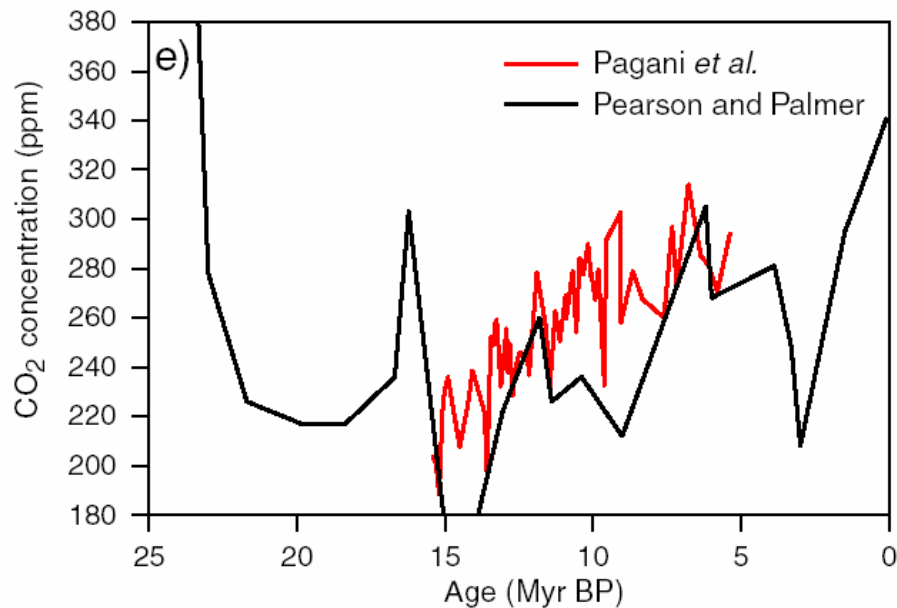
2) biológiai, biogeokémiai folyamatok

→ bioszféra → talaj, üledék (mészvázas élőlények), fosszilis szénképződés
bioszféra maga



4 milliárd éves folyamat

A szárazföldi bioszféra megjelenésekor már csak
~6000 ppm (0,6%)

