

A jövőbeli éghajlatváltozás tudományos vizsgálata

Szabó Péter
Klímamodellező Csoport



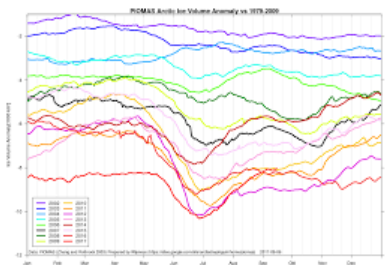
Előadás nyári gyakorlatos hallgatóknak – OMSZ

2018. 07. 30.

Klímaváltozás ...

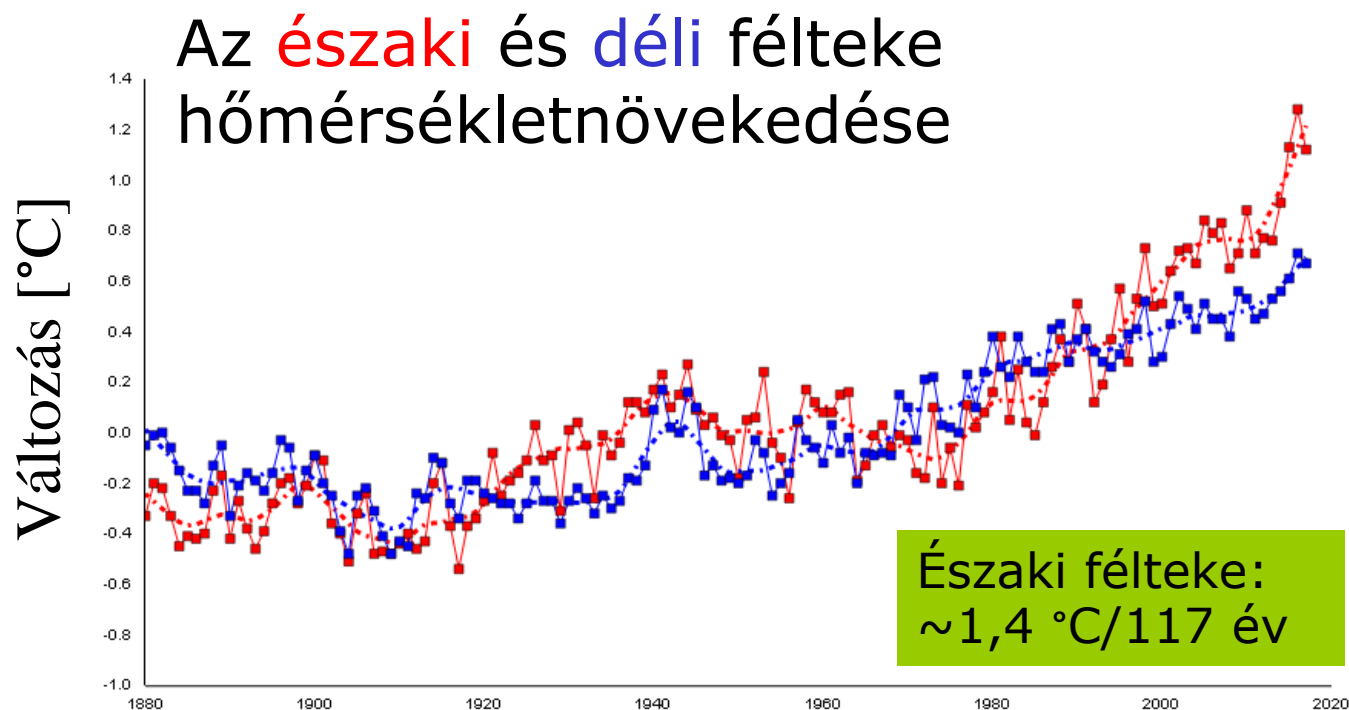


- Népszerű téma (értenek hozzá, mint a focihoz)
- Létezik vagy pánikkeltés?
- Az ember felelős érte?
- Előrejelezhetők a változások?
- Mit tud a tudomány? tények \leftrightarrow tévhitek
- Lassíthatjuk, felkészülhetünk rá?



Tények a nagyvilágban

Globálisan 2017 a második legmelegebb (2016 a legmelegebb év volt, 2015 a harmadik)

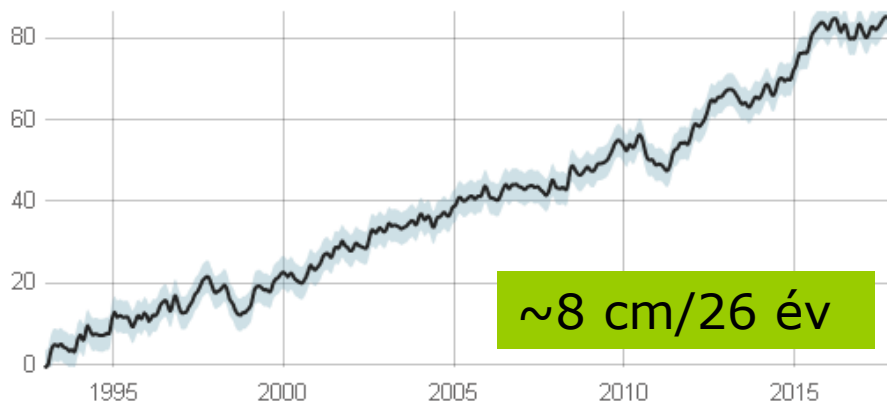


Miért különbözhet a kettő?

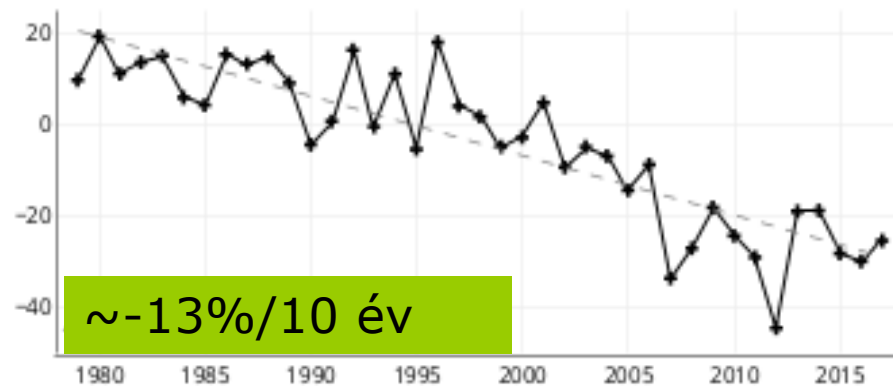
Tények a nagyvilágban 2.

A globális tengerszint
változása [mm]

Mitől növekedhet?



Az északi félteke sarki jegének
változása [%]

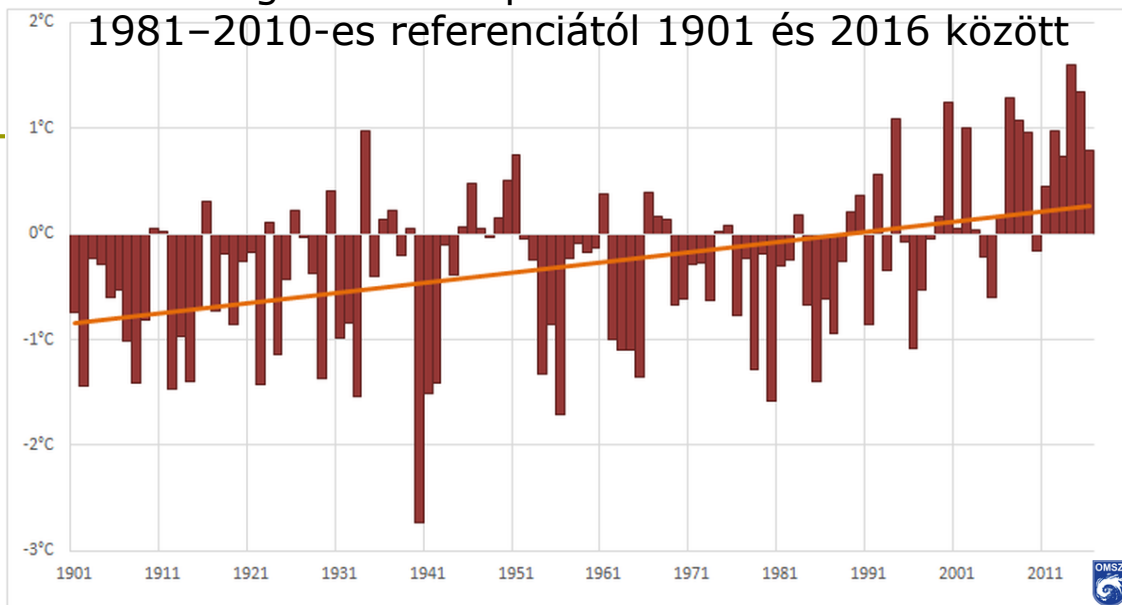


Miért szeptemberben
fontos?

