

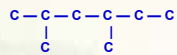
A SZÉNVEGYÜLETEK LÉGKÖRI KÖRFORGALMA

- 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 (CO₂);
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, CS₂, COS, DMS, MSA, stb.)

SZÉNHIIDROGÉNEK (szén és hidrogén atomokból)

- telített – csak egyes kötések

- nyílt láncú (lehetnek benne elágazások)

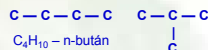


C₈H₁₈ – 2,4-dimetil-hexán

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



[paraffinok]



C₄H₁₀ – n-bután

C₄H₁₀ – i-bután

- gyűrűs vegyületek
(pl. ciklohexán)



SZÉNHYDROGÉNEK (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)

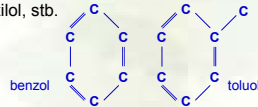
pl. etin (acetilén) (alkinek) C_nH_n



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	70-180
termeszek	~15
óceánok	<10
egyéb (pl. állatok,...)	<10

Összesen ~160 ± 50

Antropogén források

energiatermelés	55-80
(földgáz, szénbányászat, kőolajpar, stb.)	
állattenyésztés	60-85
(kérődzők, trágyakezelés, stb.)	
rizstermelés	20-75
feltöltések	25-55
biomassza égetés	20-40
hulladék kezelés/szennyvíz	10-20
egyéb	~15

Összesen ~290 ± 80

Összesen (IPCC, 2001) 448 Tg C/év

2/3-a antropogén

Metán (CH₄)

A források és nyelők hozama
Tg C/év mértékegységben

Források:

Természetes források

mocsarak	70-180
termeszek	~15
óceánok	<10
egyéb	<10

Antropogén források

energiatermelés	55-80
rizstermelés	20-75
kérődzők	60-85
feltöltések	25-55
biomassza égetés	20-40
hulladék kezelés	10-20
egyéb	~15

Összesen (IPCC, 2001) 448

Nyelők:

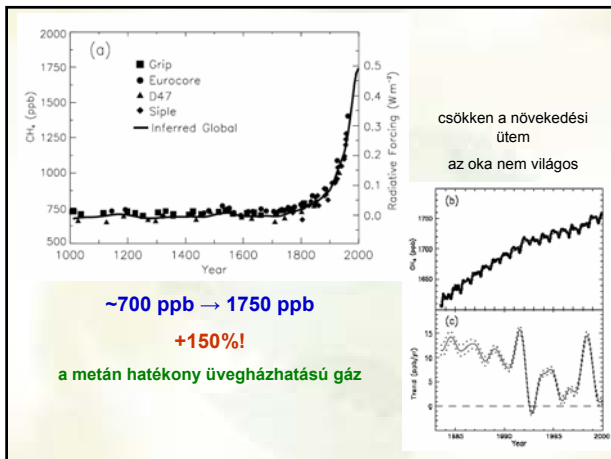
CH ₄ +OH	340-380
talaj (száraz ülepedés)	10-30
sztratoszféra	30-35

Összesen (IPCC, 2001) 432

Források 448

Nyelők - 432

Különbség 16



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 összkonzentrációjuk jóval alacsonyabb a metánénál

$\tau_{VOC} \approx \text{órák, napok}$ $\tau_{VOC} \leq 0,001 \cdot \tau_{CH_4}$
 $M_{VOC} = 2 \cdot F_{CH_4} \cdot 0,001 \cdot \tau_{CH_4} = 0,002 \cdot M_{CH_4}$

Illékony szerves anyagok (VOC)

Természetes források:

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

fűves, 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, petrokémia	~ 13 Tg /év
földgázkitermelés, -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!