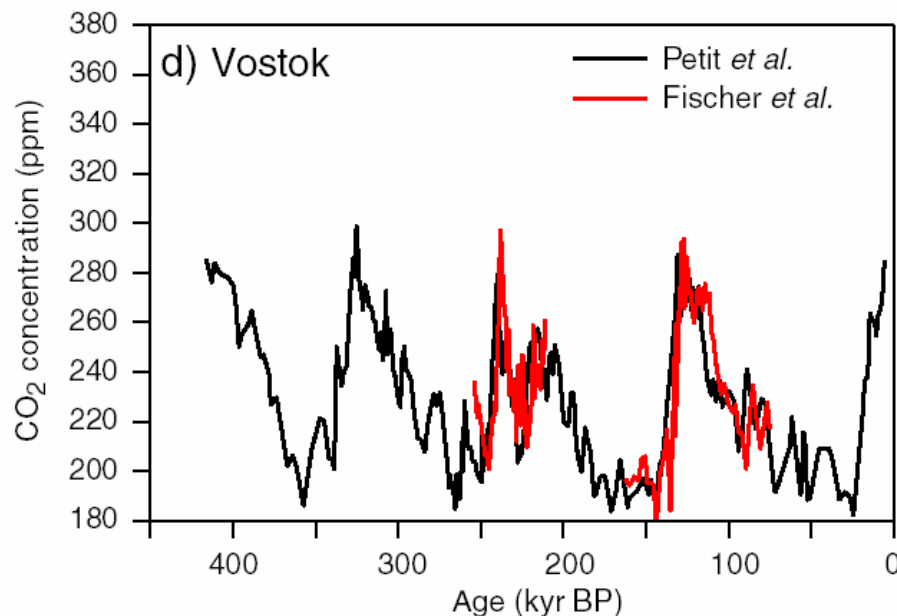


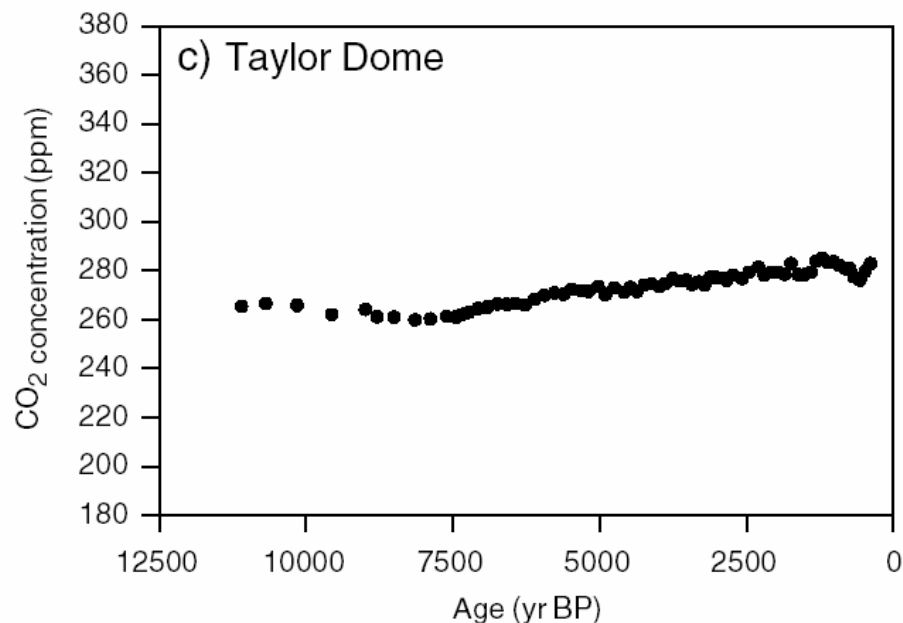
22-23 millió éve 300 ppm alá csökkent a koncentráció

jégkorszakok ~100 ppm-es perturbációt okoztak

CO₂ konc. csökkenés követi a lehülést (nem oka a jégkorszakok kialakulásának, de pozitív visszacsatolásával erősíti)

