

Atomenergia és fenntartható fejlődés

(BME TE809008)

Tárgy weblap:

<https://oktatok.reak.bme.hu/tantargyak/atomenergia-es-fenntarthato-fejlodes/>

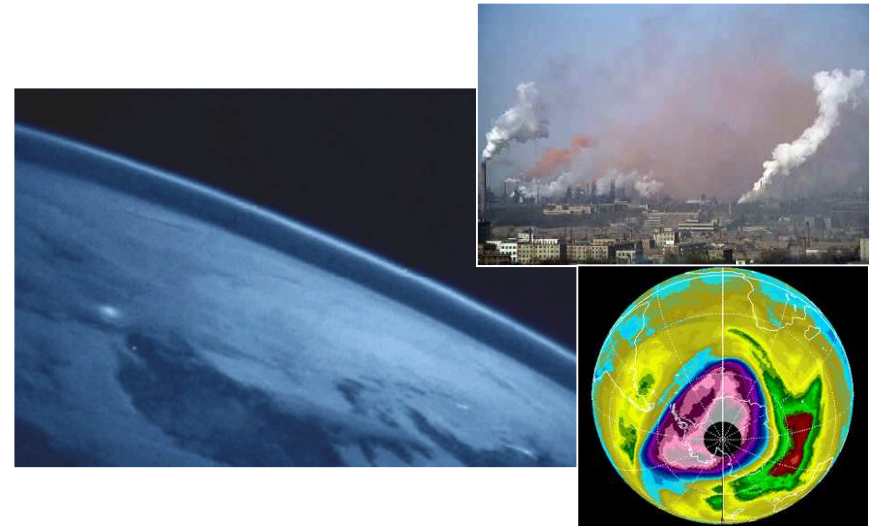
6. előadás

Globális felmelegedés és klímavédelem

2019/2020. tanév őszi félév

Prof. Dr. Aszódi Attila
BME NTI

Globális felmelegedés és klímavédelem



Globális felmelegedés és klímavédelem

- Az emberi tevékenység (ipar, közlekedés, energetika stb.) kihat a légköri folyamatokra.
- Globális következmények:
 - ózonréteg elvékonyodása („ózonlyuk”)
 - globális éghajlatváltozás (felmelegedés)

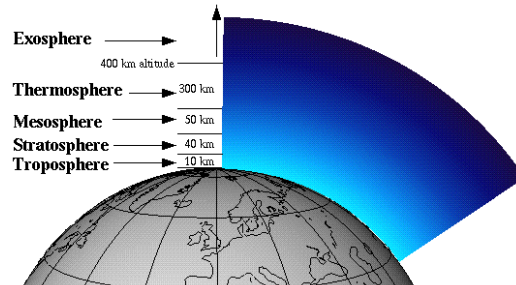


Ózonlyuk, globális felmelegedés

Jelenség:	Ózonlyuk	Globális felmelegedés
Hatása:	Bőrrák gyakorisága nő	Radikális éghajlati változások
Ok:	Hűtőgépekben, légkondicionálókban, hajtógázként alkalmazott klórozott fluor-karbonok (CFC)	Ipar, közlekedés, mezőgazdaság, energetika által kibocsátott „üvegházgázok”
Intézkedés:	1987: Montreali Egyezmény	1997: Kiotói Egyezmény
Eredmény:	A légköri CFC-koncentráció növekedése megállt, teljes regenerálódása 2050-re várható	?????

Az ózon (O₃)

- A troposzférában az ózon ártalmas légszennyező, szerepe van a szmog kialakulásában
- A sztratoszférában található ózonréteg azonban létfontosságú, mivel a Nap ultraibolya sugárzásának legfőbb elnyelője
- Az ózonréteg vastagsága legnagyobb a sarkokon, legkisebb az Egyenlítőnél



Az ózon (O₃)

- Keletkezése: az UV-sugárzás hatására széteső O₂-molekulákból

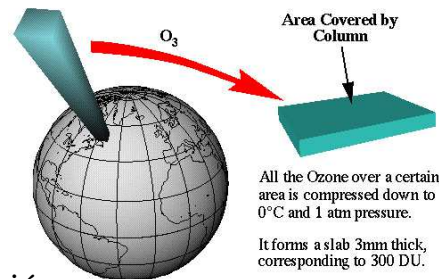
$$\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{O} + \text{O}$$

$$\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$$
- Bomlása: szintén az UV-sugárzás hatására

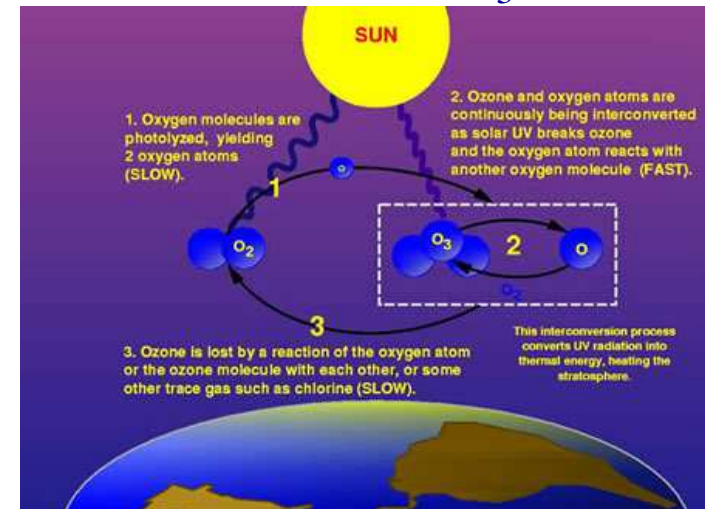
$$\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$$
- Normális esetben a két folyamat (*Chapman-reakciók*) egyensúlyban van, az ózon koncentrációja állandó (kb. 300 DU - Dobson Unit) a sztratoszférában.

Az ózonréteg elvékonyodása

- Dobson Unit: az ózonkoncentráció mértékegysége
- Jelentése:
 - adott alapterületű levegőoszlopban található összes ózont STP állapotra (0°C hőmérséklet, 1 bar nyomás) hozzuk
 - az ózont egy rétegbe „összenyomjuk”
 - az ilyen ózonréteg 0,01 mm-es vastagsága jelent 1 DU-nyi ózonkoncentrációt
 - az átlagos ózonkoncentráció a sztratoszférában 300-500 DU



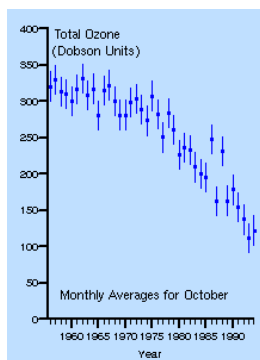
Az ózon (O₃)



Az ózonréteg keletkezése és bomlása a légkörben

Az ózonréteg elvékonyodása

- 1985: brit tudósok* egy antarktisz kutatóállomáson kimutatják, hogy a légkör ózon-koncentrációja a korábbi 300 DU-ról 200 DU-ra csökkent. (Ez olyan drámai csökkenés, hogy a mérést hibásnak hiszik, és új műszerekkel megismétlik.)
- 1994: a légköri ózon-koncentráció az Antarktisz felett már csak 50%-a a 60-as években mértnek



Ózonkoncentráció az Antarktisz felett

*Farman, J. C., B. G. Gardiner, and J. D. Shanklin. 1985. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. *Nature* 315: 207-10. <http://www.ciesin.org/docs/011-430/011-430.html>

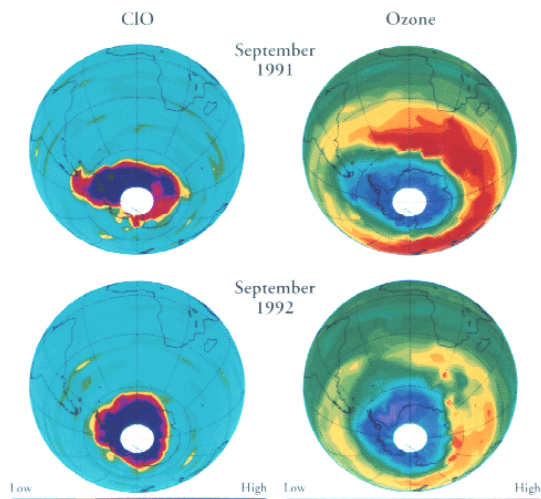
Az ózonréteg elvékonyodása

- A főbűnös: a CFC-k (klórozott fluor-karbonok).
- A CFC-k feljutnak a magas sztratoszférába, ahol az UV-sugárzás hatására elbomlanak. Az így keletkező szabad klór reagál az ózonnal:

$$\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$$

$$\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$$
- A végeredmény: egy lerombolt ózon-molekula, és egy klóratom, ami újra szabad, újra reagálhat.
- Hasonló folyamat játszódik le brómvegyületeknél.

Az ózonréteg elvékonyodása

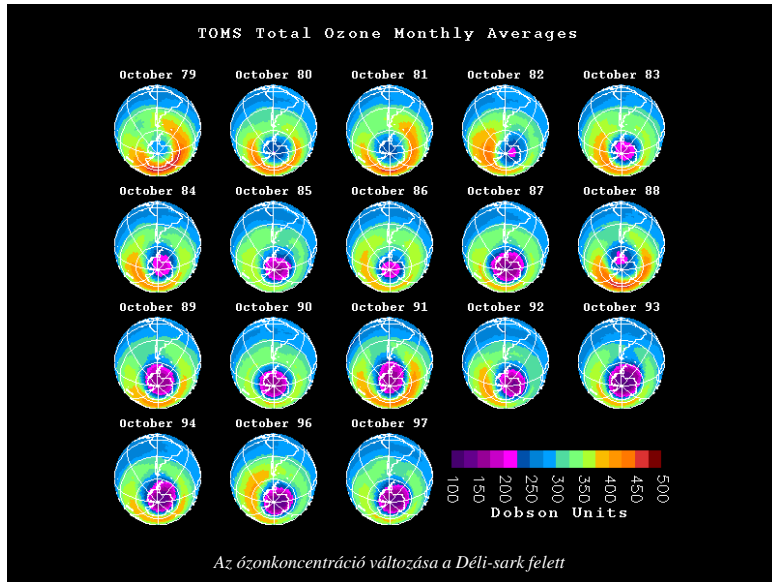


A CIO és az ózon koncentrációja az Antarktisz felett

Az ózonréteg elvékonyodása

- A legtöbb CFC-t ugyan a fejlett országok bocsátották ki, de a globális légköri folyamatok a sarkvidékekre szállították azokat. Másrészt az ózonromboló reakciók alacsonyabb hőmérsékleten könnyebben játszódnak le, ezért alakult ki először az Antarktiszon ózonlyuk.
- A kilencvenes években az Északi-sarkon, sőt, már lakott területek fölött is észleltek ózonréteg-vékonyodást.

Az ózonréteg elvékonyodása



A Montreali Egyezmény

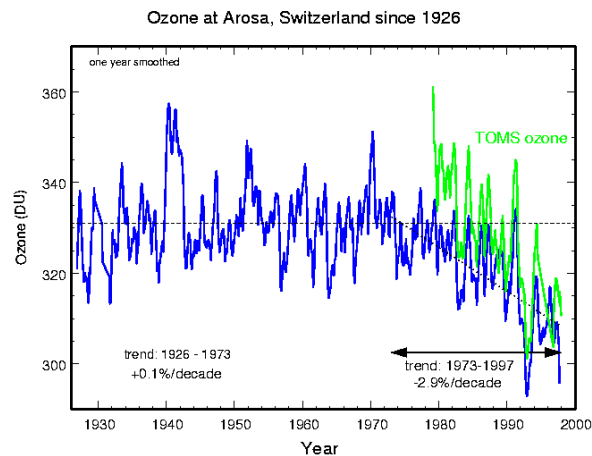
- 1987, Montreal: nemzetközi egyezmény az ózonréteg védelmében: 1998-ra felére kell csökkenteni a CFC-k előállítását a világon.
- 1992: az ózonlyuk már sűrűn lakott területeket is veszélyeztet az északi féltekén



1992, koppenhágai módosítás

Az ózonréteg elvékonyodása

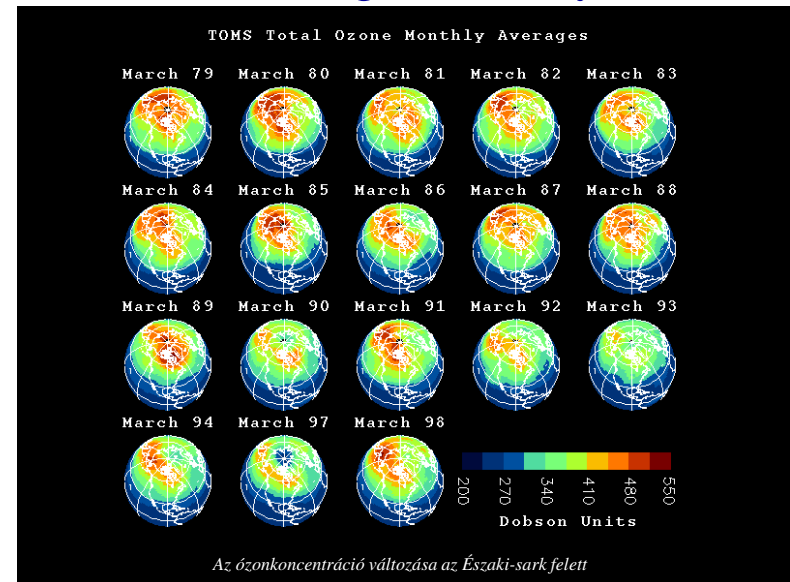
McPeters May 1, 1998



Az ózonkoncentráció változása Svájcban és a

TOMS – Total Ozone Mapping Spectrometer, NASA mérőrendszer szerint

Az ózonréteg elvékonyodása



A Montreali Egyezmény

- 1992, kopenhágai módosítás: a CFC-k (továbbá a metil-kloroform, és a szén-tetraklorid) gyártásának teljes leállítása 1995-ig a fejlett országokban.
- Az eddigi évenkénti 1,2 millió tonna CFC-gyártás gyakorlatilag megszűnt.
- Mára minden ország aláírta a Montreali Egyezményt
http://ozone.unep.org/new_site/en/treaty_ratification_status.php