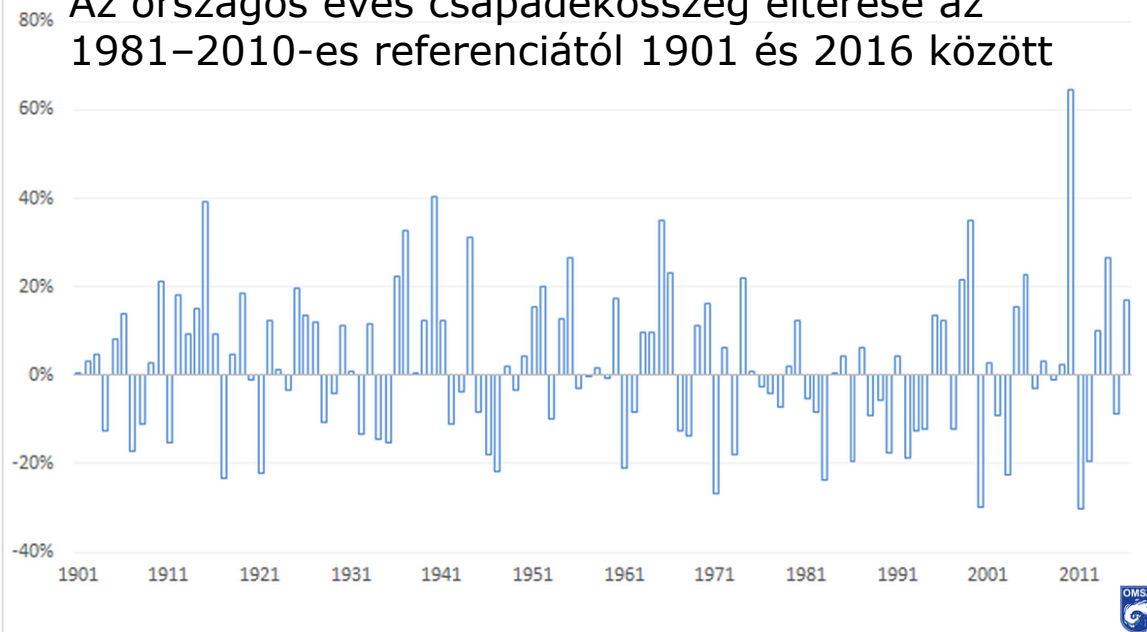
Hazai tények

$\sim +1,1^{\circ}\text{C}/116 \text{ év}$

Az országos évi középhőmérséklet eltérése az 1981–2010-es referenciától 1901 és 2016 között



Az országos éves csapadékösszeg eltérése az 1981–2010-es referenciától 1901 és 2016 között



$\sim -4.6\%/116 \text{ év}$

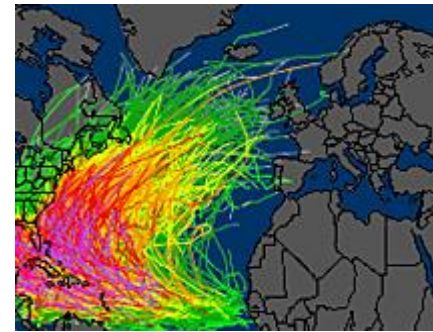
Klíímaváltozás tehát?

- A mérések szerint kimutatható a változás.
- A tudomány nagy bizonyossággal (95%) állítja, hogy az ember felelős a változásért.
- Mit tehetünk?
 - mérsékelni lehet (globális összefogással...)
 - alkalmazkodni muszáj: pl. balatoni víz szabályozásával, ellenálló búzafajták termesztésével
- Az alkalmazkodáshoz hatásvizsgálatokra van szükség: hidrológiai modellel, termésbecslő modellel
 - ehhez ismerni kell a jövő éghajlatát (nem elég, hogy „melegszik”, „nő”, „csökken”)



Tévhitek

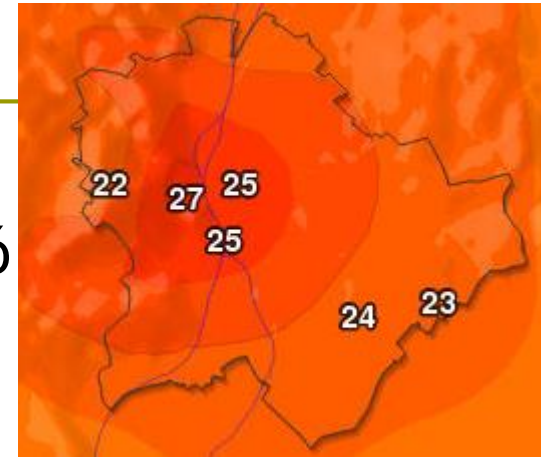
- ❑ adott évszak jellemzői alapján következtetést vonunk le a klímaváltozás várható tendenciáira (pl. ideihez hasonlóan meleg-zivataros nyarak várhatóak?)
- ❑ párhuzam különböző térségek éghajlata között (pl. Budapest – Firenze)
- ❑ egyedi szélsőséges jelenségek, melyek a klímaváltozást cáfolják (pl. idei extrém hidegek márciusban)
- ❑ új elméletek elfogadása bizonyítás hiányában (pl. hurrikánok a Földközi-tengeren)



Időjárás és éghajlat

□ időjárás:

- a légkör egy adott időponthoz tartozó állapota egy adott helyen
- gyors változások – néhány napos előrejelezhetőség
- jellemzése: meteorológiai változók pillanatnyi értékeivel

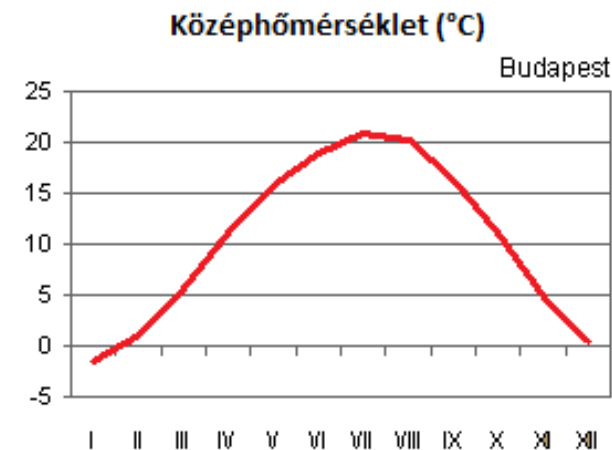


2018. 07. 30. 06:50

□ éghajlat

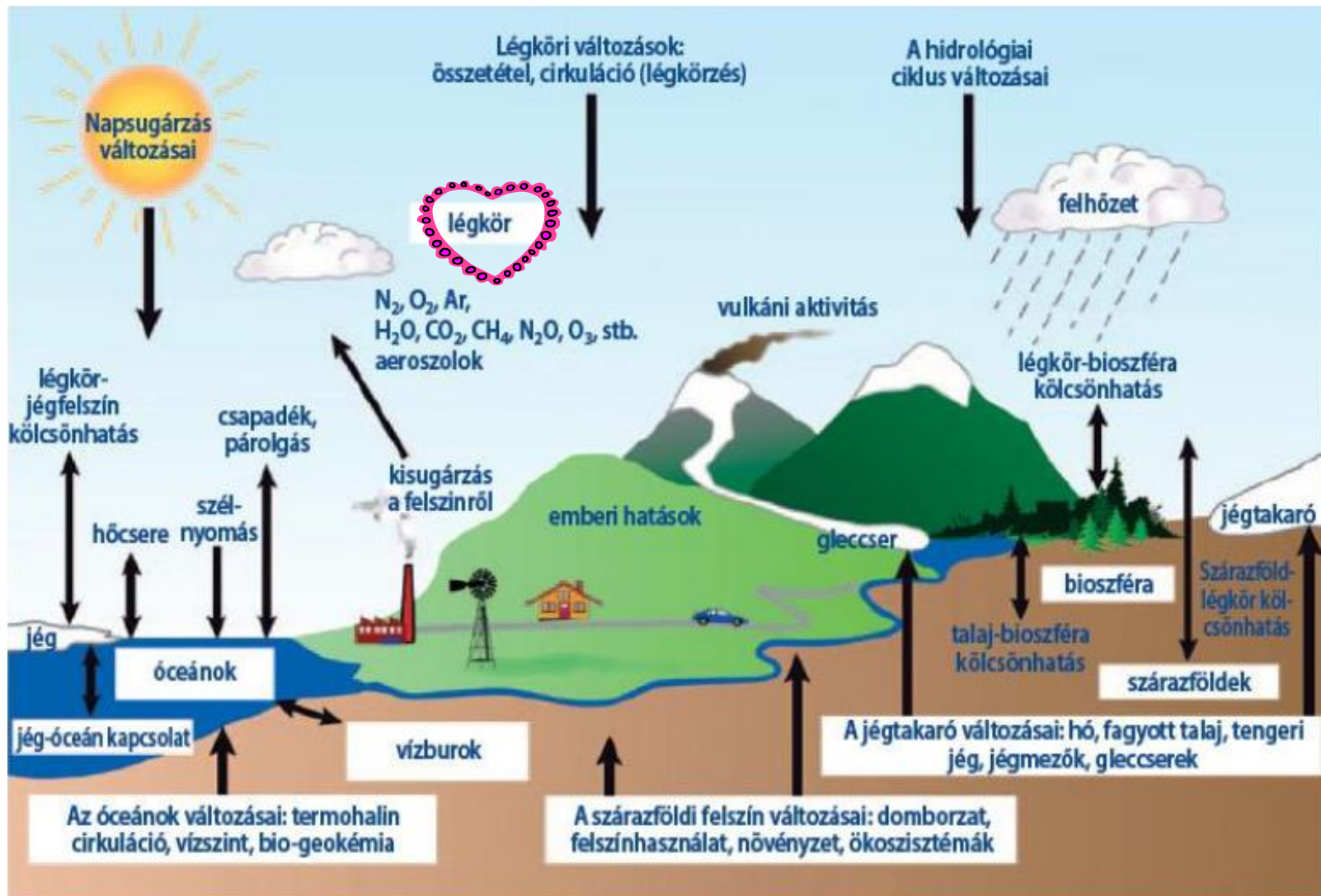
- az éghajlati rendszer hosszú idő folyamán jellemző viselkedése
- jellemzése: statisztikai mérőszámokkal

Milyen hosszú idő?