emelkedés egyidejű a felmelegedéssel





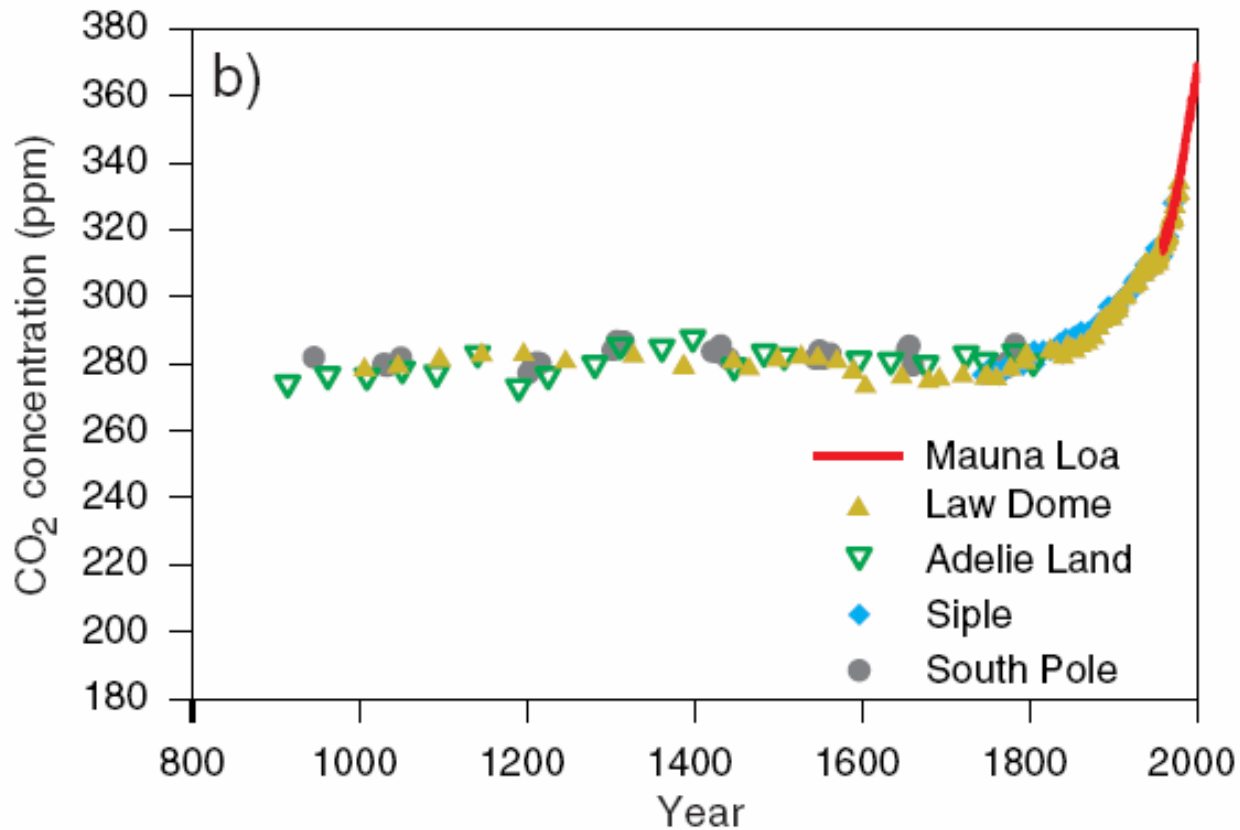
Forrás: IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*.
Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of
the Intergovernmental Panel on Climate Change