A Montreali Egyezmény

- **Eredmény:**
 - a sztratoszféra szabad klór koncentrációjának növekedése teljesen megállt, a következő években lassú csökkenés várható

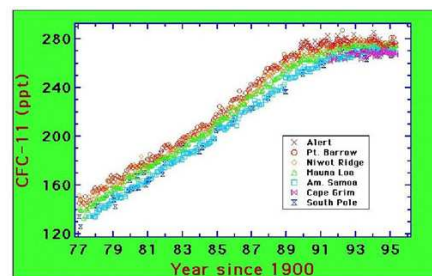
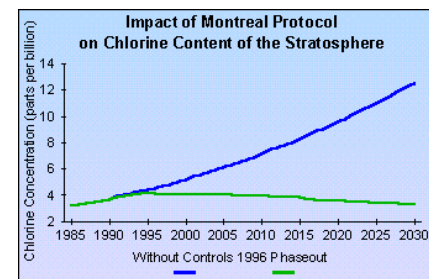


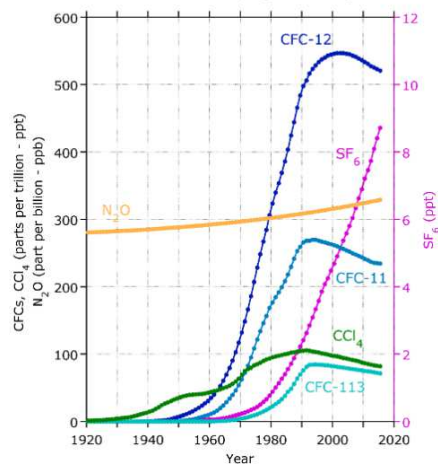
Figure 7a. Measurements of the atmospheric concentrations of CFCs



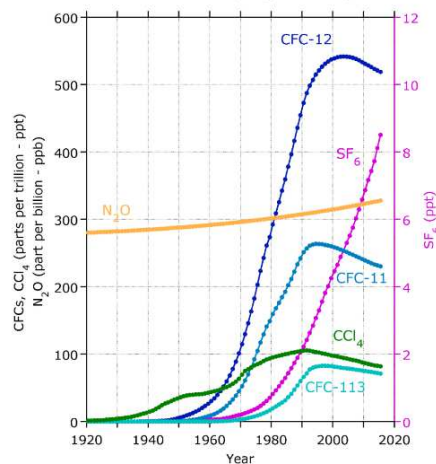
A Montreali Egyezmény rövid- és hosszú távú hatása a CFC-koncentrációkra

A Montreali Egyezmény

Northern Hemisphere Atmospheric Concentrations:
CFCs, CCl₄, N₂O and SF₆



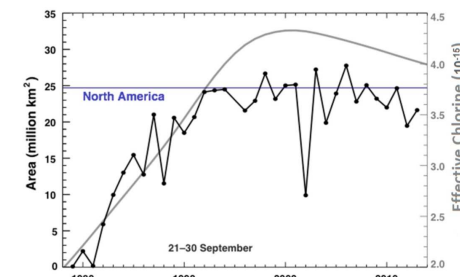
Southern Hemisphere Atmospheric Concentrations:
CFCs, CCl₄, N₂O and SF₆



ORNL

A Montreali Egyezmény

- **Eredmény:**
 - az ózonlyuk növekedése lelassult, teljes regenerációját 2050-re jósolja a WMO (az ENSZ meteorológiai szervezete)



Az ózonlyuk nagyságának változása
<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>

Megfelelő szabályozással ilyen, globális problémákat is meg lehet oldani!

A CFC-11 koncentráció növekedése

- A kutatók 2018 májusában a CFC-11 atmoszférikus koncentrációjának növekedését jelezték
- A gyanú szerint a betiltott gáz forrása Távol-Keleten található
- 2018 júliusában vált nyilvánvalóvá, hogy Kínában legalább 18 vállalat használja nagyüzemben a gázt poliuretán szigetelőhab előállításához
- A vállalatok által előállított gázmennyiség nagyjából megegyezik az észlelt konc. növekedéssel

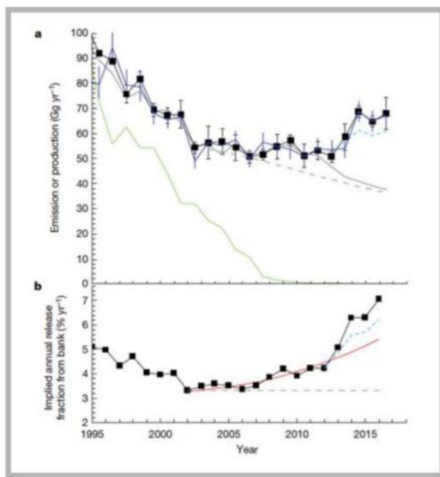


Figure from Montzka et al. showing CFC-11 emissions detected in atmosphere vs. reported production of CFC-11 (green line)

<https://eia-international.org/>

Globális felmelegedés

A tények:

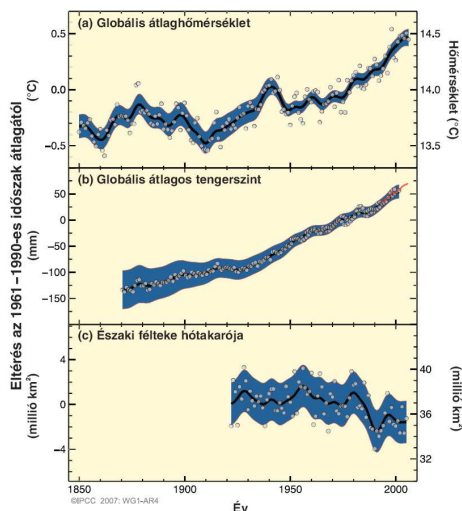
- A Föld átlagos felszíni hőmérséklete 0,74 °C-kal nőtt a XX. század kezdetétől
- 1861 (a műszeres megfigyelés kezdete) óta a 2000-es volt a legmelegebb évtized, az elmúlt telek rendre melegrekordokat döntöttek
- 1950 és 1993 között a nappali átlaghőmérséklet 0,1, az éjszakai 0,2 °C-kal nőtt.
- Az 50-es évek vége óta a globális átlaghőmérséklet évtizedenként 0,1 °C-kal nőtt a légkör alsó 8 km-ében

Globális felmelegedés

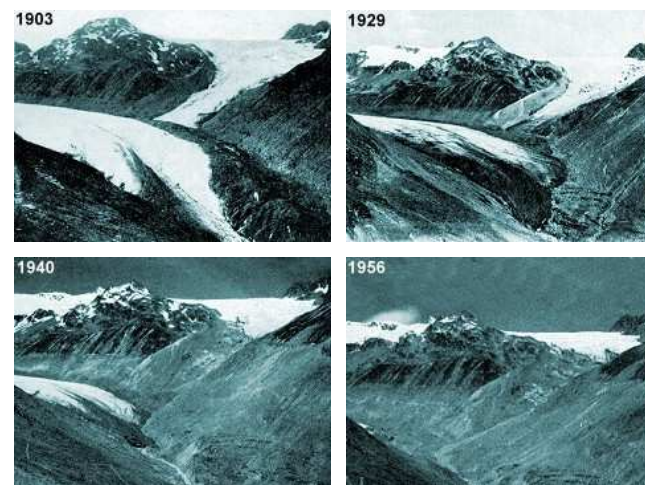
A tények:

- 1995-2006 között tizenegy évben a globális átlaghőmérséklet magasabb volt, mint az 1995 előtti évek bármelyikének
- A melegedést már a troposzféra alsó és középső rétegeiben is kimutatták
- A melegedés az óceánok felső legalább 3 km-es rétegében kimutatható
- a 20. században kb. 17 cm-rel emelkedett a tengerszint
- Az észak-atlanti ciklontevékenység erőssége 1970-től megerősödött (a tenger hőmérséklettel összhangban), gyakorisága eddig nem változott.

A hőmérséklet, a tengerszint és az északi féltéke hótakarójának változásai



Globális felmelegedés



Visszahúzódó gleccser az Alpokban

Globális felmelegedés

A tények:

- A hótakaró átlagos kiterjedése a 60-as évek vége óta 10%-kal csökkent, az északi félteke tavai és folyói pedig átlagosan két héttel rövidebb időre fagynak be.



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

Mesterséges eredetű globális felmelegedés vagy természetes változás?

Globális felmelegedés

A tények - 2012:

- Az adatok 1850-ben kezdődött rögzítése óta a 2001-2010-es évtized volt a legmelegebb
 - legmelegebb év: 2010
 - legmagasabb trópusi ciklon aktivitás
 - az 1961-1990 közötti 14 °C-os átlaghoz képest a felszíni hőmérséklet 0,46 °C-kal volt magasabb

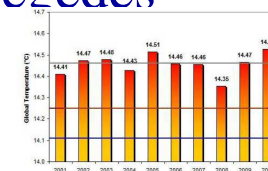


Figure 2: Average global annual combined land and sea surface temperature during 2001-2010. The horizontal lines indicate the average over the last three decades

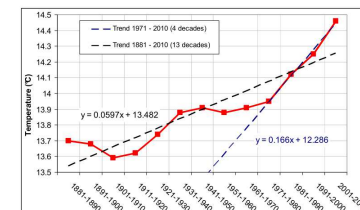


Figure 3: Temperature trends

Mesterséges eredetű globális felmelegedés vagy természetes változás?

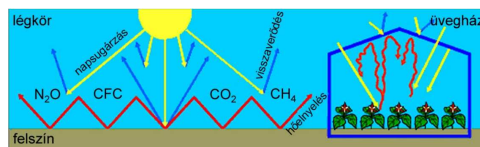
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

Az üvegházhatás

- A Nap szabad szemmel is látható sugárzása csaknem akadálytalanul éri el a Föld felszínét. A felmelegedő felszín ezt infravörös sugárzás formájában bocsátja vissza a világűr felé.
- Ez az a hullámhossztartomány (4-20 μm), amelyben egyes légköri nyomgázok, például a vízgőz (H₂O), a szén-dioxid (CO₂), a metán (CH₄), a dinitrogén-oxid (N₂O), a halogénezett szénhidrogének (CFC), vagy az ózon (O₃) jelentős sugárzáselnyelő képességgel rendelkeznek.



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

Az üvegházhatás

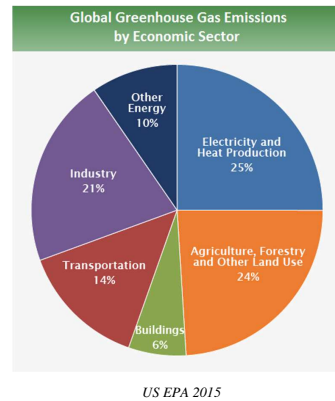
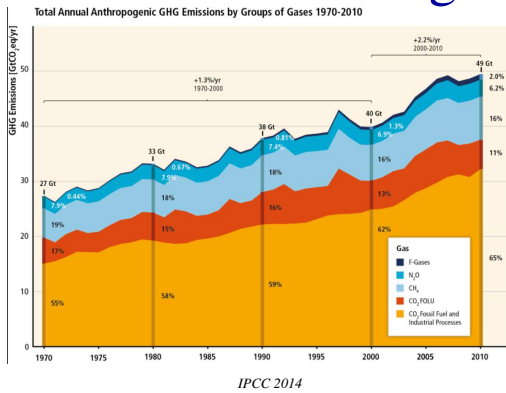
Megnevezés	Antropogén forrás	Hatása a légkörben
Nitrogén-oxidok	NO _x közlekedés, repülőgépek, műtrágyagyártás	salétromsav képződés, savas esők, ózontörtés, szmogkeletkezés
Kén-dioxid	SO ₂ fosszilis tüzelőanyagok égetése, közlekedés	kénsav képződés, savas esők
Szén-monoxid	CO fosszilis tüzelőanyagok égetése, közlekedés	egészségártalom, üvegházhatás
Szén-dioxid	CO ₂ fosszilis tüzelőanyagok égetése, közlekedés	üvegházhatás
Metán	CH ₄ rizstermesztés, szarvasmarha- és juhtenyésztés	üvegházhatás, oxigén szabályozás
Halogénezett szénhidrogének, freonok	CFC hűtőberendezések, szórópalackok	ózontörtés, üvegházhatás
Ólom	Pb gépjárművek kipufogógázai	egészségártalom
Aeroszol	ipar, közlekedés	a légkör sugárzásáteresztő képességének csökkentése (lehűlés)
Ózon a talajközeli levegőben	O ₃ közlekedés, ipar	egészségártalom, növények károsodása, üvegházhatás

Az emberi tevékenység által a légkörbe juttatott anyagok

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

Az üvegházhatás



A főbb üvegházgázok, és eredetük

Az üvegházhatás

Üvegházhatású gázok	1750-es koncentráció	1992-es koncentráció	Éves növekedés	Élettartam	Részesedés az üvegházhatásból
Szén-dioxid	280 ppmv	355 ppmv	0.4%	50-200	57%
Metán	0.8 ppmv	1.72 ppmv	0.6%	12	17%
Dinitrogén-oxid	275 ppbv	310 ppbv	0.25%	120	5%
CFC-11	0	280 pptv	0	50	5%
CFC-12	0	484 pptv	0	102	
HCFCs/HFCs	0	-	5%	12	
Troposzférikus ózon	-	változó	-	-	
Sztratoszférikus ózon	-	300 DU	-	-	