Éghajlati rendszer:

a légkör és a vele kölcsönhatásban álló 4 geoszféra együttese





Légkör

- a rendszer központi, leginkább instabil és legnagyobb változékonyságú komponense
- állandó összetevők, üvegházhatású gázok
- folyamatok: sugárzás elnyelése, szórása, visszaverése

Mik a legfontosabb állandó összetevők?



Vízburok

- a földfelszín 71%-a
- nagy hőkapacitás („télen fűt, nyáron hűt”)
- a légkörinél jóval lassabb áramlási rendszer
- szén-dioxid elnyelő képesség

Példa
tengeráramlatra?



Jégfelszín

- sarki jég, gleccserek, felszíni hó, tengeri jég
- a beérkező napsugárzás nagyarányú visszaverése

Idegen szóval?



Szárazföld

- kontinentális felszín
- napsugárzás visszaverése és légkör melegítése (hosszúhullámú sugárzás)
- domborzat – dinamikai befolyás a légköri folyamatokra

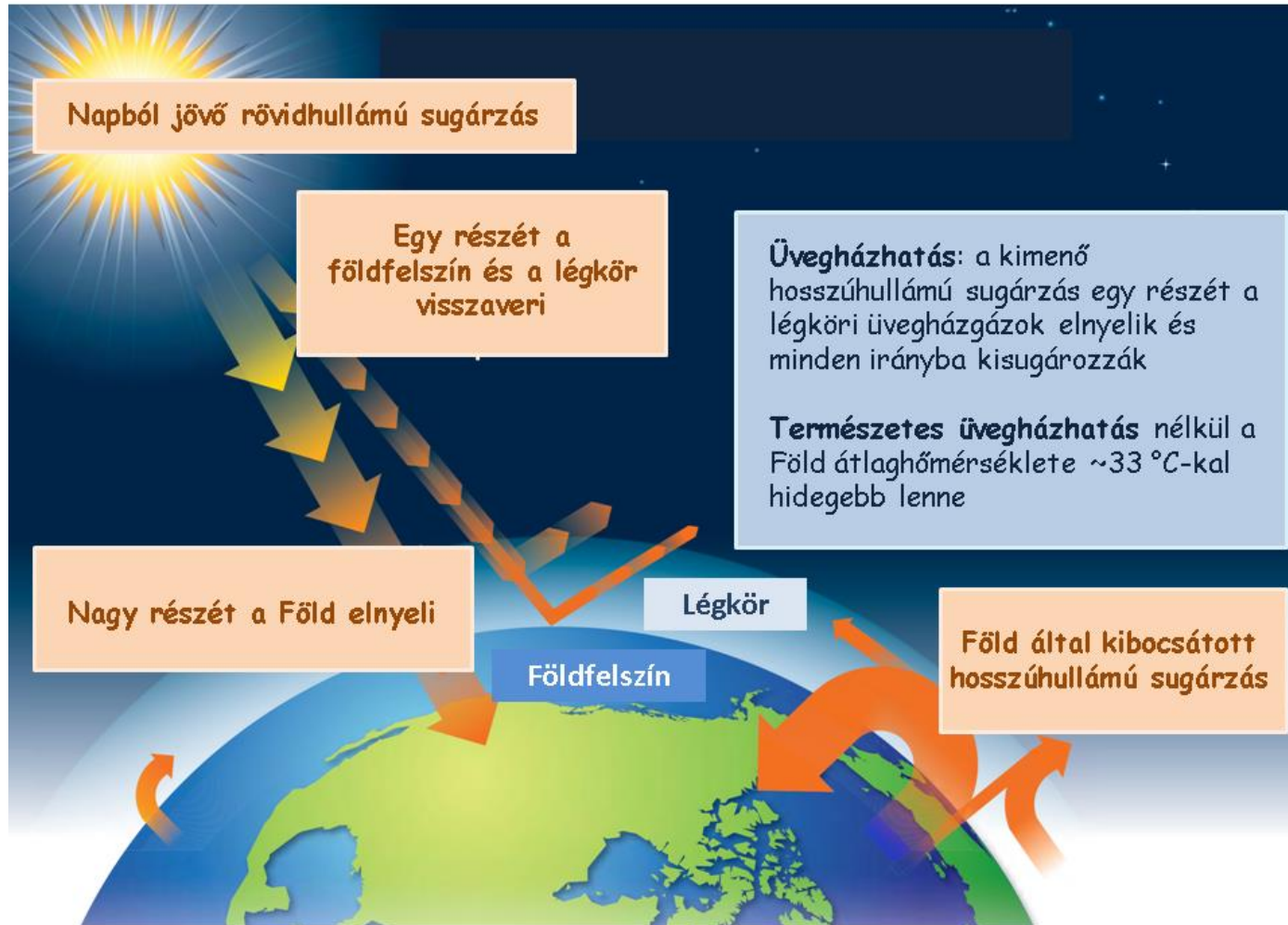


Élővilág

- az élet színtere a Földön (növények, állatok, ember)
- fotoszintézis

A rendszer motorja a Nap – Üvegházhatás

Melyek a legfontosabb
üvegházgázok?



Energiaegyensúly

- az éghajlati rendszer energiaegyensúlyban van

$$\text{beérkező energia} = \text{távozó energia}$$

- ha valamilyen kényszer megbontja az egyensúlyt



a rendszer új egyensúlyi
helyzetre törekszik

Mik befolyásolhatják ezt az egyensúlyt?

Éghajlat-alakító tényezők

□ természetes kényszerek

- napsugárzás változékonysága – napfoltok
- Föld pályaelemeinek változása
- vulkánkitörés (legfeljebb 1-2 éves hatás)



□ antropogén kényszerek

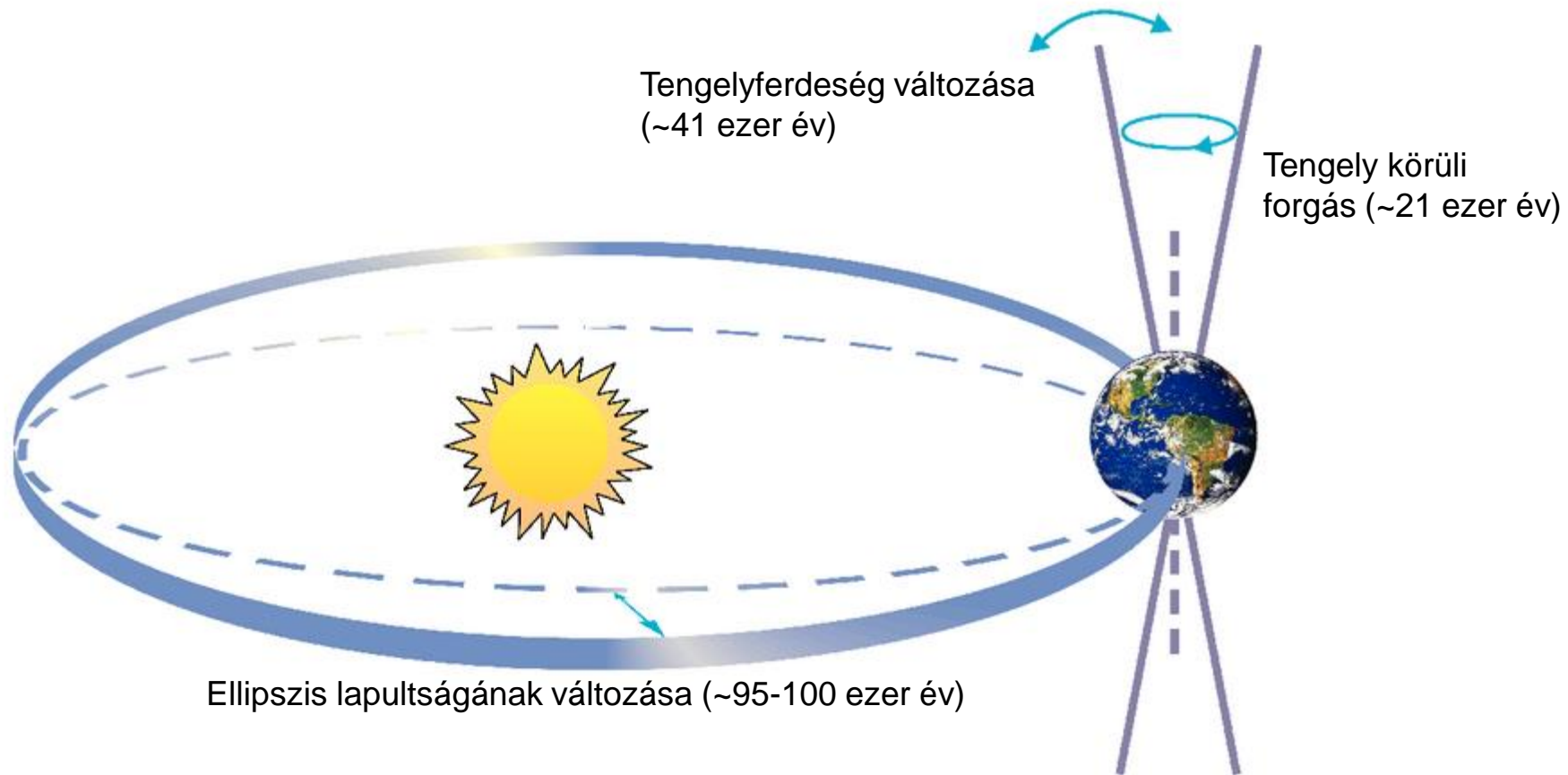
- antropogén üvegházhatás
- földhasználat-változás