a legutolsó jégkorszak lezárulta után (holocén) a CO₂ koncentráció 270-280 ppm körül stabilizálódott

a CO₂ forgalomban résztvevő szférák között kvázi-egyensúly (teljes forgalom >200 Pg C/év, kiegyensúlyozatlanság ~0,01 Pg C/év!)

1859: John Tyndall: a vízgőz és a **szén-dioxid** meghatározó szerepének felismerése a légköri üvegházhatásban

1896: Svante Arrhenius: az eljegesedéseket okozhatta a szén-dioxid koncentráció csökkenése, az üvegházhatás gyengülése; ha a széntüzelésből származó CO₂ a légkörben marad, akkor az ember éghajlatváltozást (felmelegedést) okozhat



Forrás: IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

1700-as évektől (ipari forradalom kezdete) nő a légkör szén-dioxid tartalma (széntüzelés, erdőirtás)

280 ppm → 387 ppm (2009 végén)

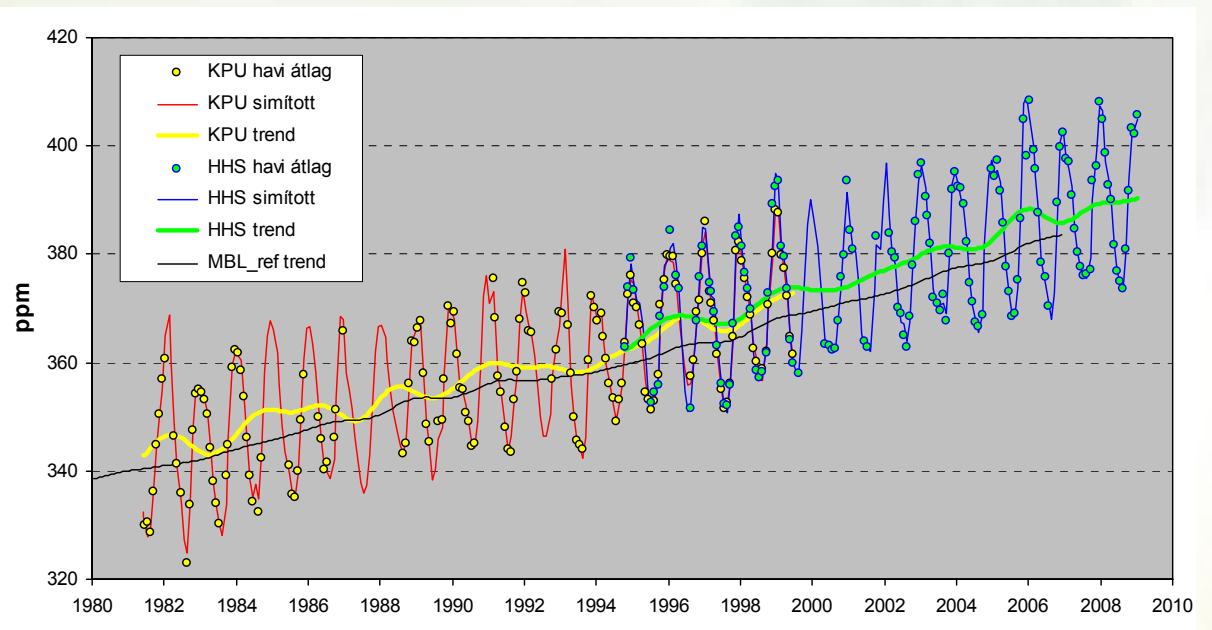
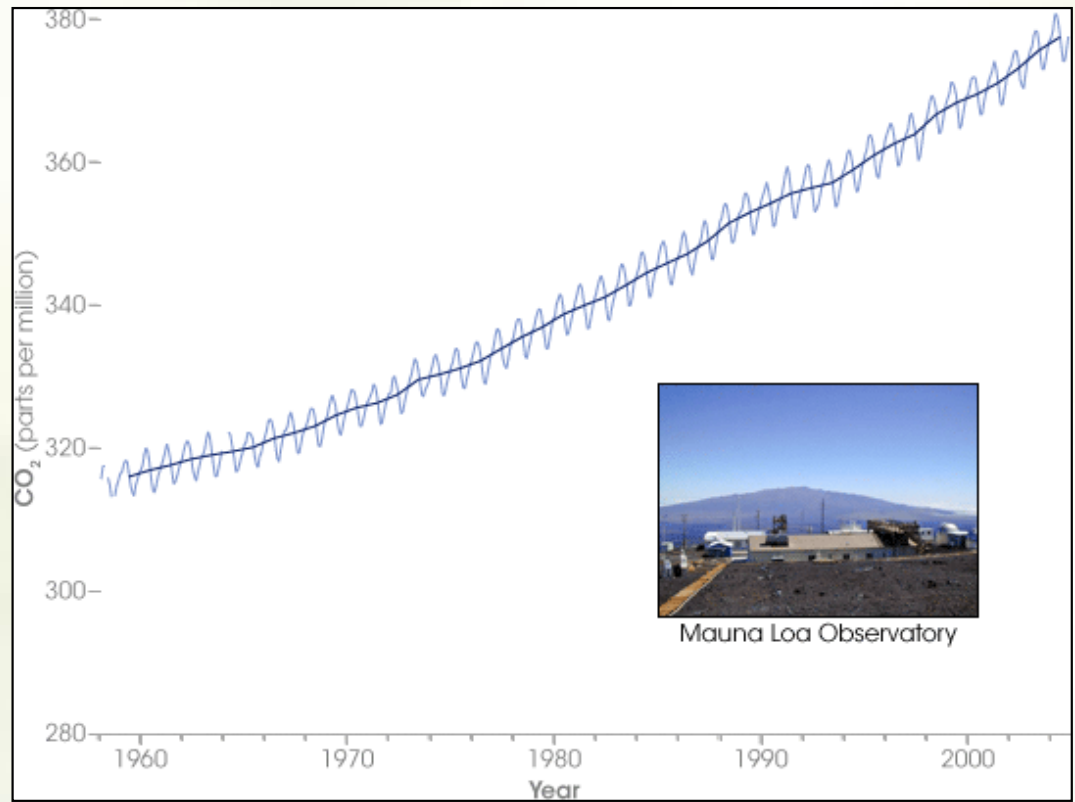
Nagy valószínűséggel 20 millió éve nem volt ilyen magas!