Üvegházhatású gázok arányának változása a légkörben (vízgőz nélkül)

Az üvegházhatás

	GWP ^a	légköri tart. idő (év)	légköri koncentráció ^b	változás (%)	változás (%/év)
CO ₂	1	50-200	280 ↑ 358 ppmv	+28	0,4
CH ₄	21	12	700 ↑ 1720 ppbv	+146	0,8
N ₂ O	310	120	275 ↑ 312 ppbv	+13	0,25
HFC-k			0 ↑ 0,1 ppbv		7,0
C ₂ HF ₅	HFC-125	2800	33		
CH ₂ FCF ₃	HFC-134a	1300	15		
C ₂ H ₃ F ₃	HFC-143a	3800	48		
PF₆-k					
CF ₄		6500	50000	0 ↑ 72 pptv	2,0
C ₂ F ₆		9200	10000		
C ₃ F ₈		7000	2600		
C ₆ F ₁₄		7400	3200		
SF ₆		23900	3200	0 ↑ 3 pptv	8,0
CFC-k					
	CFC-11	3400	50	0 ↑ 268 ppbv	
	CFC-12	8500	102		
	CFC-113				
	CFC-114				
	CFC-115				
Halonok					
	H-1211		25	0 ↑ 2 pptv	
	H-1301		110	0 ↑ 2 pptv	
HCFC-k					
	HCFC-22	1600	12	0 ↑ 110 ppbv	
	HCFC-142b	1800			
	HCFC-123	90			
	HCFC-124	440			
	HCFC-141b	580	11		
VOC-k					
NM₁₀VOC-k					

^a GWP: 100-éves időintervallumra

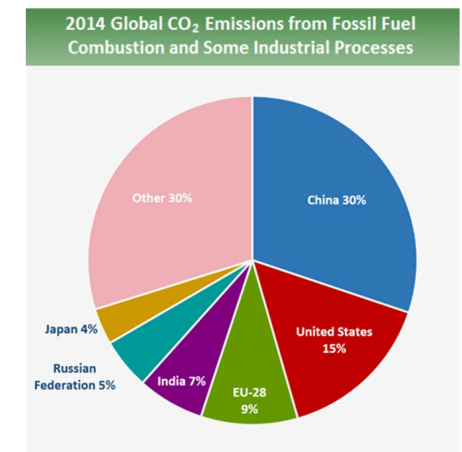
^b az ipari forr. előtt és 1994-ben

GWP = Global Warming Potential

Globális felmelegedés

A főbűnös: a szén-dioxid.

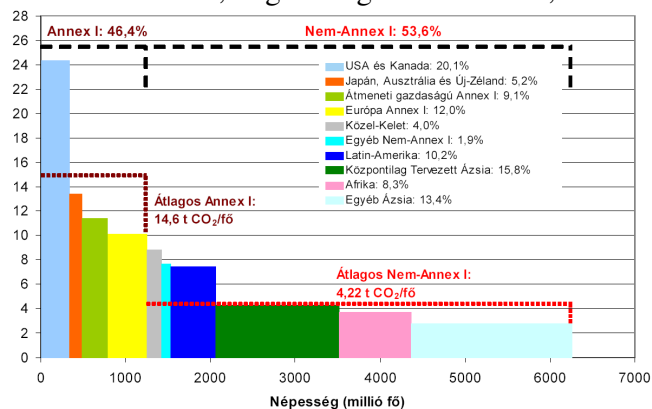
- Erőművek, közlekedés, intenzív mezőgazdaság
- Fő kibocsátók az iparilag fejlett országok



A világ legnagyobb széndioxid-kibocsátói (US EPA 2014)

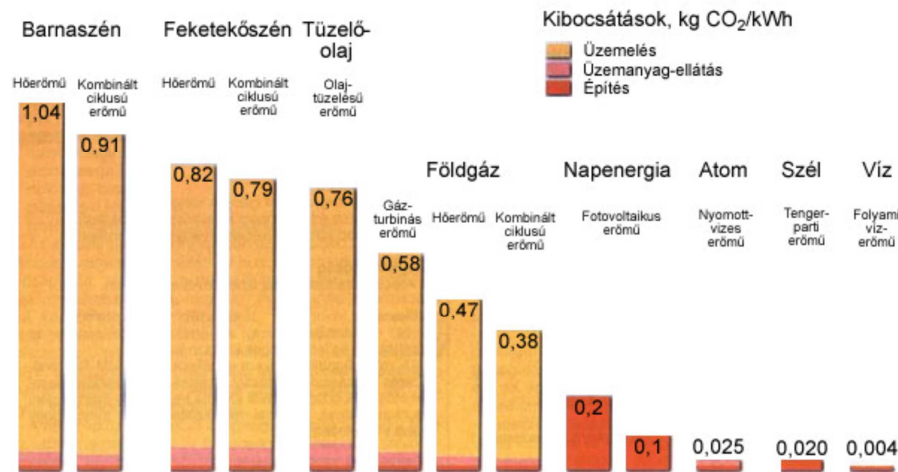
Globális felmelegedés

- 2003-ban a globális kibocsátások 46%-áért volt felelős a világ lakosságának 20%-át jelentő Annex I (fejlett és átmeneti gazdaságú) országok összessége, ahol az egy főre eső kibocsátás átlagosan 14,6 tonna volt évente, míg a világ más részein 4,2 tonna.



2.7 ábra - Az egy főre eső üvegházhatású gáz kibocsátás eltérő ország-csoportokban 2003-ban. Forrás: IPCC Negyedik értékelő jelentés, 2007.

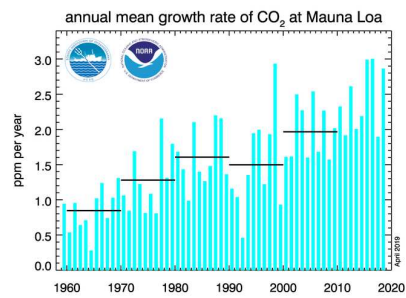
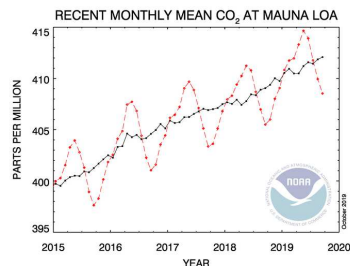
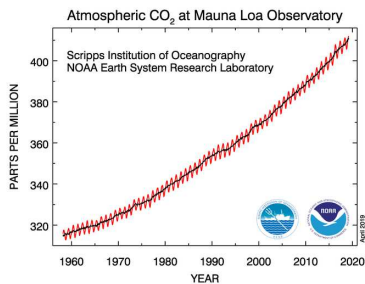
Globális felmelegedés



A különböző energiatermelési módok széndioxid-kibocsátása

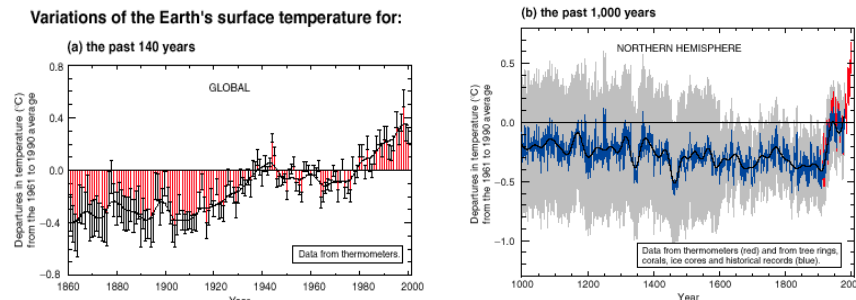
Az üvegházhatás

2010:	388 ppm
2011. február:	391,76 ppm
2012. február:	393,54 ppm
2013. február:	396,80 ppm
2013. szeptember:	393,52 ppm
2014. szeptember:	395,28 ppm
2016. szeptember:	402,25 ppm
2017. augusztus:	405,07 ppm
2018. augusztus:	406,99 ppm
2019. szeptember:	408,54 ppm



http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html

Globális felmelegedés

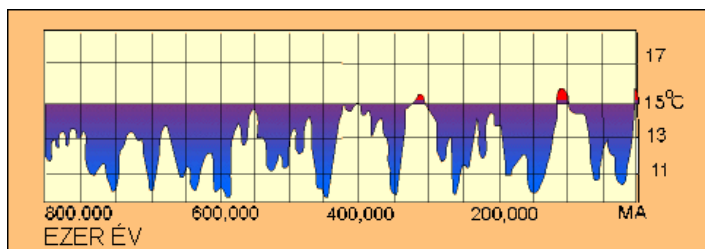


A földfelszín átlaghőmérséklete (a) az elmúlt 140 évben, (b) az elmúlt 1000 évben

Mi okozhatja a globális felmelegedést?

- Természetes folyamatok?
- Emberi beavatkozás?
- Mindkettő?

Globális felmelegedés



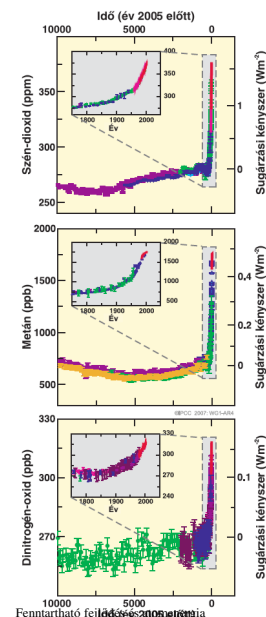
A földtörténet során többször is történt drasztikus átlaghőmérséklet-ingadozás



Lehet természetes eredetű is, de...

Az üvegházhatású gázok változásai jégészlelvény- és modern adatok alapján

Globális felmelegedés

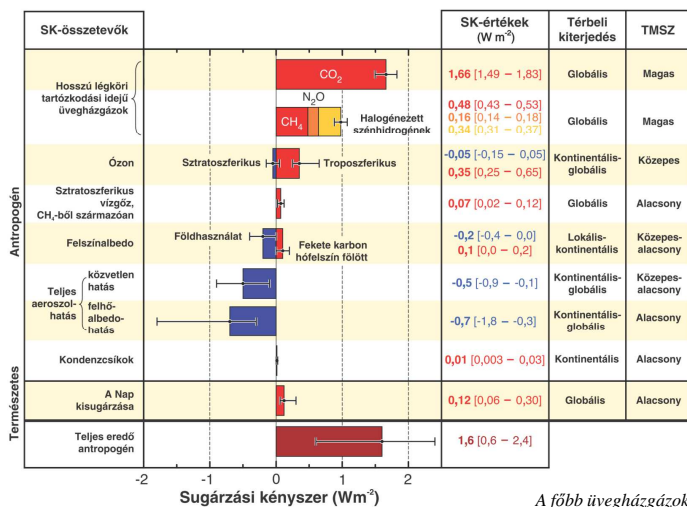


- Bizonyos légköri gázok esetén egyértelmű a mesterséges eredet.
- Ezek hatása jellemezhető az ún. sugárzási kényszerrel: pozitív érték melegítő hatásra utal, negatív érték hűtő hatásra

Antropogén üvegházgázok koncentrációja

Globális felmelegedés

A sugárzási kényszer (SK) összetevői



A főbb üvegházgázok hőviszatartható hatása

Globális felmelegedés

Az emberi eredetű fontosabb üvegházgázok:

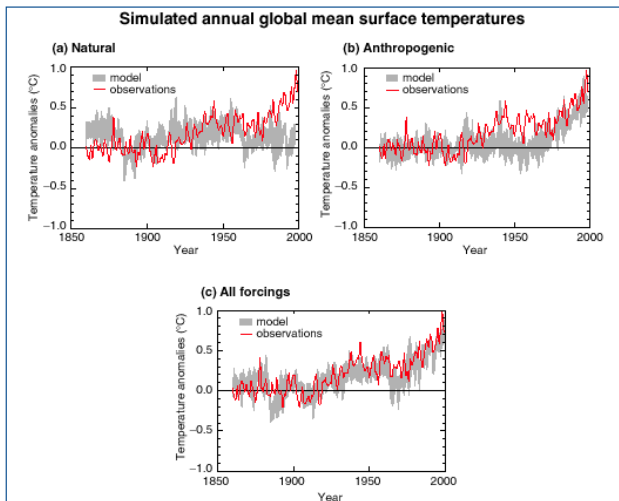
- A CO₂ koncentráció értéke már most olyan magas, amilyen az elmúlt 740 ezer évben még biztosan nem, és talán az elmúlt 20 millió év alatt sem volt.
- 1750 óta 31%-kal nőtt a légköri CO₂-koncentráció
- Az 1980-as évek eleje óta évente 0,4%-kal nő a légköri CO₂-koncentráció
- A metán légköri koncentrációja megduplázódott az ipari forradalom óta, növekedési üteme a 90-es években lelassult.
- A N₂O légköri koncentrációja 17%-kal nőtt 1750 óta, és jelenleg gyorsuló ütemben növekszik.

Globális felmelegedés

• Az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

szerint:
„A bizonyítékok azt sugallják, hogy a globális klímán láthatóak az emberi beavatkozás jelei.”