□ éghajlat természetes változékonysága

- nemlineáris belső visszacsatolások

Föld pályaelemeinek változása



→ nem emberi léptékű

Természetes visszacsatolások

- öngerjesztő: hőmérséklet-jég
 - növekvő hőmérséklet → olvadó jég → csökkenő globális albedó → tovább növekvő hőmérséklet

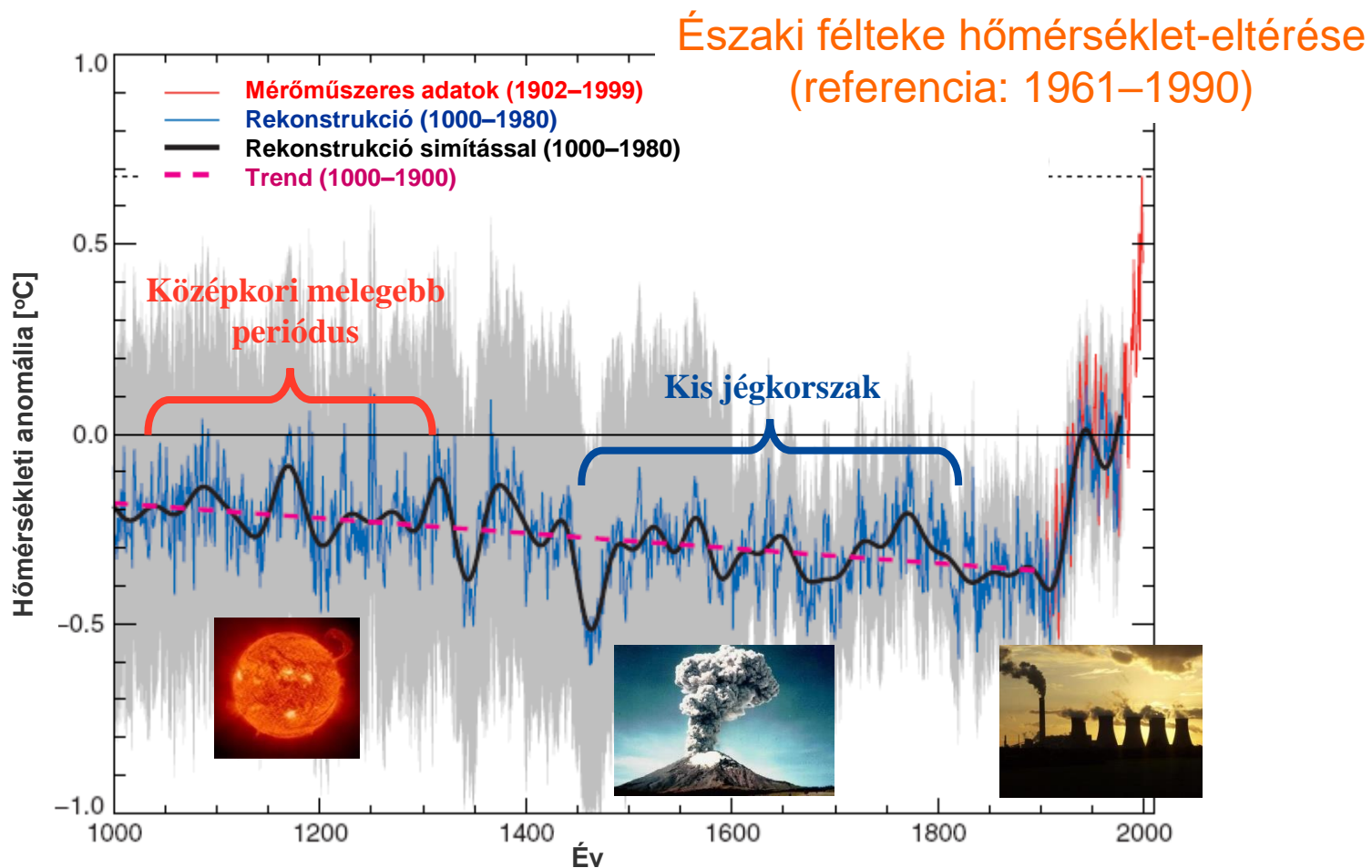


- csillapító: hőmérséklet-felhőzet
 - növekvő hőmérséklet → intenzívebb párolgás → több felhő → kisebb besugárzás → csökkenő hőmérséklet



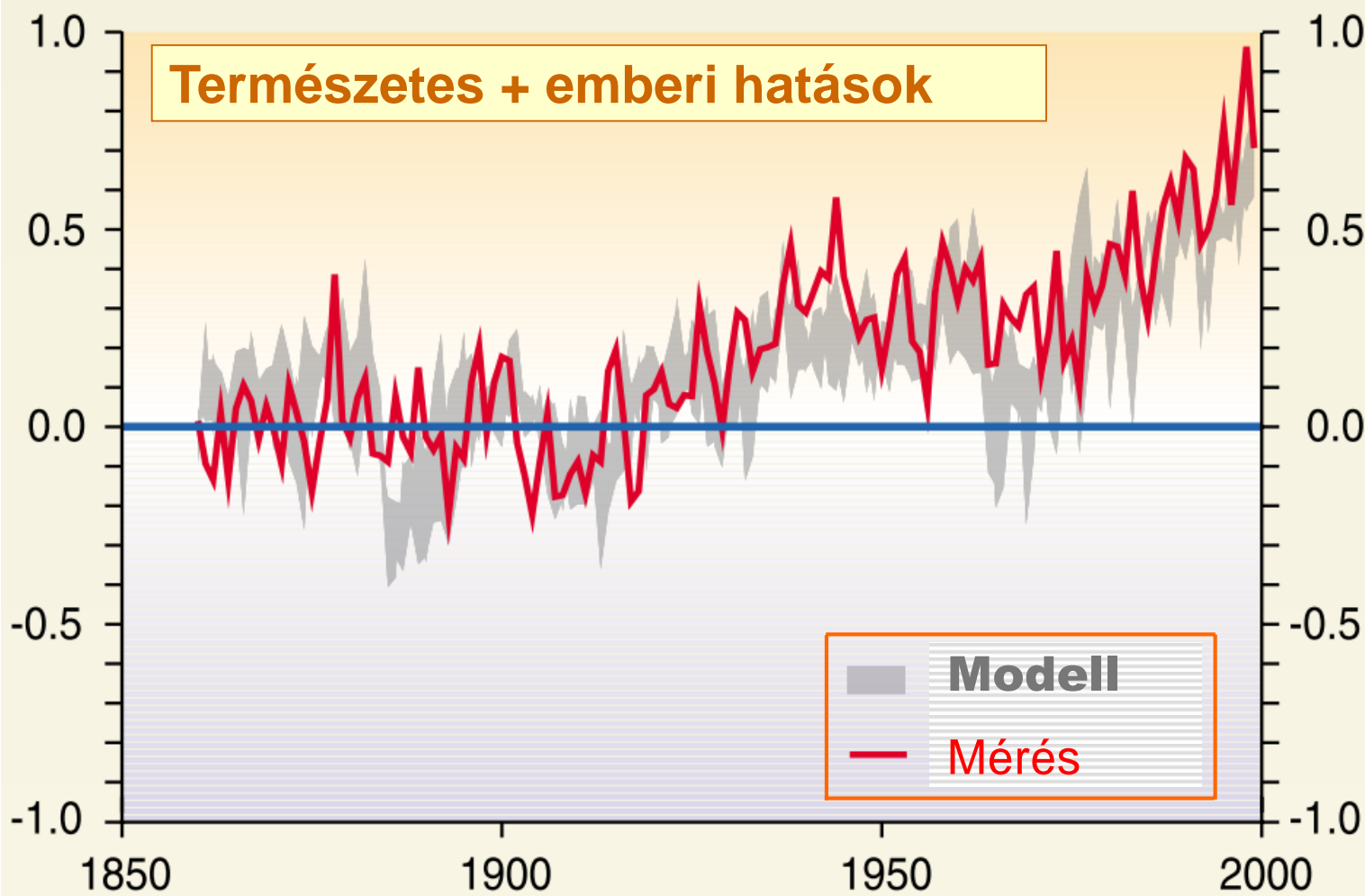
→ ezek eredője = éghajlati változékonyság

Elmúlt 1000 év – az ember hatása?