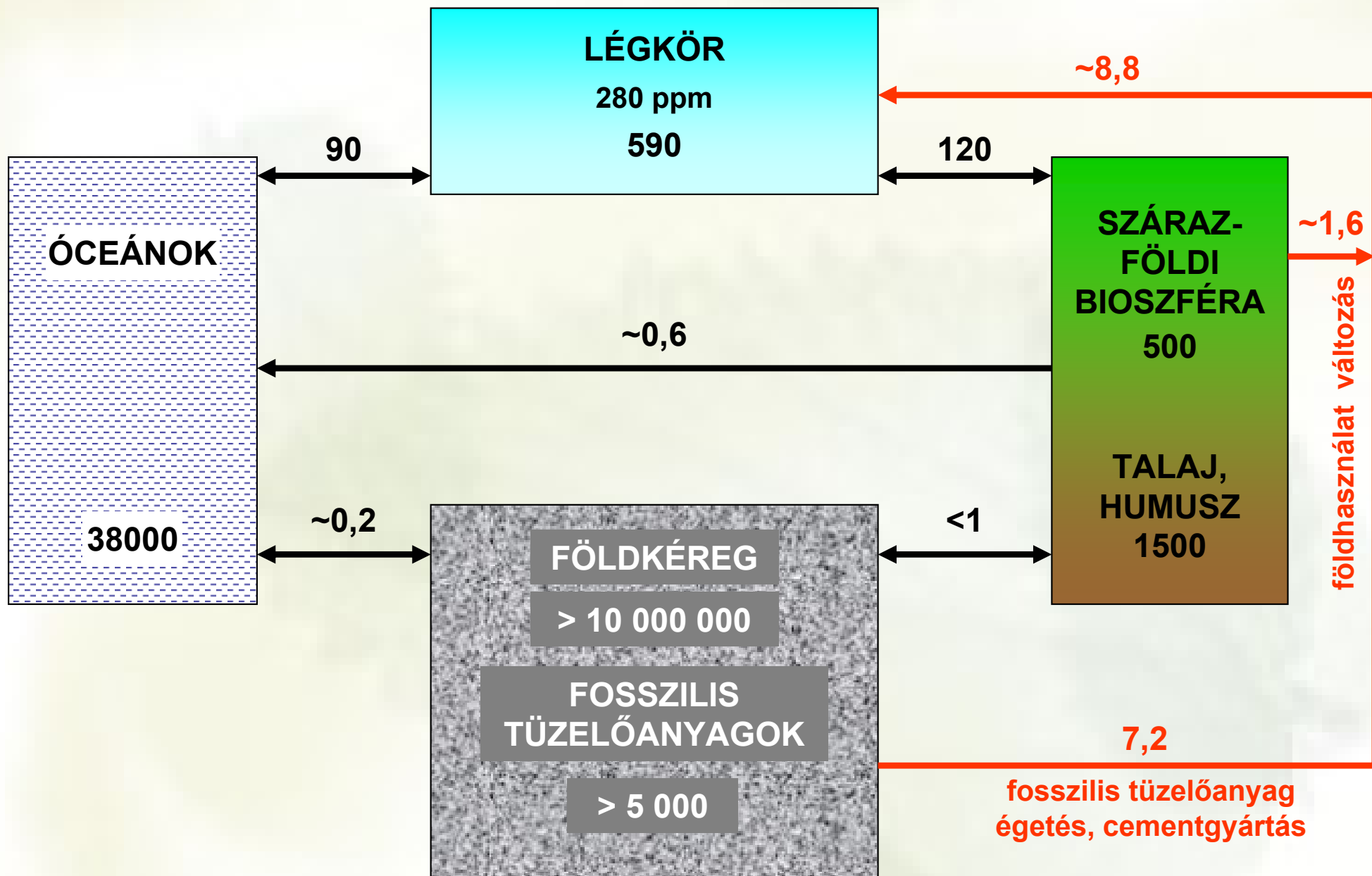


Charles D. Keeling
(1928-2005)

K-pusztá
(1981-1999)