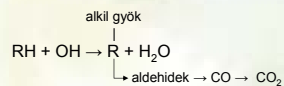
Illékony szerves anyagok (VOC)

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

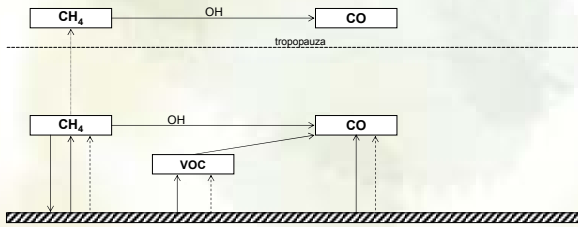
- ha felszakad a gyűrű → mint a nyíltláncúak
- ha beépül az OH, O₃, NO₃, stb. → bonyolult
kevésbé illékony komponensek képződése,
kondenzáció,
részecskék száraz (esetleg nedves) ülepedése

Szén-monoxid (CO)

- CH₄-ből és VOC-ból oxidációval CO keletkezik

CH ₄ -ből	340-380 Tg C/év	~70% antropogén
VOC-nól	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

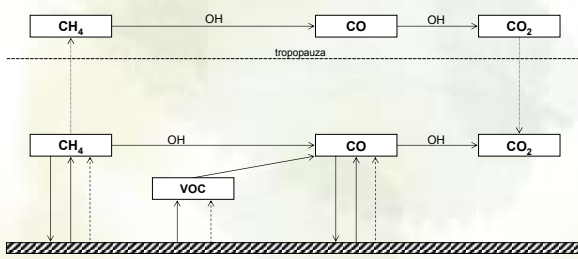
Összesen ~1200 Tg C/év >50% antropogén



Szén-monoxid (CO)

Nyelők:

száraz ülepedés (talaj mikroorganizmusok) 100-250 Tg C/év
 $\text{CO} + \text{OH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}$ 900-1100 Tg C/év



Szén-monoxid (CO)

CO légköri mennyisége ~200 Tg C → $\tau \approx 2$ 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

$\text{CO} \uparrow \Rightarrow \text{OH} \downarrow \Rightarrow \text{CH}_4 \uparrow$

CH₄ kibocsátás közvetlen csökkentése nehéz. CO-n keresztül?

CH₄ növekedési ütem az elmúlt 10-15 évben mérséklődött. Miért?

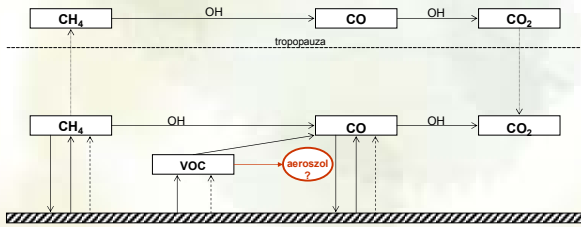
VOC kibocsátás: ~1300 Tg C/év ; VOC → CO: 150-400 Tg/év ?

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

utóbbi 10 év slábertémája – Veszprémi Egyetem
Gelencsér András-Mészáros Ernő-Molnár Ágnes

vízben oldható → kond. mag. csapadékképződés?
légköri optika: elnyelhet, visszaverhet (hűtő-fűtő hatás)

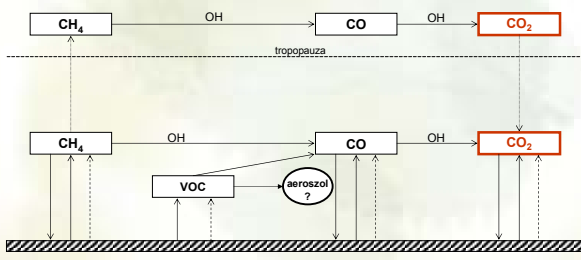
anyagi összetétel részben ismeretlen



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)

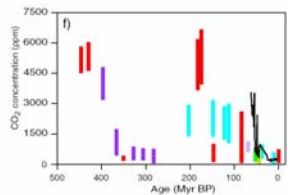
CO-ból 0,9-1,1 Pg C/év, de:

bioszféra ↔ légkör (fotoszintézis/respiráció)	~120 Pg C/év
óceán ↔ légkör (beoldódás/felszabadulás)	~90 Pg C/év

Kezdetben CO₂-ben gazdag légkör (~10%)

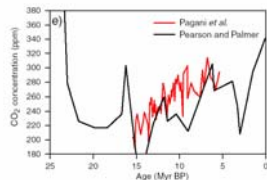
CO₂ koncentráció fokozatos csökkenése (jelentős ingadozásokkal):