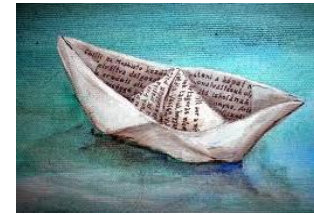


Valóban van hatásunk az éghajlatra?

Globális átlaghőmérséklet változása [°C]

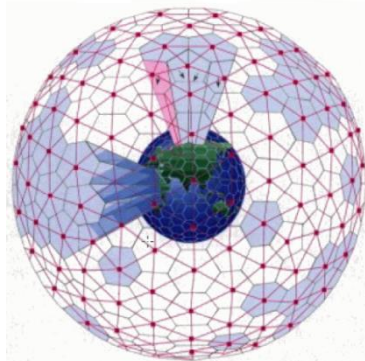


Modellezés

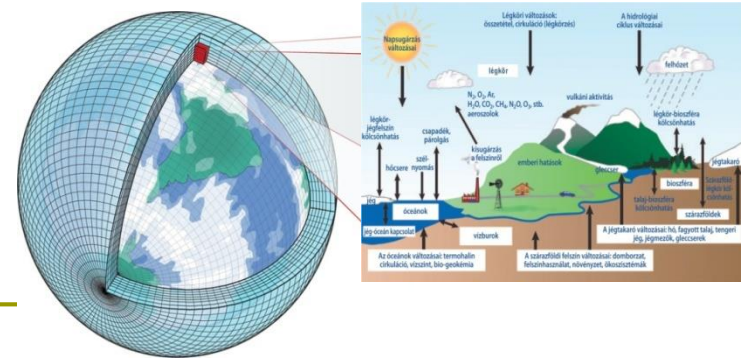


- éghajlati modell célja: az éghajlatot
 - leírni, majd előrejelezni
- fizikai törvényeket leíró matematikai egyenletrendszer
- nincs megoldóképlete → közelítés:
 - szuperszámítógép segítségével oldjuk meg
 - a változók időbeli fejlődését írja le (pl. minden órában)
 - térbeli rácson

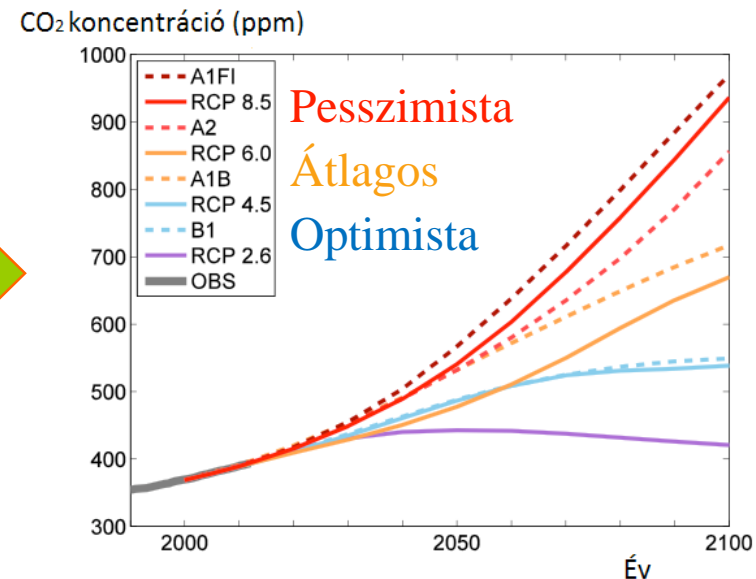
Newton II. törvénye
energia-megmaradás
tömegmegmaradás
gáztörvény



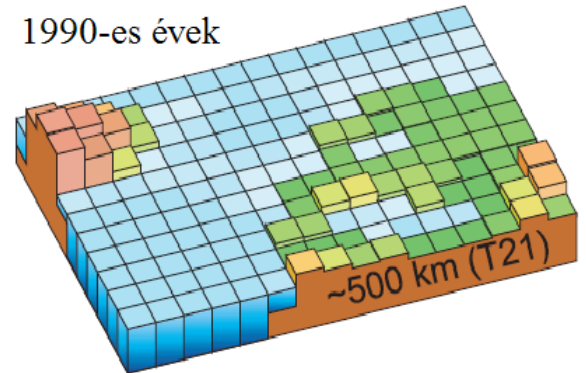
Globális modellek



- a Föld teljes egészén az éghajlati rendszert írja le
- ember hatása: ún. kibocsátási forgatókönyvek figyelembevételével
 - antropogén hatások szén-dioxid-egyenértékben összesítve



Regionális változások?



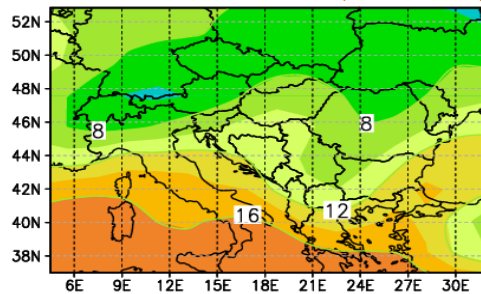
- globális modellek
 - felbontásuk túl durva ~ 100 (Mo.-ra néhány pont)
 - a lokális változások nem jelennek meg



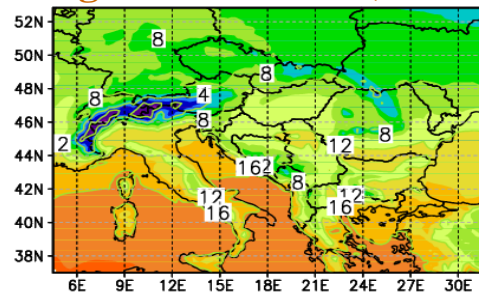
- regionális éghajlati modellek

Átlaghőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], 1961–1990

Globális modell (200 km)

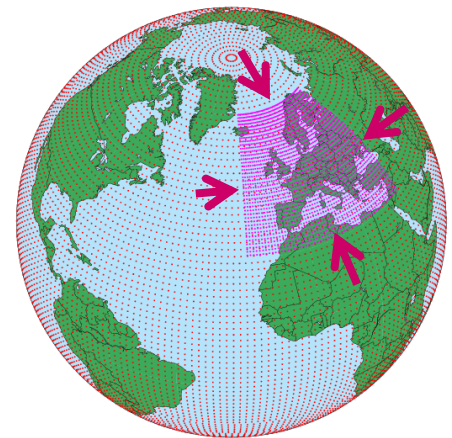


Regionális modell (25 km)



Regionális klímamodellek

- finomabb felbontás ($\sim 10\text{-}25\text{ km}$) -> nagyobb számítási igény -> kisebb területre futtatás
- globális információk kellene hozzá:
kényszerek oldalsó peremfeltételeken keresztül

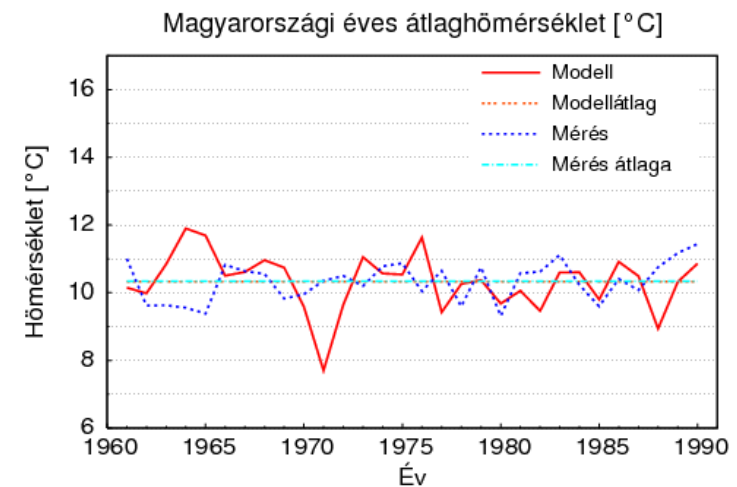


- néhány fizikai folyamat pontosabb leírása (pl. konvektív csapadék)
- felszíni jellemzők pontosabban jelennek meg (domborzat, albedó részletesebb)