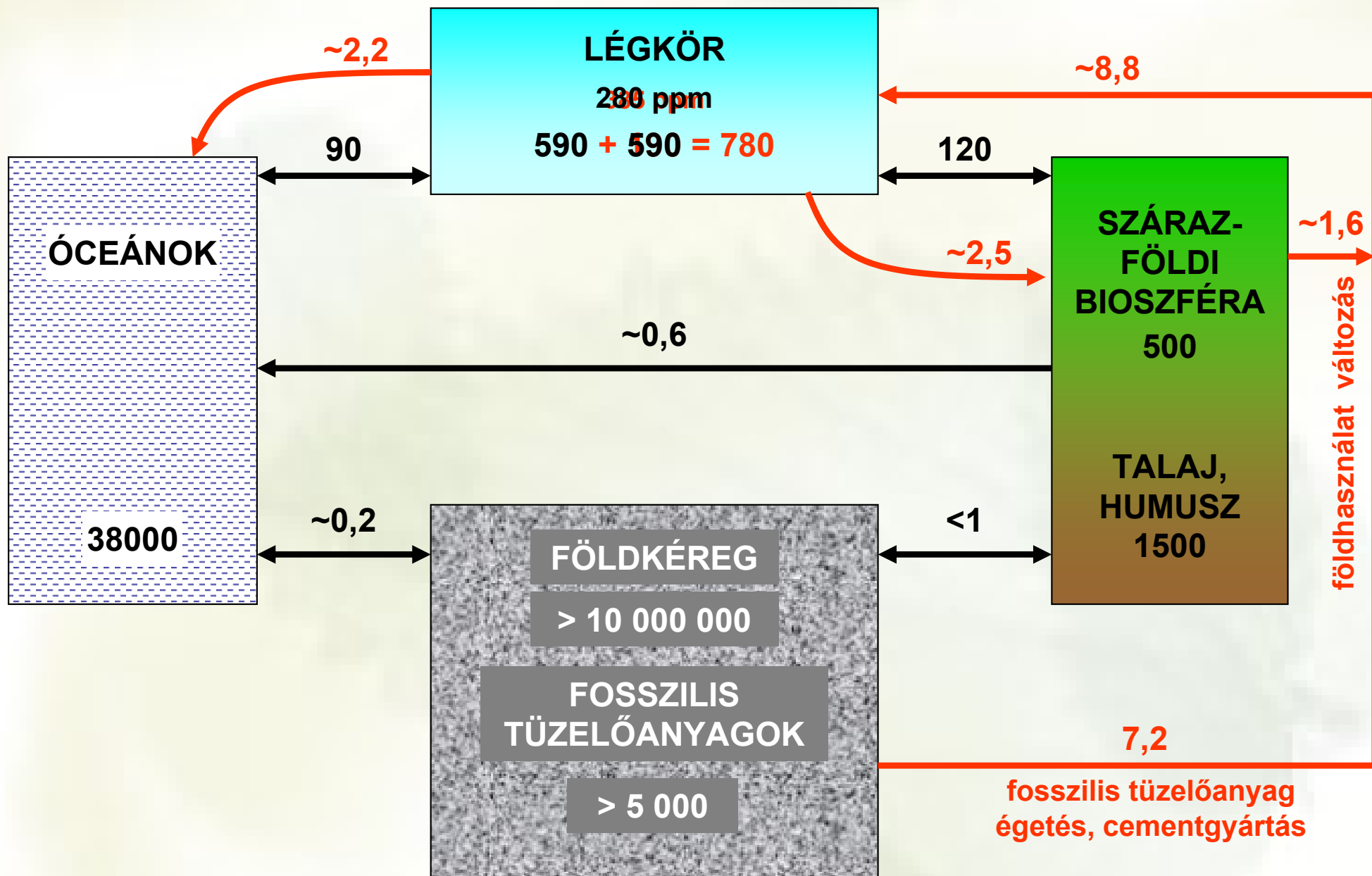
Hegyhátsál
(1994-)





GLOBALIS SZÉNKÖRFORGALOM

A rezervoárok széntartalma milliárd tonna szénben, az anyagáramok milliárd tonna szén/év-ben



GLOBALIS SZÉNKÖRFORGALOM

A rezervoárok széntartalma milliárd tonna szénben, az anyagáramok milliárd tonna szén/év-ben

Korai vizsgálatok: csak óceáni felvétel (beoldódás),
(1960-1990) bioszféra egyensúlyban (fotoszintézis = respiráció)

1980-as évek legvége, 1990-es évek eleje:

inverz modellek

a koncentráció-mezőből következtetnek a források/nyelők elhelyezkedésére



MISSING SINK

(hiányzó nyelő)

kell lennie még szén-dioxid nyelőnek az északi félgömbön

a **MISSING SINK** csak az északi félgömb mérsékelt övi/északi kontinentális vegetáció lehet

A bioszféra (elsősorban az északi félgömb mérsékelt és északi övezetében) nettó szén-dioxid felvevő (többet vesz fel a fotoszintézissel, mint amennyit az auto- és heterotróf respirációval lead)

Igazolja: O_2 mérések, szén-stabilizotóp mérések ($^{13}C/^{12}C$)

Miért viselkedik így, miért változott meg a viselkedése?