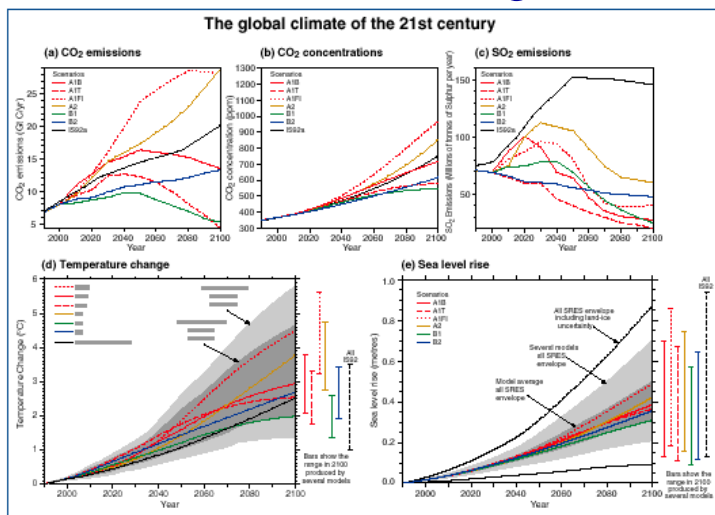
Az eddigi hőmérséklet-emelkedés természetes, antropogén és vegyes hatást feltételezve



IPCC – vizsgált scenáriók

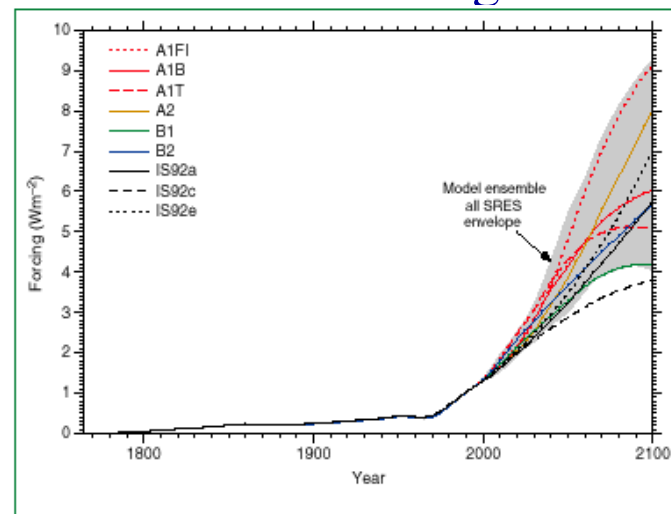
<p>A1</p> <ul style="list-style-type: none"> – nagyon gyors gazdasági növekedés – népesség növekedése a XXI. sz. közepéig, utána csökkenés – új és hatékony technológiák gyors megjelenése – az egyes régiók közötti kiegyenlítődés – fokozott kulturális és társadalmi hatások – a regionális jövedelem különbségek csökkenése 	<p>B1</p> <ul style="list-style-type: none"> – kiegyenlítődő világ felé fejlődés, az A1-hez hasonló népességváltozások – a gazdasági szerkezet gyors eltolódása a szolgáltatási és információs ágazatok felé – környezetbarát és energia hatékony technológiák bevezetése – a gazdasági, társadalmi és környezeti problémákra globális megoldások kidolgozása
<p>A2</p> <ul style="list-style-type: none"> – heterogén világkép – helyi önkormányzatok, önszerveződések hangsúlyosabb működése – folyamatosan növekvő népesség – regionális gazdasági fejlődések – lassú és térben nem egyenletes technológiai változások 	<p>B2</p> <ul style="list-style-type: none"> – a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális szinten kezelése – folyamatosan növekvő globális népességváltozások – közepes mértékű gazdasági fejlődés – az A1, B1-hez képest lassabb és sokoldalúbb változások

Globális felmelegedés



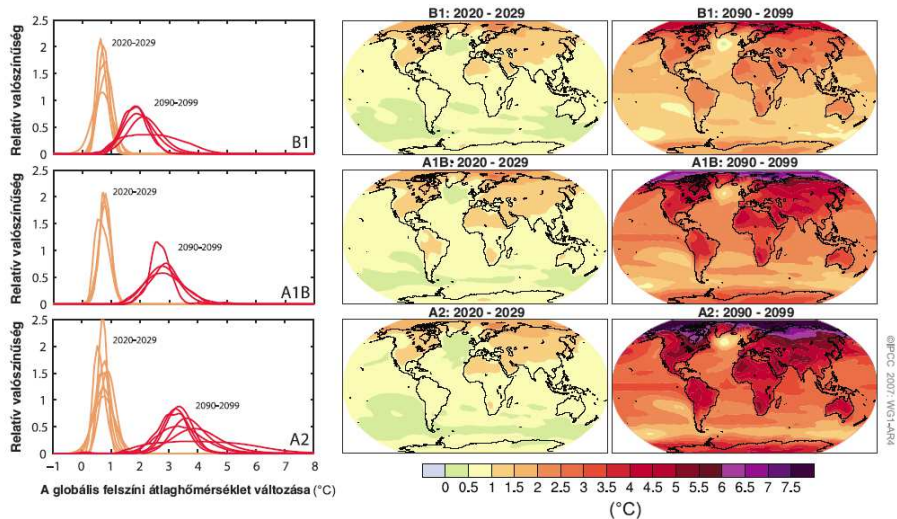
A széndioxid-kibocsátás, a széndioxid-koncentráció, a kéndioxid-koncentráció, a globális átlaghőmérséklet, és a tengerszint-emelkedés várható alakulása különböző forgatókönyvek szerint

Globális felmelegedés



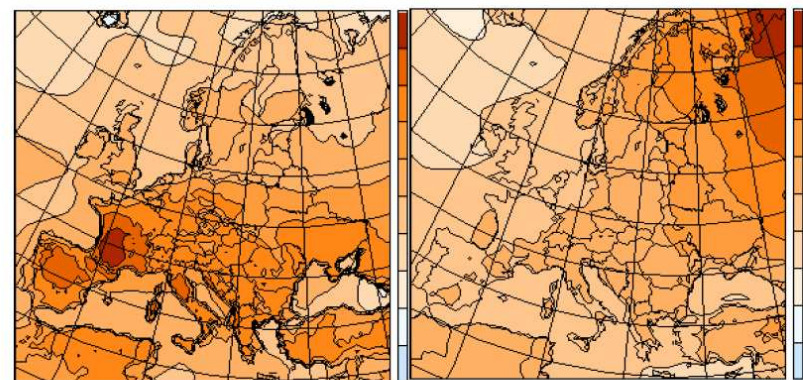
Az antropogén üvegházgázok sugárzási kényszerének (hőviszattartásának) várható alakulása a különböző forgatókönyvek szerint

Globális felmelegedés



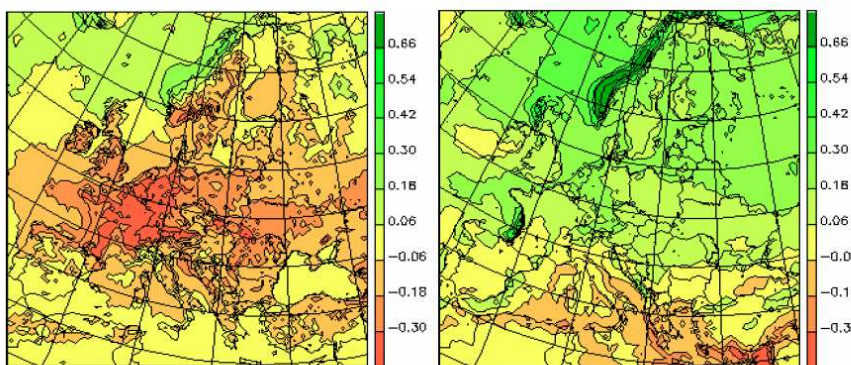
A várható hőmérséklet-változás két időszakra, három forgatókönyv szerint

Globális felmelegedés



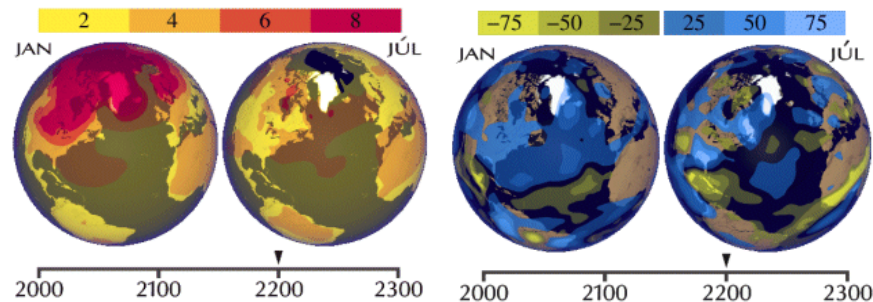
1. ábra: A hőmérséklet nyári (bal) és téli (jobb) átlagos megváltozásának mértéke (°C) Európa területére a 2071-2100-as időszakra vonatkozóan az 1961-1990-es időszakhoz képest.

Globális felmelegedés



4. ábra: A csapadék nyári (bal) és téli (jobb) átlagos megváltozásának mértéke (%) a 2071-2100-as időszakra vonatkozóan az 1961-1990-es időszakhoz képest.

Globális felmelegedés



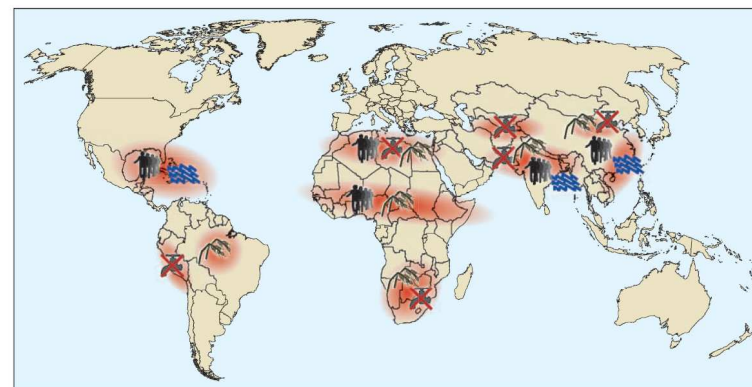
A hőmérséklet és csapadék változása a Földön a következő 200 évben
(A globális felmelegedés előrejelzése számítógépes éghajlati modell segítségével.)

Globális felmelegedés

A globális felmelegedés ritkábban emlegetett hatásai:

- betegségek, járványok (pl. malária, kolera)
 - melegebb éghajlat esetén nagyobb területen terjedhetnek el bizonyos kórokozók, ill. hegységeken magasabbra húzódnak
 - a betegségeket terjesztő rovarok, rágcsálók élettere jelentősen megnő
- koralltelepek pusztulása
- erdőtüzek gyakorisága jelentősen megnő
- gyakrabban érik el a hurrikánok Amerikát

Globális felmelegedés



Konfliktus lehetőségek kiválasztott kritikus zónákban



2.6 ábra - Klimaváltozással kapcsolatos biztonsági kockázat: kiválasztott kritikus zónák. Forrás: World in Transition: Climate Change as a Security Risk. WBGU, 2007

Globális felmelegedés

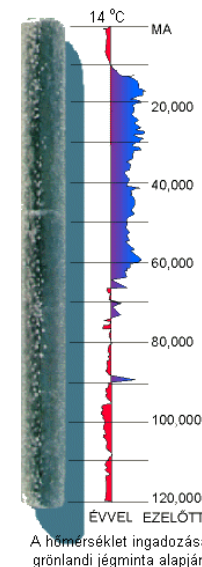
Átlaghőmérséklet emelkedés az ipari forradalmat megelőző hőmérsékleti szint fölé	Hatások
1-2°C	Nagyobb hatások az ökológiai rendszerekre és fajokra; széleskörű hatások a társadalmakra
2-3°C	A grönlandi jégsapka el kezd olvadni, a korallzátonyok nagy része elpusztul, jelentős fajkihalás; nagy hatások a mezőgazdaságra, víz-erőforrásokra, egészségre és gazdaságokra. A földi szén-nyelők kibocsátókká válhatnak
1-4°C	Az észak-atlanti áramlat összeomlásának jelentősebb kockázata
2-4,5°C	A nyugat-antarktisi jégtakaró összeomlásának növekvő veszélye

2.2 táblázat - A globális átlaghőmérséklet eltérő szintjéhez kapcsolható egyes hatások

Globális felmelegedés

A Broecker-áramlás* leállása

- Broecker megfigyelte, hogy az elmúlt 100 000 évben nagyon gyors, drasztikus éghajlatváltozások történtek, az utóbbi 10 000 évben az éghajlat azonban stabilan enyhe.
- Feltételezte, hogy globális vízkörzési folyamatok játszhatnak szerepet az éghajlat ilyen változásaiban



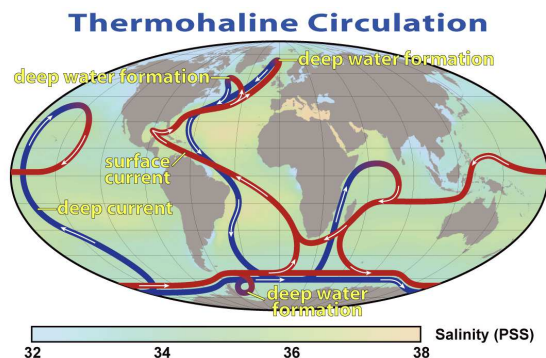
A hőmérséklet ingadozása grönlandi jégminta alapján

* Conveyor, global conveyor belt, thermohaline circulation

Globális felmelegedés

A Broecker-áramlás leállása

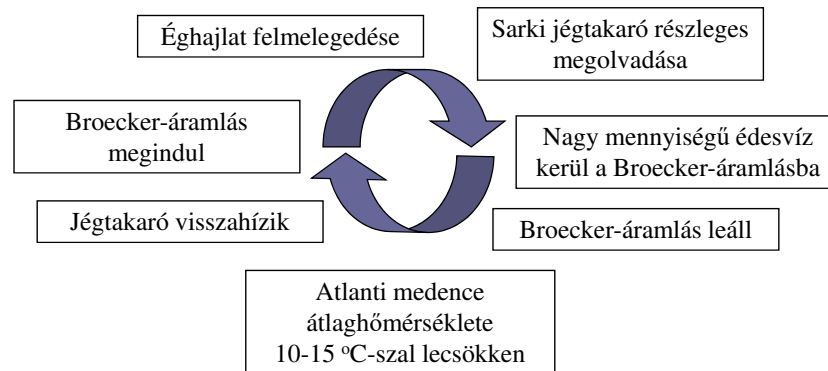
- Broecker-áramlás: globális „szállítószalag”, az Atlanti- és a Csendes-óceánt összekötő vízkörzés
- hajtóereje a sótartalom- és hőmérséklet-különbség
- Északi atlanti-óceáni szakasza a Golf-áramlás
- Leállhat, ha túl sok édesvíz kerül bele (Észak-Amerikai folyók vízhozam-növekedése, sarki jég olvadása, csapadék-mennyiség növekedése.)