A modellek alkalmazása

- ❑ Validáció – megfigyelésekkel összevetés (gyengeségek, szisztematikus hiba megállapítása)
- ❑ elvárt pontosság: 30 év átlaga

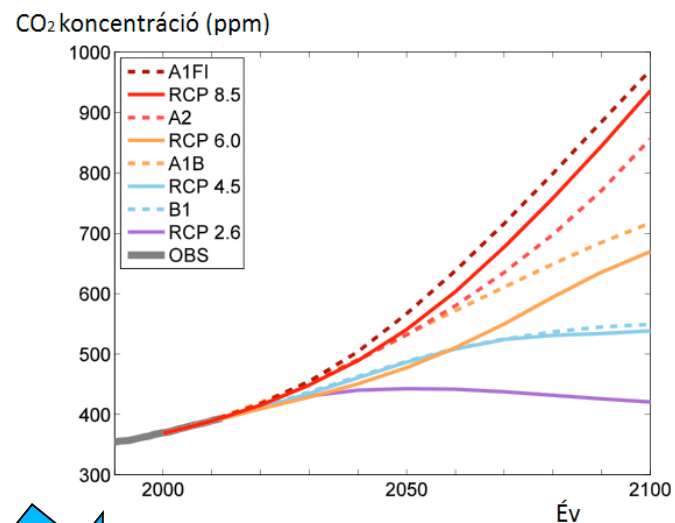
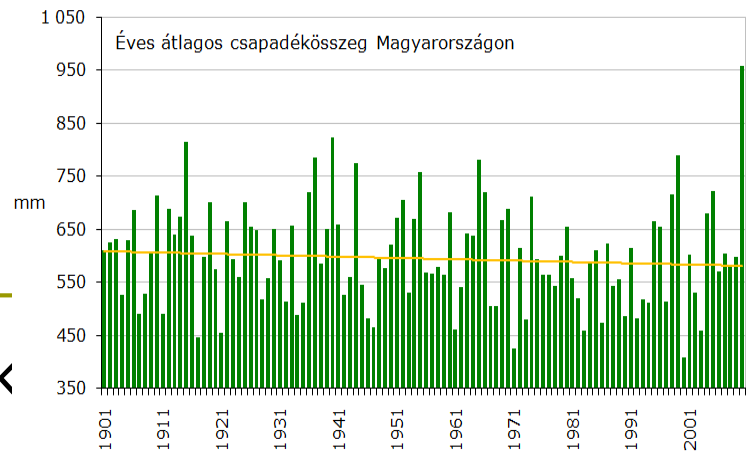
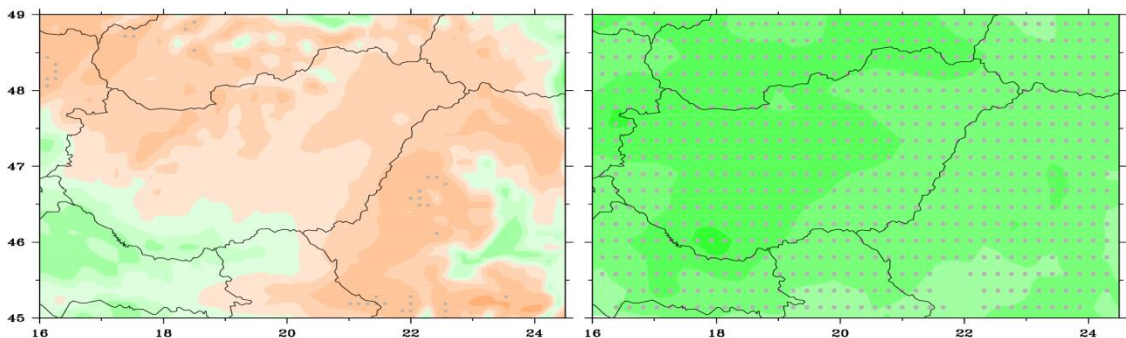
konkrét időjárási helyzetet
(pl. 2019. július 30., 2018. ősz)
nem tudunk előrejelezni



- ❑ feltérképezett gyengeségek alapján fejlesztés
- ❑ Projekció – jövőbeli változások megadása: eltérés a múltbeli referenciától (átlagos hiba eliminálódik)

Bizonytalanságok

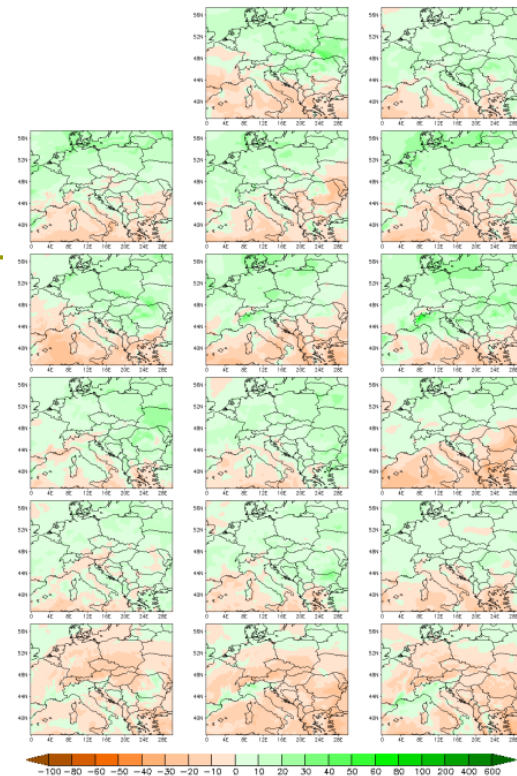
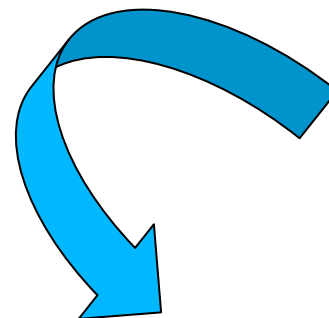
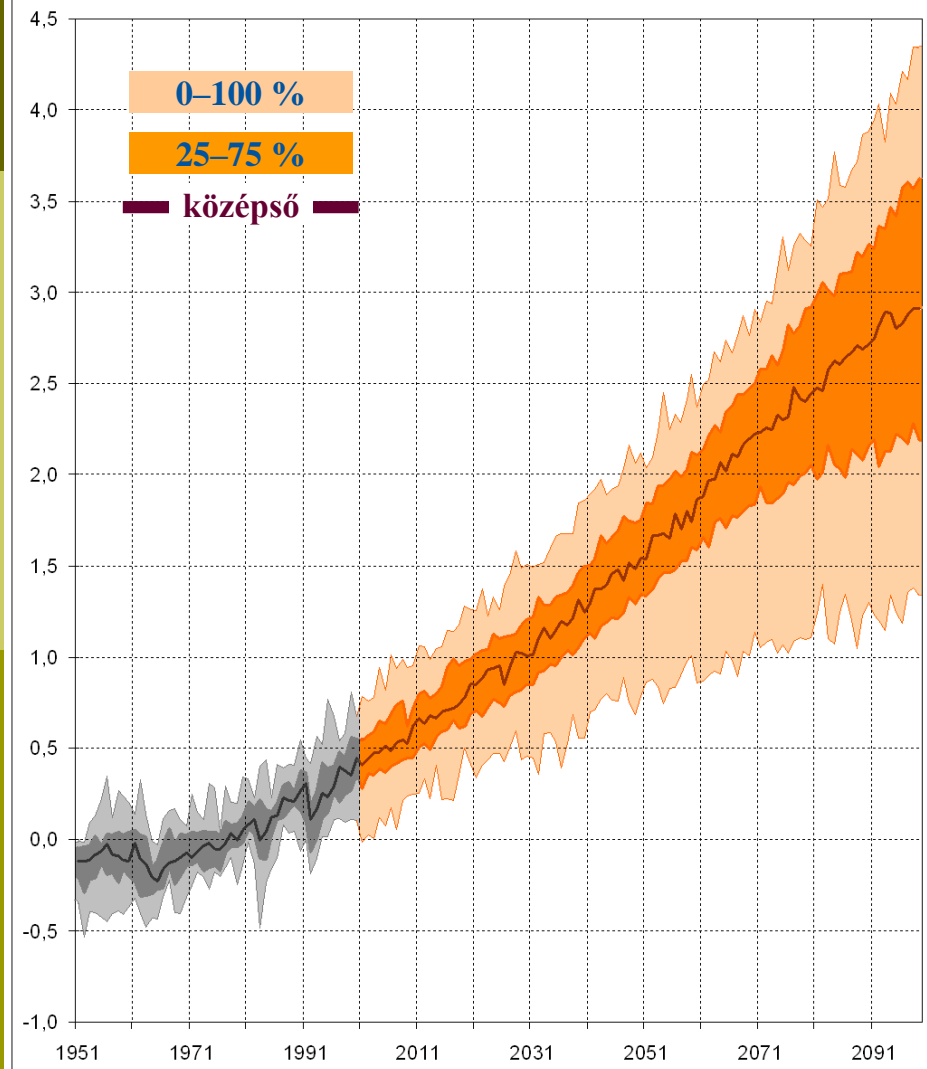
- a modellek még nem tökéletesek
- különböző forrásból származó bizonytalanságok:
 - természetes változékonyság
 - a modellek különbözőek
 - az emberi tevékenység bizonytalansága