- 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

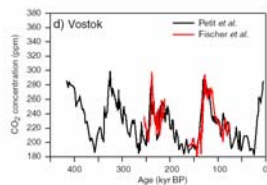


4,5 milliárd éves folyamat
A szárazföldi bioszféra megjelenésekor már csak ~6000 ppm (0,6%)

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



22-23 millió éve 300 ppm alá csökkent a koncentráció

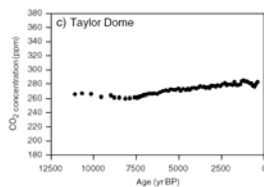


jégkorszakok ~100 ppm-es perturbációt okoztak

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



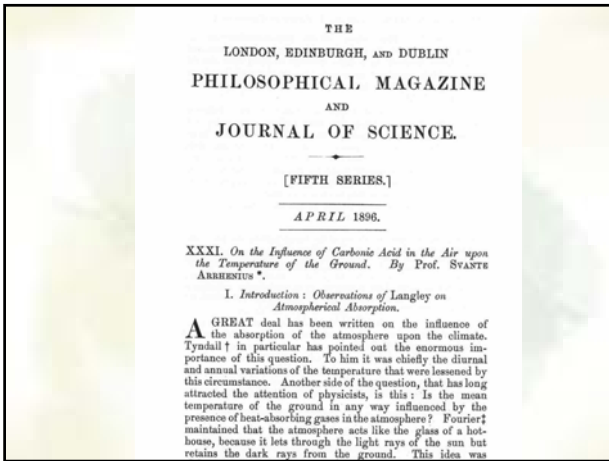
a legutolsó jégkorszak lezárulta után (holocén) a CO₂ koncentráció 270-280 ppm körül stabilizálódott

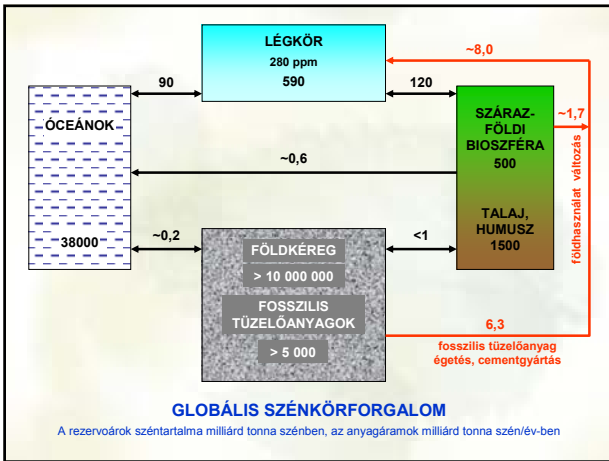
a CO₂ forgalomban résztvevő szférák között kvázi-egyensúly (teljes forgalom >200 Pg C/év, kiegyensúlyozatlanság ~0,01 Pg C/év!)

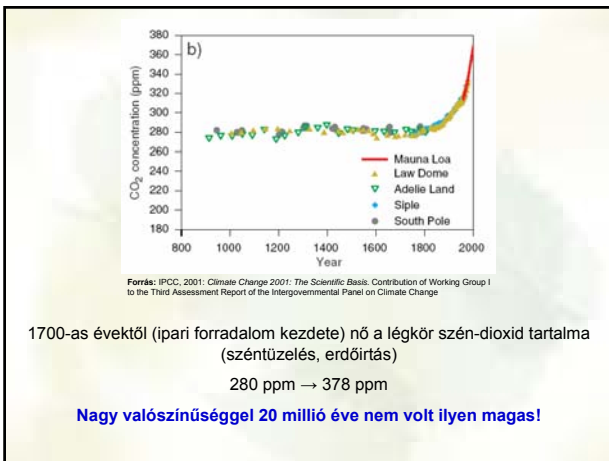
Forrás: IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