Globális felmelegedés

A Broecker-áramlás leállása

- Broecker szerint a múltban ciklikusan lejátszódott a következő folyamat:



Globális felmelegedés – Hollywood

A Broecker-áramlás leállása

- Ez az oszcilláció azonban 10 000 éve megállt, a Broecker-áramlás folyamatosan működik, azóta egyenletesen enyhe a globális éghajlat.
- A globális felmelegedés hatására azonban újra leállhat a Broecker-áramlás.

A történet Hollywood szerint: ©

„Rapson professzor telefonhívása igazolja legszörnyűbb rémálmait: az időjárási viszonyok elviselhetetlenné válnak egy elkerülhetetlen globális változás előjele. Az általános felmelegedés hatására megolvadó sarkvidéki jég olyan mennyiségű vízzel árasztja el az óceánokat, melyet azok már nem bírnak el. A tengeráramlatokban történő változás minden olyan tényezőre hatással van, melyek eddig a kialakult éghajlati viszonyokat stabilan tartották. Az új jégkorszak feltörtözhatatlanul közeledik...”



Globális felmelegedés – Hollywood



2007: Al Gore Kellemetlen Igazság című filmje 2 Oscar díjat nyert el (legjobb dokumentumfilm, legjobb betétdal)

The Nobel Peace Prize 2007 was awarded to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

- IPCC:** INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Founded in 1988. Headquarters: Geneva, Switzerland.
- Albert Arnold (Al) Gore Jr.:** USA. 1/2 of the prize.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC):** 1/2 of the prize.

 The award was given "for their efforts to build up and disseminate greater knowledge about man-made climate change, and to lay the foundations for the measures that are needed to counteract such change".

Globális felmelegedés – Hollywood

10 leggyakoribb téveszme a globális felmelegedéssel kapcsolatban [wikipedia: „Kellemetlen igazság”]

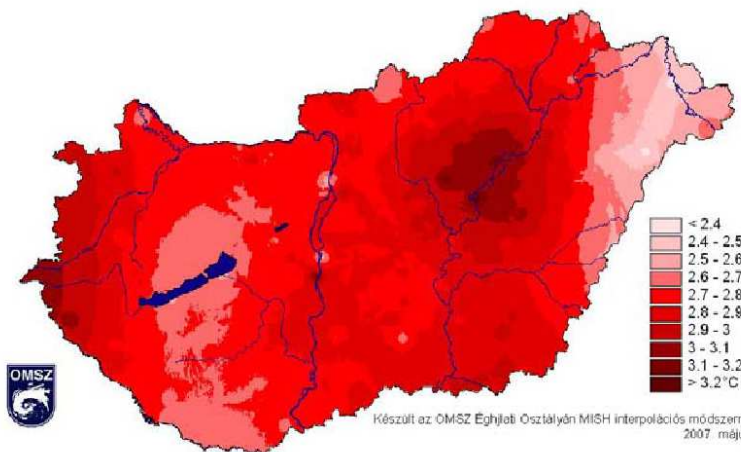
1. „A tudósok nem értenek egyet abban, hogy a Föld éghajlatának változását az emberek okozzák.”
A tudósok azt állítják, hogy az üvegházhatású gázok okozzák a felmelegedést, azért pedig az emberek a felelősek.
2. „Semmit nem tehetünk az éghajlatváltozás ellen. Már túl késő, ill. túl kicsi vagyok, hogy bármit is tessek” Csökkenteni kell a fosszilis tüzelőanyagok használatát. (anyagok újrahasznosítása, papír pazarlás megszüntetése, komposztálj, újratölthető palackokat használj egyszeri műanyag dobozok helyett, egyél kevesebb húst) A társadalom minden tagja felelősséggel tartozik tetteiért.
3. „Az éghajlat az idők során természetes úton változik, tehát az a változás, amit most tapasztalunk, csak a természetes ciklus része.” Az Antarktiszból vett jégminták elárulják, hogy a szén-dioxid-szintek magasabbak, mint bármikor az elmúlt 650 000 évben.
4. „Az ózonrétegen lévő lyuk globális felmelegedést okoz.” Téves állítás. Az ózonlyuk oka az ember által előállított klórozott szénhidrogének. A Montreáli Jegyzőkönyv ezek használatát tiltja. Az ózonlyuk miatt több ultraibolya sugárzás éri a Földet, de ez nincs hatással a Föld hőmérsékletére. Az egyedüli kapcsolat az, hogy a globális felmelegedés lassíthatja az ózonréteg újraképződését, hiszen a felmelegedés az alsó légkört érinti, feljebb a sztratoszférában hűti a levegőt, ezáltal súlyosbítja az ózonvesztéseket.
5. „Sok tényező van hatással az éghajlatra – nincs értelme, hogy pont a CO₂ miatt aggódjunk.” Az üvegházhatású gázokra kell odafigyelni, mert azok nem engedik távozni a napsugarakat. Ezért fontos a CO₂.

Globális felmelegedés – Hollywood

10 leggyakoribb téveszme a globális felmelegedéssel kapcsolatban [wikipedia: „Kellemetlen igazság”]

6. „Az Antarktisz jége vastagszik, tehát nem igaz, hogy a globális felmelegedés miatt a gleccserek és a tengerek jége olvad.” Összességében az Antarktisz fogyni kezd. Több mint 85%-a zsugorodik a világ gleccsereinek. A jég fogyása 1996 és 2005 között megduplázódott. Csak 2005-ben Grönlandon 50 köbkilométer jég tűnt el.
7. „A globális felmelegedés jó dolog, mert megszabadít minket a fagyos telektől (kisebb lesz a fűtésszámla), és segíti a növények gyors növekedését.” Sok tengerparti város fog a víz alá kerülni, emberek milliói válnak majd menekültekké. Aszályos időszakok megnyúlnak. Súlyos áradások száma megnő. Fajok tömeges kihalása várható. Várható, hogy az embereket új betegségek támadják meg.
8. „A tudósok által mért felmelegedés csak a városok hőcsapda hatásainak következménye, ennek semmi köze az üvegház-gázokhoz.” Nem igaz. Az egész bolygó átlaghőmérséklete növekszik.
9. „A globális felmelegedés annak a következménye, hogy a XX. század elején egy meteor becsapódott Szibériában.” Mára már nem érezzük annak következményeit.
10. „Egyes területeken a hőmérsékletek nem emelkednek, tehát a globális felmelegedés csak hiedelem.” Az állítás hamis, hiszen az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése következtében a Föld teljes felszínének átlaghőmérséklete emelkedik.

Globális felmelegedés Magyarországon



2.4 ábra -A nyári maximumhőmérséklet változása 1975-2004

Globális felmelegedés Magyarországon

- Az elemzések szerint Magyarország éghajlata a globális felmelegedés következtében melegebb és szárazabb lesz.
- A felmelegedés mértéke eleinte meghaladja az északi félteke átlagos felmelegedésének mértékét.

Hőmérséklet-változás az északi féltekén	+ 0,5 °C	+ 1 °C	+ 2 °C	+ 4 °C
Magyarország (nyár)	+1 °C	+ 1.3 °C	+ 2 °C	+ 4 °C
Magyarország (tél)	+ 0,8 °C	+ 1,7 °C	+ 3 °C	+ 6 °C
Magyarország (éves csapadékmennyiség) (mm)	- 40	- 66	bizonytalan	+40-400

Globális felmelegedés Magyarországon

- Hatása a hazai mezőgazdaságra:
 - a csapadék éves eloszlása jelentősen megváltozik (télen növekedés, nyáron csökkenés)
 - a téli felmelegedés erősebb a nyárinál

Hőmérséklet (°C)	Éves	Tél (DJF)	Tavaszi (MÁM)	Nyár (JJA)	Ősz (SON)
Átlag	1,4	1,3	1,1	1,7	1,5
Szórás	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Mediánérték	1,3	1,3	1,1	1,6	1,5

I. táblázat. Magyarországra vonatkozó várható hőmérséklet változások 2071-2100 időszakra a PRUDENCE projektben alkalmazott modellek eredményei alapján.

Csapadék (%)	Éves	Tél (DJF)	Tavaszi (MÁM)	Nyár (JJA)	Ősz (SON)
Átlag	-0,3	9,0	0,9	-8,2	-1,9
Szórás	2,2	3,7	3,7	5,3	2,1
Mediánérték	0,2	9,2	0,4	-7,5	-2,4

II. táblázat. Magyarországra vonatkozó várható csapadék változások 2071-2100 időszakra a PRUDENCE projektben alkalmazott modellek eredményei alapján.

Globális felmelegedés Magyarországon

- Hatása a hazai mezőgazdaságra:
 - a nyári csapadék-csökkenés növeli az aszály veszélyét, a téli növekedés pedig az árvizekét;
 - a legaszályosabb területeken, pl. a Duna-Tisza közén már most is észlelhető a talajvíz szintjének jelentős süllyedése (akár 3 m talajvízszint-süllyedés 1956 óta!);
 - jelentős mértékben romlanak a búza és a burgonya termesztési feltételei;
 - hazai erdőket alkotó fafajok állománycsökkenése és alacsonyabb növése; elsztyeppesedés.

A Kiotói Egyezmény

- Brundtland-jelentés
- 1992. június 14-én a Rio de Janeiro-i ENSZ Környezet és Fejlődés Világ Konferencián (Föld-csúcson) megkongatták a vészharangot: globális környezeti veszélyekkel kell szembenézni.
- 154 ország elfogadta az alapidokumentumot, az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményt (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), mára már kb. 175 állam fogadta el.
- A követelmény: az üvegházhatású gázok kibocsátásának 1990-es szinten tartása 2000-ben.

A Kiotói Egyezmény

- COP ülések (Conference of the Parties):

– COP1: 1995	Berlin
– COP2: 1996	Genova
– COP3: 1997	Kyoto
– COP4: 1998	Buenos Aires
– COP5: 1999	Bonn
– COP6: 2000	The Hague
– COP7: 2001	Marrakesh
– COP 8: 2002	New Delhi
– COP 9: 2003	Milan
– COP 10: 2004	Buenos Aires
– COP 11/MOP 1: 2005	Montreal
– COP 12/MOP 2: 2006	Nairobi
– COP 13/MOP 3: 2007	Bali
– COP 14/MOP 4: 2008	Poznan
– COP 15/MOP 5: 2009	Copenhagen
– COP 16/MOP 6: 2010	Mexico
– COP 17/MOP 7: 2011	South-Africa
– COP 18/MOP 8: 2012	Doha, Qatar
– COP 19/MOP 9: 2013	Warsaw, Poland
– COP 20/MOP 10: 2014	Lima, Peru
– COP 21/MOP 11: 2015	Paris, France
– COP 22/MOP 12: 2016	Marrakech, Morocco
– COP 23/MOP 13: 2017	Bonn, Germany
– COP 24/MOP 14: 2018	Katowice, Poland



A Kiotói Egyezmény

- Kiotóban (1997) elfogadták a résztvevők az ún. Kyoto Protocol-t
- Követelmény: az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának csökkentése minimum 5,2 %-kal az 1990-es szint alá a 2008-2012 közti időszakra (ún. „első teljesítési időszak”)
 - USA: 7%, EU: 8%, Japán: 6%, Magyarország: 6%
- ÜHG: CO₂, metán, CFC-vegyületek
- Az USA azonban nem ratifikálta!

A Kiotói Egyezmény

- Aláírása már kötelezettséget jelent, de a hazai jogrend részévé akkor válik, ha az aláíró ország törvényhozása megszavazza (ratifikálja).
- 2001 tavaszán az amerikai elnök bejelentette, hogy nem fogja a törvényhozás elé terjeszteni a Kiotói Egyezményt.
- Az orosz alsóház 2004. október 22-én – hosszú huzavona után – ratifikálta a kiotói klímavédelmi jegyzőkönyvet, így összejött elegendő aláíró ország ratifikálása ahhoz, hogy a vállalt mennyiségek legalább 55%-ának részvételével a Kiotói Egyezmény jogerőre emelkedjen.