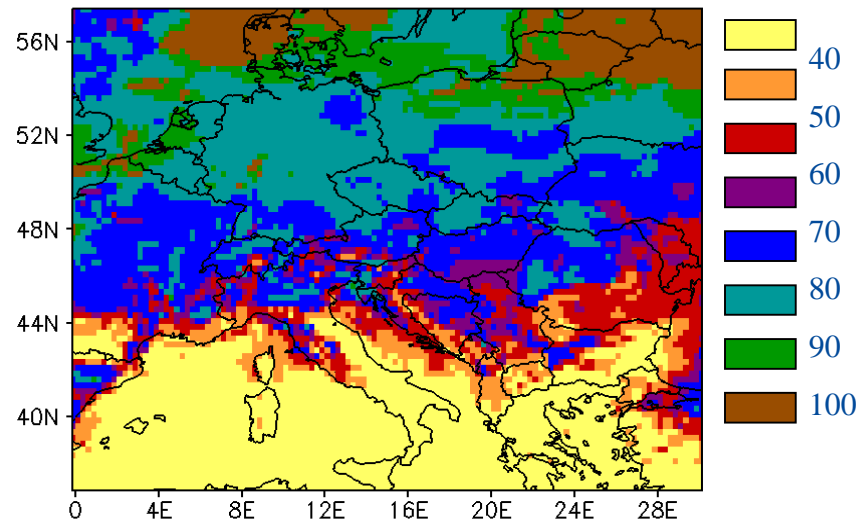
több forgatókönyvvel
meghajtott több
modell eredményét
kell tekintenünk

Példa valószínűségi információra (amivel a felhasználó tud valamit kezdeni)

Globális évi átlaghőmérséklet változása [°C]
Referencia: 1961–1990

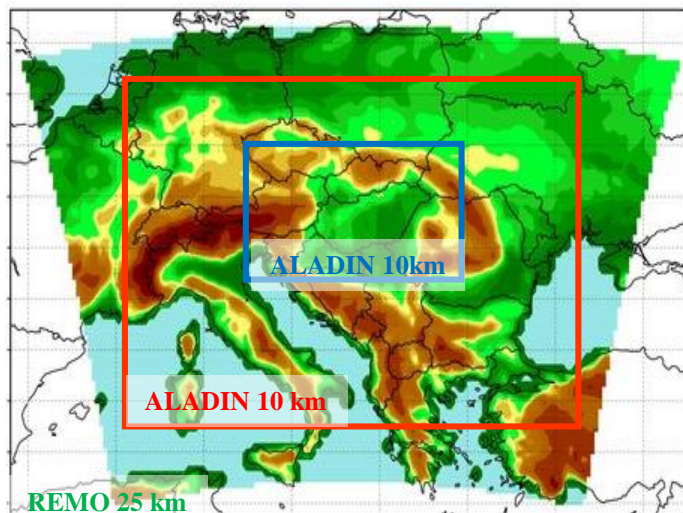
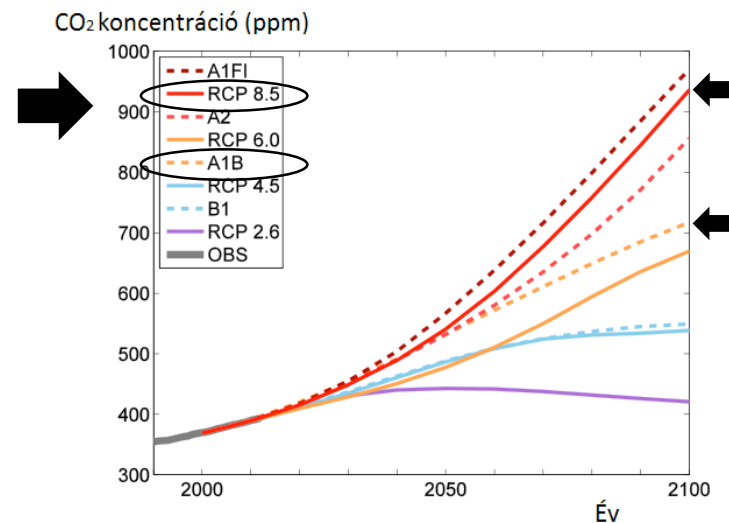


Csapadéknövekedés valószínűsége [%]



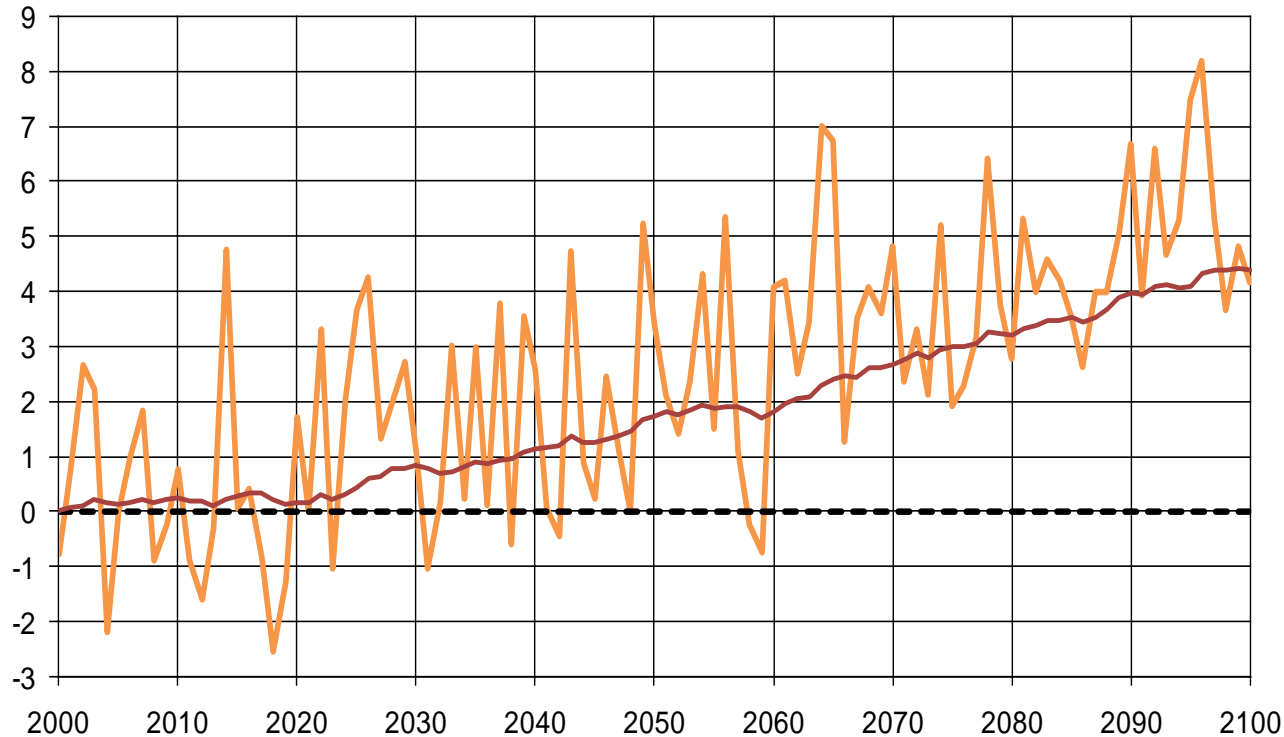
Hazai vizsgálatok (OMSZ: 2 modell, 2 forgatókönyv – a további futások érkeznek)

Modell	Felbontás	Időszak	Forgatókönyv
ALADIN	10 km	1961–2100	A1B
REMO	25 km	1951–2100	A1B
ALADIN	10 km	1950–2100	RCP 8.5



- további vizsgálatok európai modelleredmények felhasználásával
- elsősorban két időszakra koncentrálnunk: 2021–2050
2071–2100
- referencia: 1971–2000 (mert 2006-ban indulnak a forgatókönyvek)

Eredmények: nyári átlaghőmérséklet változása [°C]



- ❑ nem lineáris, de egyértelmű melegedés
- ❑ egyes éveket nem lehet beazonosítani (miért nem?)
- ❑ mivel jár ez a néhány fokos melegedés? hideg szélsőségek csökkenése, extrém melegek gyakoriságnövekedése

Hőségnapok változása [nap]