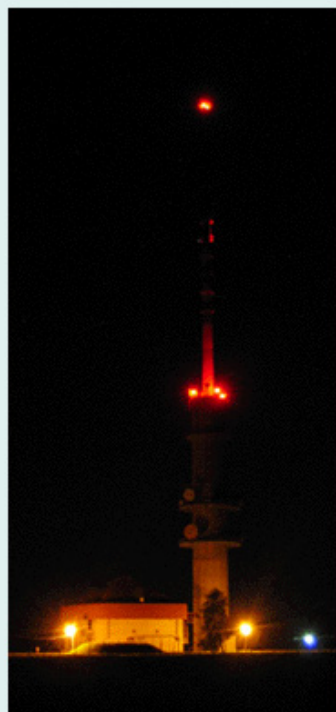
- Éghajlatváltozás (hőmérséklet, csapadék, besugárzás, stb.) okozta növekvő CO_2 felvétel a bioszférában
- A magasabb légköri CO_2 szint által serkentett CO_2 felvétel (szén-dioxid trágyázás)
- A megnövekedett nitrogén bevitel (légszennyezésből, műtrágyázásból, stb.) által serkentett CO_2 felvétel (nitrogén-trágyázás)
- Erdőtelepítések révén megkötött szén-dioxid
- Mezőgazdasági területek felhagyása után visszatelepülő növényzet szén-megkötése
- A mezőgazdasági tevékenység változása révén csökkenő nettó szén-dioxid kibocsátás
- A szavannák és füves területek faanyag-mennyiségének növekedése
- A tűzvédelem javulása (erdőtüzek pusztításának csökkentése) révén csökkenő szén-dioxid felszabadulás
- Szerves anyagok felhalmozódása a feltöltésekben (hulladék-lerakás, építkezések, terület-feltöltések, stb.)
- Szerves anyagok felhalmozódása tartós termékekben (építőanyagok, bútor, stb.)
- A folyók, tavak, tengerek szerves anyagokkal való szennyezése révén növekvő szén lerakódás az üledékben

- A CO₂ körforgalom megértése nélkül nem adható megbízható előrejelzés az éghajlaltváltozásra
- A bioszféra az éghajlat alakulására különösen érzékeny, átmeneti széntároló (benne a szén tartózkodási ideje viszonylag rövid)
- A bioszféra viselkedésének megértéséhez hosszútávú közvetlen bioszféra-légkör szén-dioxid csere mérésekre van szükség, minél nagyobb területi reprezentativitással (pl. magas mérőtornyok, repülőgépek)
- Magyarországon Hegyhátsálon magas tornyos és repülőgépes mérések 1994-től, ill. 2001-től az ELTE és az OMSZ együttműködésében, EU támogatással



Introduction

Welcome to our site!



Our project was initiated as a cooperative U.S.-Hungarian scientific effort to establish a long-term monitoring site in Hungary. The main purpose of the project was to obtain regionally representative carbon dioxide mixing ratio and flux (NEE) data in Hungary.

The TV and radio transmitter tower (owned by Antenna Hungária Corp.) is located in a flat region of [western Hungary](#) (46° 57'21"N, 16°39'08"E), at an altitude of 248 m above sea level, near a small village called [Hegyhátsál](#). The tower is surrounded by agricultural fields (mostly crops and fodder of annually changing types) and forest patches.

Measurements of CO₂ mixing ratio [profiles](#), temperature, humidity and wind profiles began in September 1994. [Flux measurements](#) began in April 1997. The tower is also a NOAA ESRL global air sampling network site (site code: HUN). Air is sampled once per week using glass flasks and the samples are analyzed at [NOAA ESRL Global Monitoring Division](#) for CO₂, CH₄, CO, H₂, N₂O and SF₆, and at the Institute for Arctic and Alpine Research of the University of Colorado for the stable isotopes of C and O in CO₂ (*¹³C and *¹⁸O). In 1998, the instrumentation was extended with a second direct flux measuring system owned by [AIST](#), Japan (the former NIRE). To extend the vertical