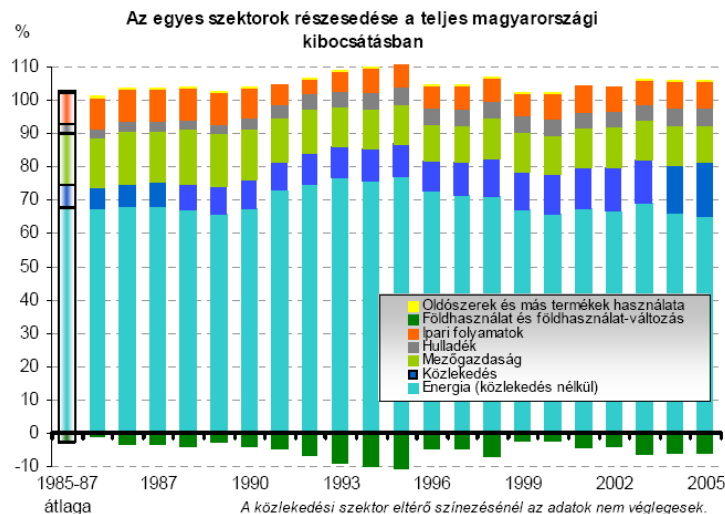
A Kiotói Egyezmény

- A Jegyzőkönyv alapján lehetőség van a kibocsátási jogok (ill. a megtakarítások) országok között történő átadására. Ehhez a Jegyzőkönyv háromféle ún. rugalmassági mechanizmust biztosít:
 - Tiszta fejlesztési mechanizmus (Clean Development Mechanism – CDM). Az emissziós vállalatot tevő országok éghajlatvédelmi beruházásokat hajtanak végre határértéket nem vállaló fejlődő országokban, az így elhárított ÜHG kibocsátás jogát megszerzi és elszámolhatja.
 - A közös megvalósítás (Joint Implementation – JI) során, a CDM-től abban különbözik, hogy a beruházó és a befogadó ország is kibocsátás-korlátozási vállalatot tett, így a keletkezett jogok megosztása egyedi megállapodás kérdése.
 - A kibocsátási jogok kereskedelme (Emission Trade – ET) a vállalatok alatt maradó kibocsátás esetén a ki nem használt jogok értékpapírokhöz hasonlóan piaci forgalomban értékesíthetők.

A Kiotói Egyezmény

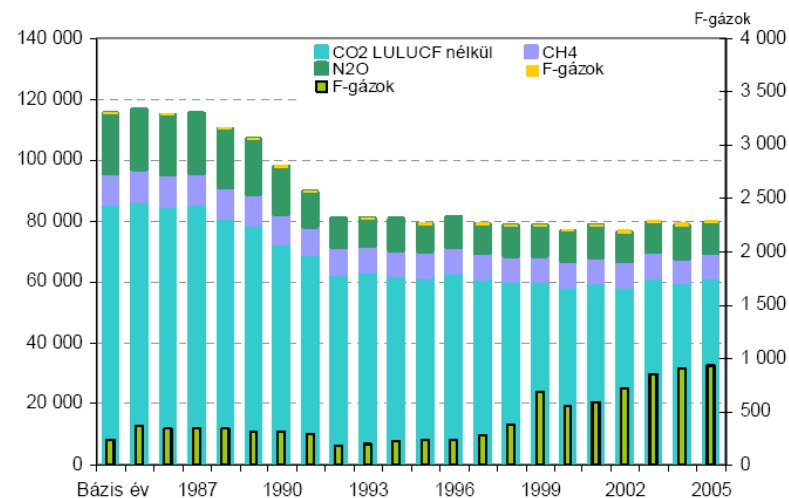
- A hazai éghajlatvédelem stratégiája: 2206/2000 (IX. 13.) Kormányhatározat
- A magyar kormány a Kiotói Jegyzőkönyv keretében arra vállalt kötelezettséget, hogy a magyarországi nettó üvegház potenciál a 2008-2012 közötti időszakban legalább 6%-kal alacsonyabb legyen, mint az 1985-1987-es időszakban.
- A hazai üvegház potenciál kb. kétharmada a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származik, ezért az energetikai ágazat jelentős szereplő.

A Kiotói Egyezmény



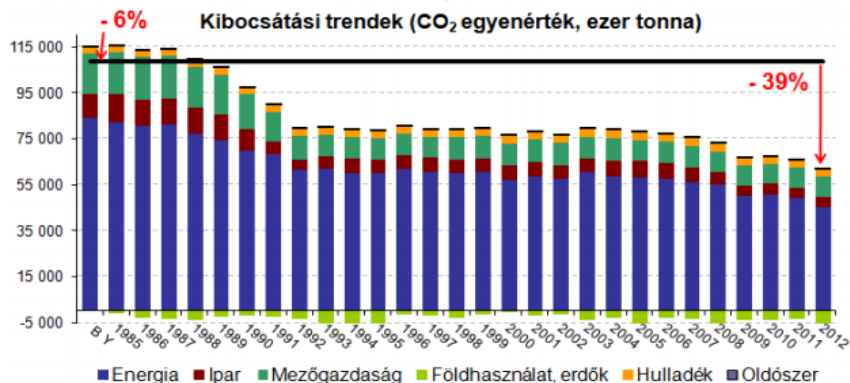
3.10 ábra – Az egyes szektorok részesedése a teljes hazai kibocsátásban - Forrás: Nemzeti ÜHG Kibocsátási Leltár, 2007.

A Kiotói Egyezmény



3.9 ábra - Üvegházhatású gázok kibocsátásának változása (Kt CO₂ egyenértékben) - Forrás: Nemzeti ÜHG Kibocsátási Leltár, 2007.

A Kiotói Egyezmény



- Magyarország számára értékesíthetővé válhat a kibocsátásokban elért többlet megtakarítás, ha annak megfelelő piaca alakul ki. Ezért hazánk az ÜHG-elhárítási piacon (vagy “karbon”-piacon) valószínűleg kvótaeladóként jelenik meg.

Dohai kiegészítés

- A Kiotói Egyezmény első teljesítési időszakának végén (2012-ben) teljesültek a kitűzött célok (~16% átlagos csökkenés a kibocsátásban)
- Az intézkedés nem volt elégséges, hogy megakadályozza az ÜHG légköri koncentrációjának növekedését – Dohai Kiegészítés
- A Kiotói Egyezmény kiterjesztése 2013-2020 időszakra (átlagosan vállalt kibocsátás-csökkentés: 20%)
- A 2020-as időszaktól vonatkozó klímavédelmi terv kidolgozása 2015-ig, ami valamennyi országra érvényes
- 144 ország ratifikálása szükséges, jelenleg 83 ország ratifikálta – nincs hatályban

A Párizsi Megállapodás

- Az első egyetemes klímamegállapodás (195 résztvevő ország) – 2015. december 12.
- Cél: 2100-ig 2 °C alatt tartják az átlaghőmérséklet-emelkedést, elkötelezettségüket rögzítették, hogy az értéket 1,5 °C alatt tartják
- 2023-tól ötévente felülvizsgálják a célok teljesülését
- Távlati cél: 2050 utánra kerüljön egyensúlyba az emberiség által kibocsátott CO₂ mennyisége a Föld atmoszférájának abszorpciós kapacitásával
- Fejlett államok 2020-ig évente összesen 100 milliárd dollár támogatást adnak a fejlődő országok részére az alacsonyabb CO₂ kibocsátású gazdaságra való átálláshoz

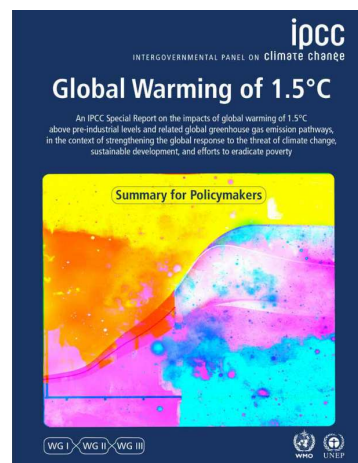
A Párizsi Megállapodás

- 2016. októberig 191 ország aláírta, ezek közül 76 ratifikálta – hatályba lépés: 2016. november 4.
- Ratifikálta az USA (09.03.), Kína (09.03.), India (10.02.) és az EU (10.05.) is
- Az USA azóta kilépését fontolgatja

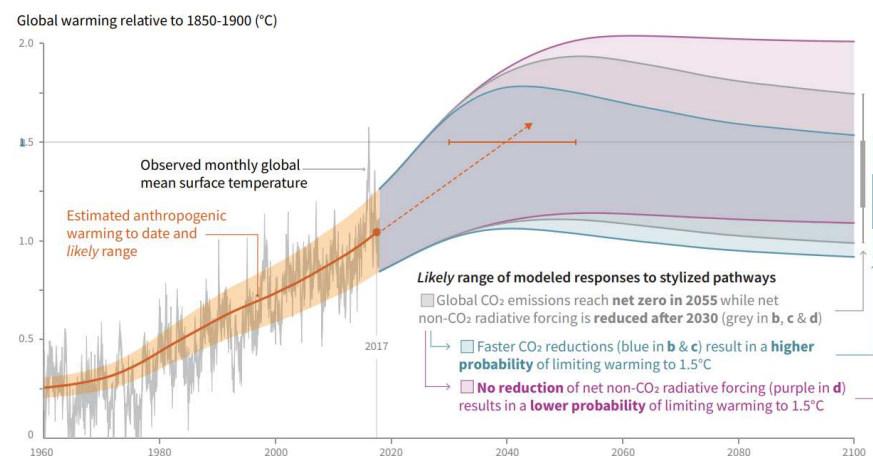


IPCC Special Report 2018

- 1,5 °C átlaghőmérséklet-emelkedés hatásai és az ahhoz kapcsolódó kibocsátási lehetőségek
- Referencia - iparosodás előtti - időszak: 1850-1900
- ehhez képest **mennyivel változott/változik a globális felszíni (szárazföldi és tengerfelszíni) átlaghőmérséklet**
 - 30 éves átlagok az adott középpel: elsimítja az éves szintű fluktuációkat
 - Miért pont ez az időszak? – legkorábbi elérhető globális mérési adatok
- 2006-2015 közötti évtizedre már **+0,87 °C** , 2017: **+1°C**
- évtizedenként 0,1-0,3 °C növekedés
- Ha a **jelenlegivel** azonos ütemben nő az **ÜHG kibocsátás/felmelegedést** okozó emberi tevékenység, akkor nagyon valószínű, hogy **2030-2052 között elérjük az 1,5°C emelkedést**



IPCC Special Report 2018



IPCC Special Report 2018

A felmelegedés forrásai:

- **humán** tevékenység, más szóval **antropogén**
 - → a **hatások csökkentésének érdekében ez befolyásolható!**
- **ÉS** természetes eredetű: globális klímajelenségek, természeti eredetű hatások (vulkánkitörések, naptevékenység változása, stb.)
- →Az eredő felmelegedés fogja meghatározni a hatásokat!

Elég-e a Párizsi megállapodás? **NEM.**

- **A 2015-ben megkötött Párizsi Megállapodás alapján** meghatározott nemzeti vállalások szerinti kibocsátások eredményeként **várhatóan túllépjük a 1,5 °C melegedési értéket** akkor is, ha 2030-tól nagyon ambiciózus kibocsátás-csökkentő lépések történnek
 - nettó nulla CO₂ kibocsátás 15 éven belül (azaz legkésőbb 2033-ra)

IPCC Special Report 2018

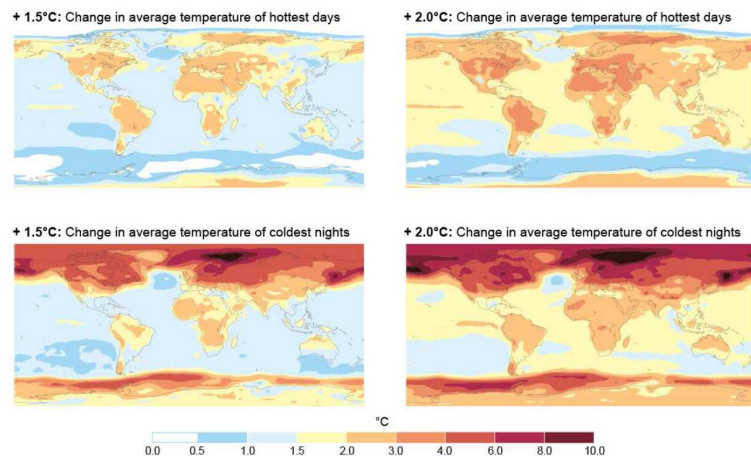
Elég-e a Párizsi megállapodás? - folytatás

- A felmelegedés sem térben, sem időben nem egyenletes!
 - eltérő mértékű és hatású szárazföldön/lakott-nem lakott területen/óceánon
 - pl.: átlag feletti melegedés a sarkvidéken
 - eltérő mértékű évszaktól, napszaktól függően
 - pl.: átlag feletti melegedés nyári éjszakán
- Tehát lesznek az átlagnál (1,5°C vagy 2°C) jóval nagyobb mértékben melegedő területek!

Mi a különbség +2°C esetéhez képest?

- A +1,5 °C jelentős változásokkal, hatásokkal jár a mai helyzethez képest, de +2°C-hoz képes jelentősen mérsékelt hatások sok területen és szempontból.
- Az érzékeny területeket érő hatás még jelentősebb +2°C esetén

IPCC Special Report 2018



Caption: Temperature change is not uniform across the globe. Projected change in average temperature of the annual hottest day (top) and the annual coldest night (bottom) with 1.5°C global warming (left) and 2°C global warming (right) compared to pre-industrial levels.

IPCC Special Report 2018

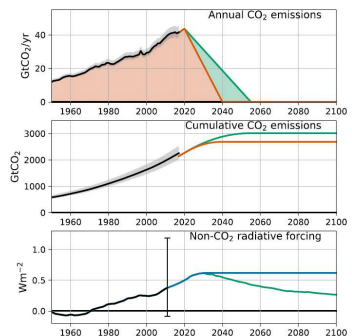
Mi a különbség +2°C esetéhez képest?