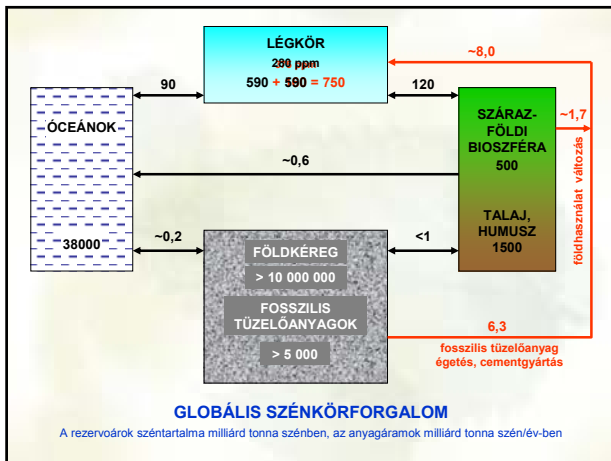
1859: John Tyndall: a vízgőz és a **szén-dioxid** meghatározó szerepének felismerése a légköri üvegházhatásban

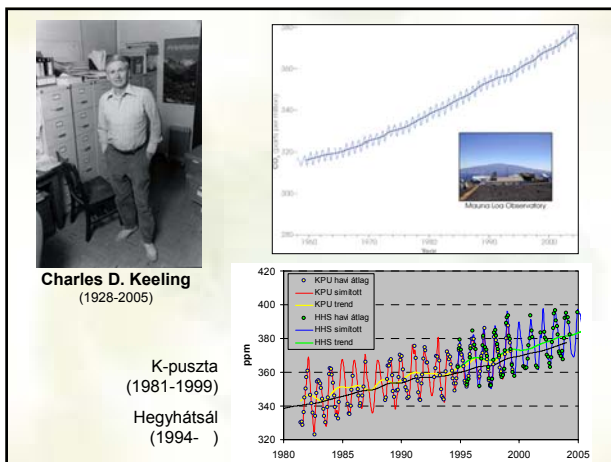
1896: Svante Arrhenius: az eljegesedéseket okozhatta a szén-dioxid koncentráció csökkenése, az üvegházhatás gyengülése; ha a széntüzelésből származó CO₂ a légkörben marad, akkor az ember éghajlatváltozást (felmelegedést) okozhat

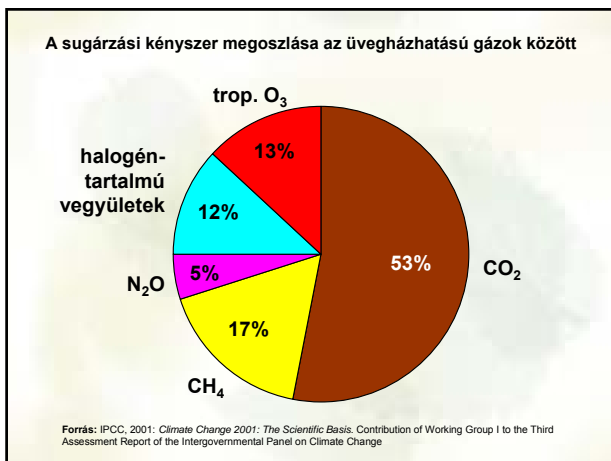


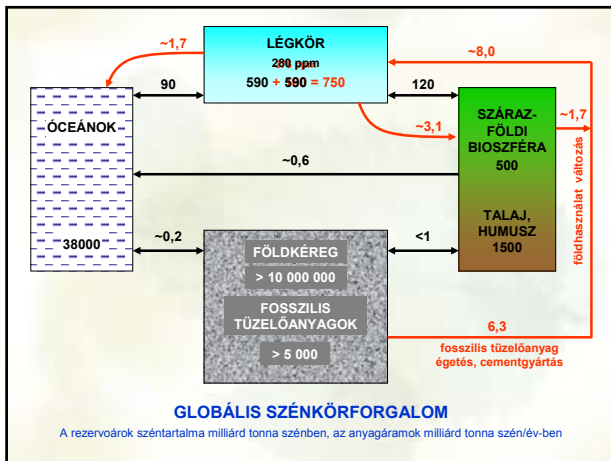












Korai vizsgálatok: csak óceáni felvétel (beoldódás), bioszféra egyensúlyban (fotoszintézis = respiráció) (1960-1990)