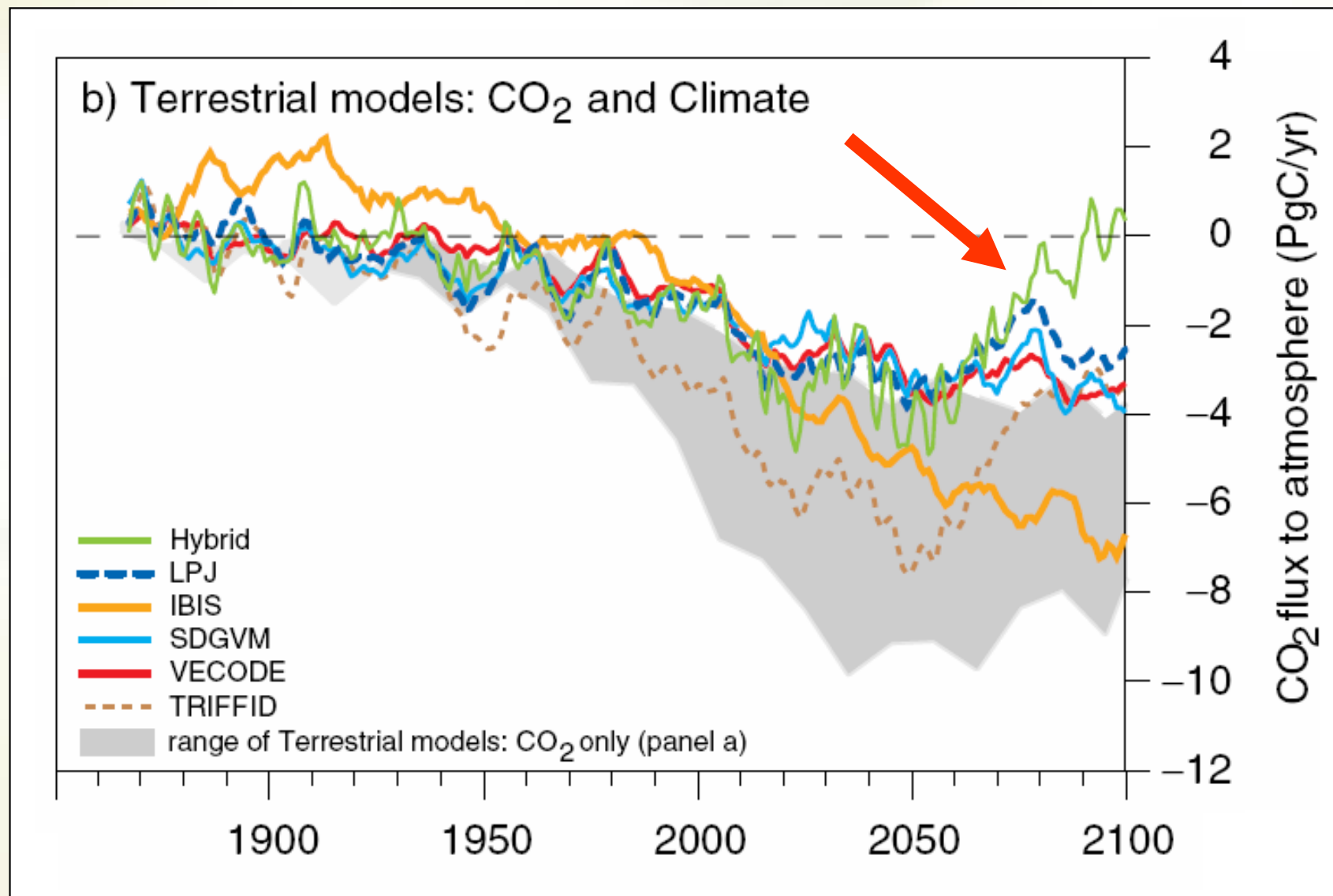
mixing ratio measurements up to the top of the planetary boundary layer occasionally air samples are taken over the tower by means of a small aircraft. Beginning with 2006, frequent *in situ* airborne carbon dioxide mixing ratio profiles will be measured using gas analyzer made by AOS, Inc. Most recently, [gas chromatograph](#)-based measurements has been started to monitor the atmospheric mixing ratio of CH₄, CO, N₂O and SF₆.

The tower belongs to the developing European network of tall tower sites which will monitor all important greenhouse gases to support the Kyoto Protocol and climate research with high precision, spatially representative data.

Please visit the [Measurements](#) section of the website for more details.

NEW! [Near real-time CO₂ mixing ratio data](#) is available at the website.

<http://nimbus.elte.hu/hhs>



A felmelegedéssel a bioszferikus nyelő eltűnhet, a bioszféra nettó forrássá válhat!

A melegedés előrehaladásával az óceánok szén-dioxid felvétele is csökken (oldhatóság, rétegződés stabilizálódása)

KIOTÓI JEGYZŐKÖNYV

(1997 – [2005] – 2008/2012)

KOPPENHÁGAI JEGYZŐKÖNYV??

(2009. december 6-18.)



CANCÚN, MEXIKÓ??

(2010. november 29. – december 10.)

az évszázmilliók alatt megkötött szén-dioxidot évszázadok alatt juttatjuk vissza a légkörbe, és hosszú időre itt marad velünk

új egyensúly csak nagyon sokára alakulhat ki

<http://www.ipcc.ch>

<http://unfccc.int>

Fossil Fuel Emissions: Actual vs. IPCC Scenarios