- +2°C esetén (+1,5°C-hoz képest):
 - forró, szárazföldi napokra vonatkozóan +4°C (+3°C)
 - a leghidegebb napokra +6°C (+4,5°C)
 - a trópusokon jelentősen nő a forró napok száma
 - nagy esőzések megnövekvő kockázata
 - trópusi ciklonokhoz köthető nagy esőzések növekvő gyakorisága
 - 0,1 m-rel nagyobb átlagos tengerszint-emelkedés
 - 2100-on túl is emelkedni fog a tengerszint. Ennek mértéke függ a felmelegedés mértékétől
 - így kb. 10 millió fővel több embert érint a tengerszint-emelkedés (alkalmazkodás nélkül)
 - felerősödő hatás a kis szigetek társadalmaira és élővilágára, kisebb esély az alkalmazkodásra
 - Az állatfajok 2-3-szor nagyobb mértékben veszítenek életterükből
 - Erdőtüzek gyakorisága megnő, invazív fajok terjedése erősödik
 - Óceánok fokozott melegedése, savasodása, oxigénkoncentráció csökkenése

IPCC Special Report 2018

Miért érdemes törekedni a +1,5°C korlátra?

- **Kisebberőfeszítést igényel a szükséges alkalmazkodás**
- **Több lehetőség az alkalmazkodásra**
- Az alkalmazkodási lépések/lehetőségek hatási korlátozottak, nagyobb hőmérséklet-emelkedésnél arányosan kevésbé hatásosak
- **A társadalmi és természeti rendszerek alkalmazkodási képességei korlátozottak, így a nagyobb hőmérséklet-változásra már nem tudnak reagálni**
- A jövőbeli melegedés egyik forrása a múltbeli kibocsátások hatásának tehetetlensége
 - a különböző ÜHG-k különböző ideig „hatnak”
 - CO₂: 100-100 000 év
 - metán, aeroszolok: ~ évtized
 - Ezt figyelembe kell venni a kibocsátáscsökkentési céloknál, ha el akarjuk érni a hőmérséklet-emelkedési célt



Technical Annex 1.A, Figure 11: Time-series of (top) annual CO₂ emissions, (middle) cumulative CO₂ emissions, and (bottom) non-CO₂ radiative forcing corresponding to observation-based estimates over the historical period and identified 1.5°C-consistent pathways.

IPCC Special Report 2018

Hogyan korlátozható a felmelegedés? Hogyan valósítható meg a max. +1,5 °C?

- Ugyanez +2°C-hoz:
 - A 2010-es kibocsátási szint csökkentése 20%-kal
 - Nettó nulla CO₂ 2075-re
- **A CO₂-n kívüli ÜHG-k, első sorban a metán kibocsátásának mielőbbi, és folyamatos jelentős csökkentése**
- Ez jelentős változtatást igényel az emberi tevékenységekben:
 - **Energiafelhasználás csökkentése**
 - **A fosszilis felhasználás megszüntetése a villamosenergia-termelésben és egyéb üzemanyag-felhasználásban**
 - **Energia végfelhasználás villamosenergia-alapúvá tétele**
 - **Mezőgazdasági kibocsátások jelentős csökkentése**
 - **CO₂-csökkentő eljárások intenzív alkalmazása**

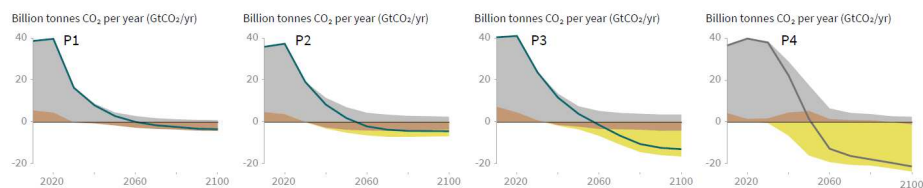
IPCC Special Report 2018

Hogyan valósítható meg a max. +1,5 °C?

- P1: 2050-ig csökkenő energia-felhasználás emelkedő életszínvonal mellett (társadalmi, üzleti, műszaki fejlesztések). **Az energiaszektor méretének csökkentése** gyors dekarbonizációt eredményez. Erdősítés. Nincs fosszilis felhasználás (CCS, BECCS alkalmazásával sem)
- P2: Fenntarthatóság, **mérsékelt fogyasztás**, nemzetközi együttműködés, „**low-carbon**” **technológiák** fejlesztése, korlátozott mértékű BECCS
- P3: társadalmi, technológiai **fejlődés az eddigiekhez hasonló módon**. Kibocsátás-csökkentés elsősorban az energiatermelési és gyártási eljárások fejlesztésével, kevésbé a fogyasztás csökkentésével
- P4: **jelentős termelés- és fogyasztásnövekedés, ÜHG-intenzív életmód** (közlekedés, szállítás, élőállat). Kibocsátáscsökkentés elsősorban technológiai fejlesztéseken keresztül: jelentős mértékű BECCS → jelentős túllövés!

BECCS: biomassza felhasználása geológiai CCS-sel kombinálva

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS



IPCC Special Report 2018

Hogyan valósítható meg a max. +1,5 °C?

AFOLU: Agriculture, Forestry and Other Land Use
BECCS: Bioenergy with Carbon Capture and Storage

Global indicators	P1		P2		P3		P4		Interquartile range	
	No or low overshoot		No or low overshoot		No or low overshoot		High overshoot		No or low overshoot	
CO ₂ emission change in 2030 (% rel to 2010)	-58	-47	-41	-41	-41	-41	-41	-41	(-59,-40)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-93	-95	-91	-91	-91	-91	-91	-91	(-104,-91)	
Kyoto-GHG emissions* in 2030 (% rel to 2010)	-50	-49	-35	-2	-2	-2	-2	-2	(-55,-38)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-82	-89	-78	-80	-80	-80	-80	-80	(-93,-61)	
Final energy demand** in 2030 (% rel to 2010)	-15	-5	17	39	39	39	39	39	(-12,7)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-32	2	21	44	44	44	44	44	(-11,22)	
Renewable share in electricity in 2030 (%)	60	58	48	25	25	25	25	25	(47,65)	
-- in 2050 (%)	77	81	63	70	70	70	70	70	(69,87)	
Primary energy from coal in 2030 (% rel to 2010)	-78	-61	-75	-59	-59	-59	-59	-59	(-78,-59)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-97	-77	-73	-97	-97	-97	-97	-97	(-95,-74)	
from oil in 2030 (% rel to 2010)	-37	-13	-3	86	86	86	86	86	(-34,3)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-87	-50	-81	-32	-32	-32	-32	-32	(-78,-31)	
from gas in 2030 (% rel to 2010)	-25	-20	33	37	37	37	37	37	(-26,21)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-74	-53	21	-48	-48	-48	-48	-48	(-56,6)	
from nuclear in 2030 (% rel to 2010)	59	83	98	106	106	106	106	106	(44,102)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	150	98	501	468	468	468	468	468	(91,190)	
from biomass in 2030 (% rel to 2010)	-11	0	-36	-1	-1	-1	-1	-1	(29,80)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-16	49	121	418	418	418	418	418	(123,261)	
from non-biomass renewables in 2030 (% rel to 2010)	430	315	315	110	110	110	110	110	(243,438)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	832	1327	878	1137	1137	1137	1137	1137	(575,1300)	
Cumulative CCS until 2100 (GtCO ₂)	0	348	687	1218	1218	1218	1218	1218	(550,1017)	
-- of which BECCS (GtCO ₂)	0	151	414	1191	1191	1191	1191	1191	(364,662)	
Land area of bioenergy crops in 2050 (million hectare)	22	93	283	724	724	724	724	724	(151,320)	
Agricultural CH ₄ emissions in 2030 (% rel to 2010)	-24	-48	1	14	14	14	14	14	(-30,-11)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	-33	-69	-23	2	2	2	2	2	(-46,-23)	
Agricultural N ₂ O emissions in 2030 (% rel to 2010)	5	-26	15	3	3	3	3	3	(-21,4)	
-- in 2050 (% rel to 2010)	6	-26	0	39	39	39	39	39	(-26,1)	

NOTE: Indicators have been selected to show global trends identified by the Chapter 2 assessment. National and sectoral characteristics can differ substantially from the global trends shown above.

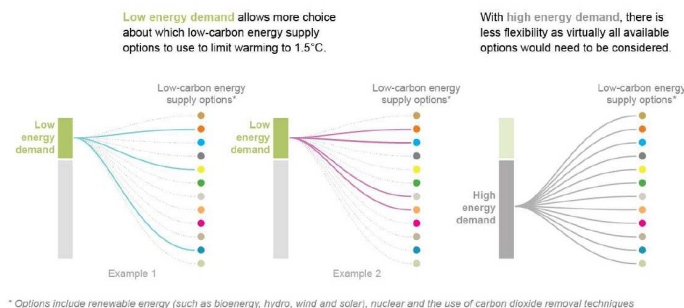
* Kyoto-gas emissions are based on SAR GWP-100
** Changes in energy demand are associated with improvements in energy efficiency and behaviour change

IPCC Special Report 2018

Hogyan valósítható meg a max. +1,5 °C?

Jelentős változás kell az energia-felhasználásban

- ha csökkentjük az energia-felhasználást, és ezzel a kibocsátást, több lehetőség marad a további szükséges kibocsátás-csökkentésre
- ha nem csökken, vagy nő, szélesebb körben és nagyobb mértékben lesz szükség CO₂-csökkentő eljárások alkalmazására, új módszerek kifejlesztésére

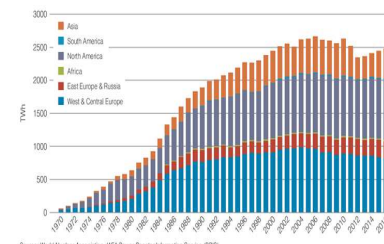


FAQ2.2, Figure 1: Having a lower energy demand increases the flexibility in choosing options for supplying energy. A larger energy demand means many more low carbon energy supply options would need to be used.

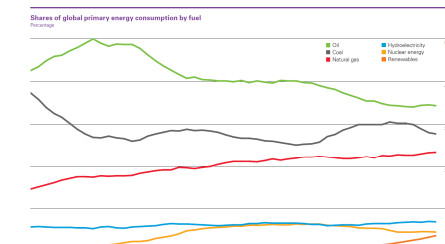
IPCC Special Report 2018

Max. +1,5 °C – az atomenergia szerepe?

- P1 (optimista, alacsony karbonintenzitás):
 - **Atomenergia 2010-hez képest +59% 2030-ra, +150% 2050-re**
- „Rosszabb” esetekben a növekedés gyorsabb/nagyobb mértékű
 - persze nem minden országban, van, ahol visszaszorul
 - és tényleg fog teljesülni/elképzelhető?
- → **jelenleg inkább stagnálás vagy visszaesés, mint bővülés**



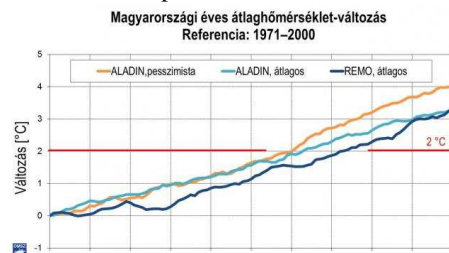
<http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>



IPCC Special Report 2018

Magyarország helyzete

- Az 5. értékelő jelentés (2014) szerint **Magyarországon** az országos átlaghőmérséklet 1,5 °C-ot emelkedett 1901 óta → **az átlagnál jobban melegező régió**
 - Hazánk számára kiemelten fontos, hogy a globális átlag mennyivel emelkedik
- Szélsőséges időjárási jelenségek gyakoribbak
 - Kevesebb napon van csapadék
 - Nagyobb az aszályhajlam
 - Több heves esőzés, jégesővel, erős széllekedésekkel
- Az OMSZ modellszámításai szerint 1971-2000-hez képest 3-4 °C-kal emelkedhet az átlaghőmérséklet 2100-ig
 - 2050-2080 között +2°C 1971-2000-hez képest



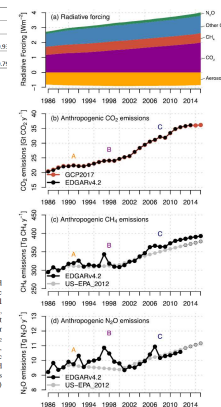
IPCC Special Report 2018

Tudásháttér a melegező világra vonatkozóan

- IPCC Fifth Assessment Report (AR5) (2014)
- **Meteorológiai megfigyelési adatok, azok elemzése**
- **Kibocsátási megfigyelési adatok, azok elemzése**
- **Kibocsátásokra vonatkozó becslések**

Table 1.1: Observed increase in global average surface temperature in various datasets. Numbers in square brackets correspond to 5-95% uncertainty ranges from individual datasets, encompassing known sources of observational uncertainty only.