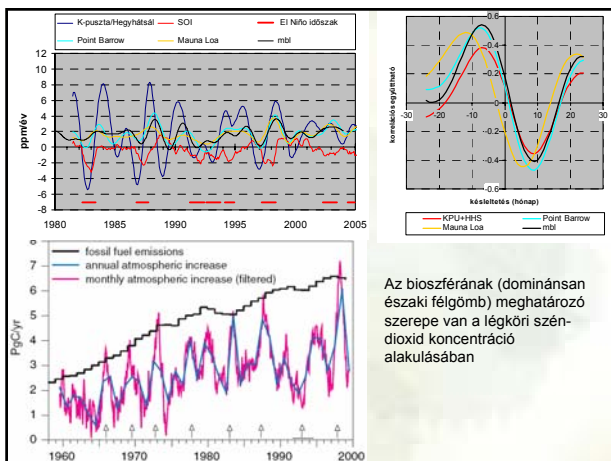
1980-as évek legvége, 1990-es évek eleje:
inverz modellek
 a koncentráció-mezőből következtetnek a források/nyelők elhelyezkedésére

↓

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: O₂ mérések, szén-stabilizotóp mérések (¹³C/¹²C)

Miért viselkedik így, miért változott meg a viselkedése?

- Éghajlatváltozás (hőmérséklet, csapadék, besugárzás, stb.) okozta növekvő CO₂ felvétel a bioszférában
- A magasabb légköri CO₂ szint által serkentett CO₂ felvétel (szén-dioxid trágyázás)
- A megnövekedett nitrogén bevitel (légszennyezésből, műtrágyázásból, stb.) által serkentett CO₂ 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 éghajlatváltozásra
- 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

Welcome to the website of the Hegyhátsál CO₂ measurements!

Introduction

Profiles

Eddy-covariance

Panorama

Construction

Instruments

Photos

Links

Sponsors

Introduction

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 is to obtain regionally representative carbon dioxide mixing ratio and flux (or NEE) data in Hungary.

The TV and radio transmitter tower (owned by Antenna Hungaria Corp.) is located in a flat region of western Hungary (46°57'21"N, 16°39'58"E), at an altitude of 248 m above sea level. The tower is surrounded by agricultural fields (mostly crops and hedges of seasonally changing types) and forest patches. The distribution of vegetation types (62% arable land, 30% forest and woodland, 10% other) within 10 km of the tower is not greatly different from the average for the Western Hungarian Landscapes Unit or the whole country (85% of the area is cultivated, 77% of which is agricultural and 23% is forest).

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/CMDL global air sampling network site (site code: HUN). Air is sampled once per week using glass flasks and the samples are analyzed at NOAA/CMDL, Denver, CO. Measurements for CO₂, CH₄, CO, H₂O 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 1999, the instrumentation was extended with a second direct flux measuring system owned by NRE, Japan.

For further information click on the links below


[Profile measurements](#)

[Eddy-covariance measurements](#)

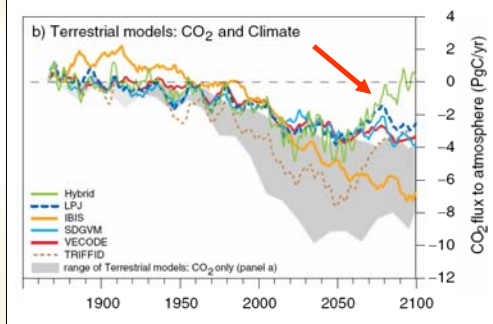
[360 degree panorama of the region \(Java is needed\)](#)

[Construction of the site](#)

[Instrumentation](#)



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



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

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

KIOTÓI JEGYZŐKÖNYV

Politikailag kényes: a bioszféra a legtöbb szén-dioxidot kibocsátó fejlett országok területén vonja ki a legtöbb szén-dioxidot a légkörből

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>