Diagnostic / dataset	1850-2000 to DJF 2000-2015	1850-2000 to DJF 1999-2009	1850-2000 to DJF 1996-2009	1850-2000 to DJF 1982-2012	1850-2000 to DJF 1998-2017	1980-2012 to DJF 1980-2015	1980-2012 to DJF 1980-2015
HadCRUT4.6	0.84 [0.79–0.89]	0.60 [0.57–0.64]	0.22 [0.21–0.23]	0.62 [0.58–0.67]	0.83 [0.78–0.88]	0.83 [0.81–0.95]	0.88 [0.81–0.95]
NOAA (T)	0.86 [0.82–0.90]	0.62 [0.57–0.67]	0.22 [0.21–0.23]	0.63 [0.58–0.67]	0.85 [0.80–0.89]	0.85 [0.83–0.95]	0.91 [0.83–0.95]
GISTEMP (T)	0.89 [0.85–0.93]	0.65 [0.60–0.70]	0.23 [0.22–0.24]	0.66 [0.61–0.71]	0.88 [0.83–0.93]	0.89 [0.87–1.01]	0.94 [0.87–1.01]
Coarct-Way	0.91 [0.85–0.96]	0.65 [0.60–0.70]	0.26 [0.25–0.27]	0.65 [0.60–0.70]	0.88 [0.83–0.93]	0.88 [0.86–1.01]	0.93 [0.86–1.01]
Average (T)	0.87 [0.83–0.91]	0.63 [0.58–0.67]	0.23 [0.22–0.24]	0.64 [0.59–0.69]	0.86 [0.81–0.91]	0.86 [0.84–0.95]	0.92 [0.84–0.95]
Reanalysis (R)	0.98 [0.85–1.11]	0.71 [0.65–0.77]	0.25 [0.24–0.26]	0.73 [0.68–0.78]	0.97 [0.92–1.02]	0.97 [0.95–1.02]	1.02 [0.95–1.02]
JJA (T)	0.82 [0.78–0.86]	0.58 [0.54–0.62]	0.23 [0.22–0.24]	0.68 [0.63–0.73]	0.84 [0.79–0.89]	0.84 [0.82–0.95]	0.89 [0.82–0.95]
ERA-Interim	N/A	N/A	0.26 [0.25–0.27]	N/A	N/A	N/A	N/A
JJA-95	N/A	N/A	0.23 [0.22–0.24]	N/A	N/A	N/A	N/A
CMIP5 global SAT (T)	0.99 [0.95–1.03]	0.62 [0.58–0.66]	0.26 [0.25–0.27]	0.38 [0.36–0.40]	0.62 [0.58–0.66]	0.62 [0.58–0.66]	0.68 [0.58–0.66]
CMIP5 SAT/ST blend-masked	0.86 [0.84–1.01]	0.58 [0.55–0.61]	0.23 [0.22–0.24]	0.34 [0.33–0.35]	0.68 [0.63–0.73]	0.68 [0.63–0.73]	0.72 [0.63–0.73]



Technical Annex I.A, Figure 14: Time series of anthropogenic radiative forcing (a), CO₂, methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emissions (b–d) for the period 1988–2016. Anthropogenic radiative forcing data is from Myhre et al. (2013), estimated from 2011 until the end of 2017 with greenhouse gas data from Dlugokencky and Tans (2016), reported radiative forcing approximations for greenhouse gases (Etchamendy et al., 2010) and extended aerosol forcing following Myhre et al. (2017). The graph shows the sum of different forcing agents. Anthropogenic CO₂ emissions are from the Global Carbon Project (GCCP) (Le Quéré et al., 2018), and EDGAR (Joint Research Centre, 2014) datasets. Anthropogenic emissions of CH₄ and N₂O (b) are estimated from EDGAR (JRC, 2011) and the US Environmental Protection Agency (EPA, 1990). Economic crisis (Former Soviet Union, A; Asian financial crisis, B; global financial crisis, C) are reported following the methodology of Peters et al., (2011).

IPCC Special Report 2018

A (túlzott) felmelegedés hatásai - példák

- **Tengeri pH, sókoncentráció, oxigéntartalom, CO₂-tartalom, stb.**
 - savasodás, csökkenő pH
 - oxigéntartalom csökken
 - magasabb hőmérséklet esetén gyakoribb óceáni viharok
 - tengerszint emelkedése, sarki jég visszahúzódása
- **Frissvízforrások elérhetősége**
 - már ma a népesség 80%-át érintik az ivóvízforrásokat fenyegető kockázatok
 - kis szigetek fejlődő országai (pl. Karib-térség) fokozottan érintett: szárazságok miatt csökkenő ivóvíz források
 - egyes területek vízenenergia-potenciálja jelentősen csökken (pl. Dél-Európa), másoké nőhet (pl. Skandinávia)
- **Térben eltolódnak az ökoszisztéma-típusok, megváltoznak a környezeti jellemzőik**
 - sarkkörön a tundrán fokozódik a tüzek miatt pusztulás és a permafrost visszahúzódása → erdős területek húzódnak a tundrába
 - erdőket fokozottan fenyegetnek erdőtüzek, kártevő-inváziók
- Gyakorlatilag az összes ökoszisztéma esetén jelentős hatásokat lehet elképzelni, ha 2 °C helyett csak 1,5 °C lenne a felmelegedés
- **Élelmezési ellátás-biztonság romlik**
 - jelentős hatások: terményhozam, kártevők, ár, stb
 - egyik fő pontja/akadálya a fenntarthatósági célok megvalósításának
 - nem csak globálisan jelentős kockázat, de az alacsonyan fekvő területek különösen sújtáná a negatív hatás
 - fokozó alultápláltság, csökkenő tápanyagtartalom
- **Közvetlen egészségügyi hatások**
 - az arra **érzékenyek hőterhelése, elnyúló és erősödő hőhullámok**
 - növekvő halálozás
 - hideg miatti halálozás viszont csökkenhet
 - fokozott munkahelyi terhelés, növekvő baleseti kockázat
 - **fertőzések, járványok**
 - különböző szúnyogfélék elterjedésének megváltozása, az érintett területek növekedése
 - sárgaláz, dengue láz, zika vírus, nyugat-nílusi láz
- **Speciális következmények a városi környezetben**
 - **városi „hőszigetek”** (urban heat islands)
 - halálos hőhullámok
 - **fokozott légkondicionálás-igény**
 - → fokozott energiaigény

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia

A kormány 2008. február 13-i ülésén elfogadta a 2008-2025-re szóló Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát (NÉS)

A NÉS átfogó (végső) céljai

- **járuljon hozzá** azon nemzetközi törekvésekhez, hogy a 2-2,5°C globális átlaghőmérséklet emelkedés a lehető legkisebb valószínűséggel következzen be,
- **segítse elő** a hazai környezeti, társadalmi, és gazdasági rendszerek felkészülését a globális átlaghőmérséklet legfeljebb 2-2,5°C-os emelkedéséből adódó hazai következmények kezelésére.

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia

Célok

A NÉS meghatározza szakpolitikai célokat és eszközrendszert a kibocsátás csökkentés kapcsán:

- az energiaszektorban,
- a közlekedési szektorban,
- az ipari szektorban,
- a mezőgazdaság, erdészet és földhasználat igazgatás terén,
- a háztartások és a közszféra kibocsátás csökkentése vonatkozásában.

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia

Eszközök:

- Szabályozás
 - emisszió-kereskedelmi rendszer
 - erőforrás adó (karbon-adó)
 - hatékonysági előírások bevezetése
 - piacliberalizációs lépések az energiatermelésben
- Támogatás
 - energiahatékonysági támogatások
 - kiotói mechanizmusok hasznosítása
 - megújuló erőforrások elterjesztésének támogatása
 - „intelligensebb” energiafelhasználás

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia

„A nukleáris alapú áramtermelés fokozása, azaz új atomerőművi kapacitás létesítése Magyarországon a Paksi Atomerőmű blokkjainak élettartam meghosszabbítását követően elvileg 2025–2030 után lehet reális. Nyilvánvaló azonban, hogy ilyen horderejű kérdés nem ítéhető meg kizárólag klímavédelmi szempontok alapján. Szélesebb körű, a hazai hosszú távú energiapolitika és a fenntartható fejlődés magyarországi törekvéseit is figyelembe vevő mérlegelés szükséges.”

	Magas széntartalmú gazdaság	Alacsony széntartalmú gazdaság
Villamos energia		
Energia-szerkezet	A villamos energia termelés nagy része szén, olaj és gáz felhasználásával történik	A villamos energia előállítása túlnyomórészt vagy teljesen alacsony széntartalmú forrásokból származik: megújuló (szél- és napenergia, biomassza), a szén-dioxid kibocsátó erőművek szén-befogató technológiát alkalmaznak
Energia-hatékonyság	A villamos energia termelés határfoka alacsony, a kapcsolt energiatermelési lehetőségek nincsenek teljes körűen kihasználva	A villamos energia termelés határfoka magas, a kapcsolt villamos energia termelési lehetőségek kihasználása tovább bővíti a decentralizált villamos energia termelési lehetőségeivel egy időben
Energia-takarékosság	A villamos energia szolgáltatóknak a lehető legnagyobb mennyiségű villamos energia eladása az érdeke	A villamos energia szolgáltatóknak a környezetbarát energia eladása, és a villamos energia fogyasztás csökkentése érdekében áll

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

93

Az ugyanebben az időszakban született energiapolitika nem feltétlenül egyezik a NÉS-sel (pl. a paksi bővítés az energiapolitikában nincs az üzemidő-hosszabbítás utánra időzítve).

A 2011. őszi elfogadott új magyar energiastratégia 2 új paksi blokkal számol a 2020-as évek közepéig.

Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2017)

- 2017-2030 közötti időszakra vonatkozik, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújt
- 2015-ös Párizsi Megállapodást követően indokoltá vált a NÉS-1 felülvizsgálatát,
- ÜHG kibocsátás-csökkentésének céljai, prioritásai és cselekvési irányai: Hazai Dekarbonizációs Útiterv (HDÚ),
- Éghajlatváltozás várható Mo-i hatásainak, természeti és társadalmi-gazdasági következményeinek, ökoszisztémák éghajlati sérülékenységének értékelése: Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia (NAS)

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

94

Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2017)

- Jövőkép:
 - Dekarbonizációs jövőkép: Mo. áttér az alacsony CO₂ kibocsátású gazdaságra,
 - Adaptációs jövőkép: az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás és a felkészülés már rövidtávon beépülnek a szakpolitikai tervezésbe,
- Átfogó célok:
 - Fennmaradás és tartamos fejlődés egy változó világban,
 - Adottságaink, lehetőségeink és korlátaink megismerése,
- Specifikus célkitűzések:
 - Dekarbonizáció, az éghajlati sérülékenység területi vizsgálatának térinformatikai megalapozása, alkalmazkodás és felkészülés, éghajlati partnerség biztosítása

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

95

Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2017)

- III.4.2.: Hosszú távú ágazati tendenciák és lehetséges kibocsátás-csökkentési pályák
 - „Meghatározó lépés lehet középtávon a Paksi Atomerőmű kapacitáspótlása, az átmenetileg megnövekvő atomenergia kapacitás (a régi és új blokkok párhuzamos futása) a 2020-as évek végén, a 2030-as évek elején jelentős kibocsátás-csökkenést okoz a minimum forgatókönyvben”

7. táblázat: Villamosenergia-termelés összetétele, GW kapacitás

Forgatókönyv	2014	Minimum ÜHG		Maximum ÜHG	
		2030	2050	2030	2050
Biomassza, hulladék és egyéb megújuló energiaforrás	0,23	1,4	2,0	0,8	1,2
Szén, CLT ⁶⁵	0	0	0,5	0	0
Földgáz, CLT	0	0	1,1	0	0
Szén, lignit CLT nélkül	1,1	0,5	0	0,5	0,5
Atomerőmű	1,89	4	4	2	0
Szélenergia	0,33	1,2	4,0 ⁶⁴	1,0	1,4
Vízenergia	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
Geotermikus	0	0,22	0,77	0,08	0,14
Napenergia	0,03	0,73	4,70	0,23	0,38
Földgáz, CLT nélkül	4,43	0	0	10,2	13,2
Olaj	0,41	0	0	0	0
Nettó import (TWh)	5,7	7,0	9,0	0	0

Forrás: Entso-e⁶⁵ és MAVIR⁶⁶ forgatókönyvek alapján saját becslés

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

96

Főbb ellenőrző kérdések

1. Ismertesse az ózon jellemzőit, keletkezését és bomlását!
2. Mi a Dobson Unit definíciója és tipikus értéke a légkörben?
3. Ismertesse az ózonszűrő elvékonyodásának okát és a CFC-k hatását!
4. Ismertesse röviden a Montreali Egyezményt!
5. Ismertesse a koppenhágai módosítást és az eredményeket!
6. Mik a bizonyítékok az elmúlt száz évből a globális felmelegedésre?
7. Ismertesse az üvegházhatás mechanizmusát!
8. Mik az üvegházhatású anyagok (NO_x , SO_2 , CO , CO_2 , CH_4 , CFC, aeroszolok, ózon) antropogén eredetű forrásai és hatásai a légkörben?
9. Hasonlítsa össze az üvegházhatású gázok légköri koncentrációját és élettartamát!
10. Melyek a legfőbb kibocsátó iparágak, illetve országok?
11. Hasonlítsa össze az energiatermelési módokat a CO_2 kibocsátás szempontjából!
12. Ismertesse az obszervatóriumi megfigyeléseket: Mauna Loa, K-pusztá!
13. Ismertesse a modellszámításokat és előrejelzéseket: kibocsátások, átlaghőmérséklet, stb. várható alakulása különböző forgatókönyvek szerint!

Főbb ellenőrző kérdések

14. Ismertesse a Broecker-áramlást és az áramlás leállításának lehetőségét!
15. Mik a globális felmelegedés következményei Magyarországon: a hőmérséklet és a csapadékmennyiség várható változása különböző évszakokban?
16. Mik a globális felmelegedés magyarországi következményei a mezőgazdaságban?
17. Ismertesse a Rio de Janeiro-i ENSZ konferenciát és az Éghajlatváltozási Keretegyezményt!
18. Ismertesse a Kiotói Egyezményt és a kibocsátások csökkentésének előírását!
19. Mik a kibocsátási jogok átadásának lehetőségei?
20. Mik Magyarország vállalásai a Kiotói Egyezmény szerint?
21. Ismertesse Magyarország helyzetét, lehetőségeit a vállalások teljesítésére; valamint NÉS-t (Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia)!