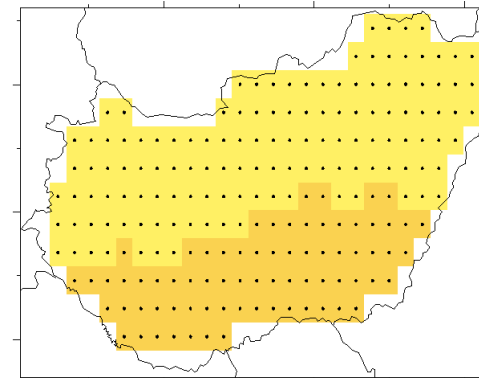
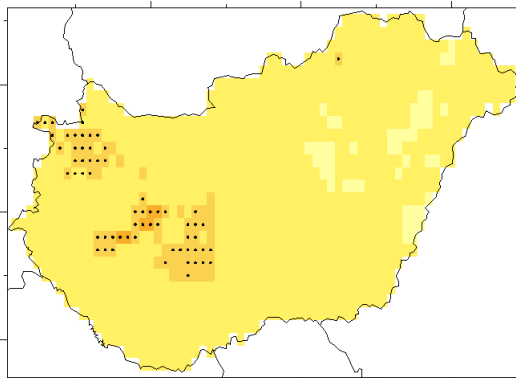
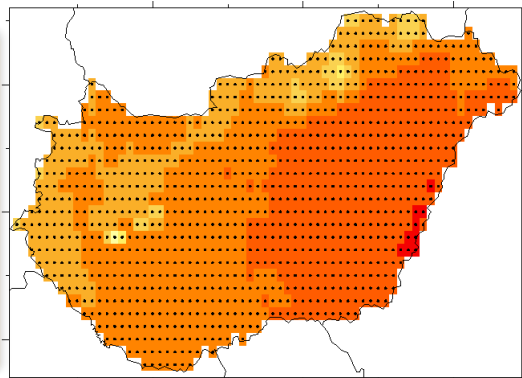
Hőségnap: $T_{\max} \geq 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Modell 1

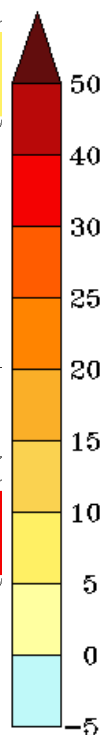
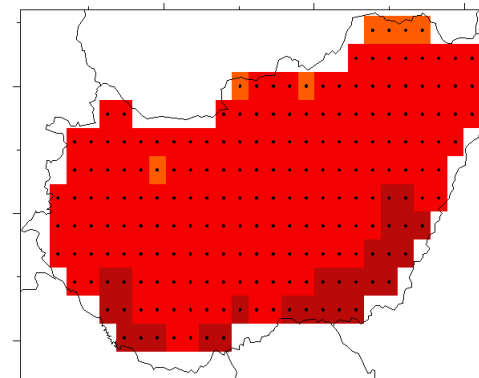
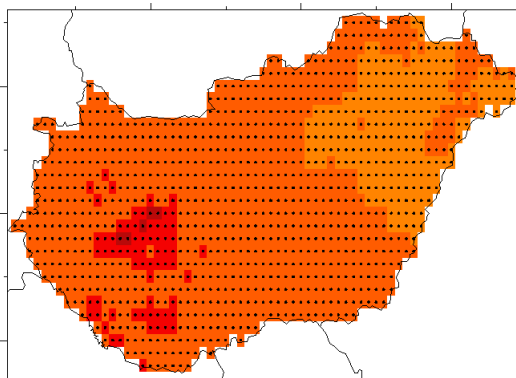
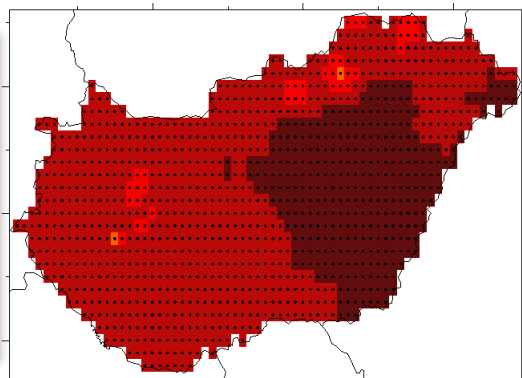
Modell 2

Modell 3

2021–2050



2071–2100



Csapadéknövekedés valószínűsége 2021–2050-re 3 szimuláció alapján

Tavaszi

Nyári

Őszi

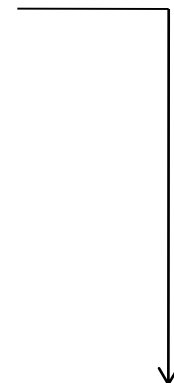
Téli

100%

66%

33%

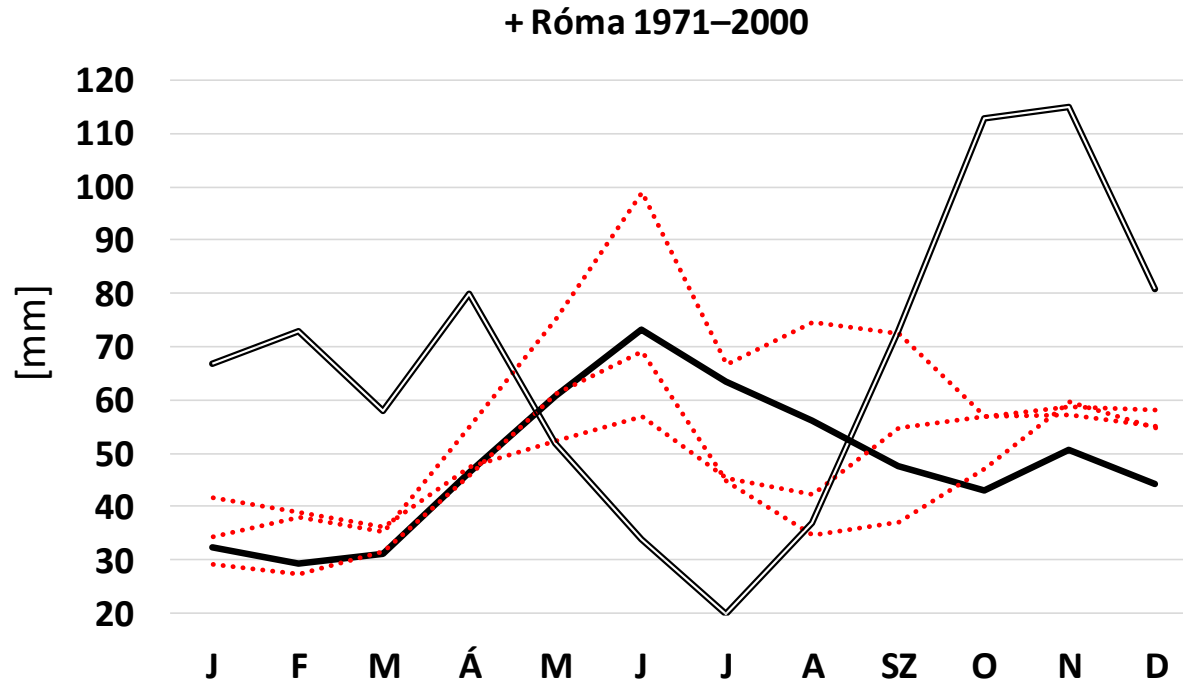
0%



Ha nincs egyetértés,
bizonytalan:
(24) európai
szimuláció
bevonásával
finomíthatjuk a
következtetést

Mit jelent a 66%-os valószínűség?

Csapadék éven belüli eloszlása 3 szimuláció szerint (2071–2100-ra)



- nyáron inkább csökkenés + téli félévben növekedés
→ éves menet kissé átrendeződik (de ez az országos átlag!)
→ hazánk éghajlata nem lesz mediterrán (**mit jelent ez a római görbe szerint?**)

A csapadékintenzitás növekedésének valószínűsége 2021–2050-re 3 szimuláció alapján

Tavaszi

Nyári

Őszi

Téli

100%

66%

33%

0%

Csapadék: mm-ben
adják meg, 1 mm=1 liter
1 m² felületen

Intenzitás: adott
időtartam alatt hulló
csapadék (pl. 1 nap alatt
10 mm)

tavasszal nem, többi évszakban inkább növekszik

Mindez mire jó?

Éghajlatváltozás vizsgálata
(információ több modellből)

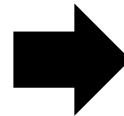
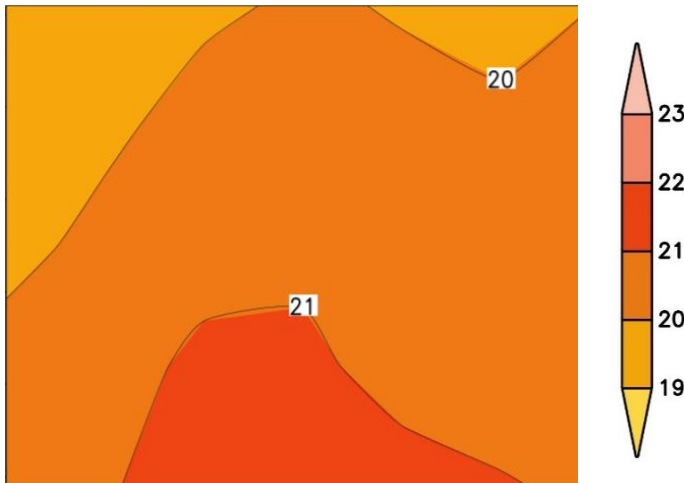


Hatások vizsgálata (pl. városklíma modellel)

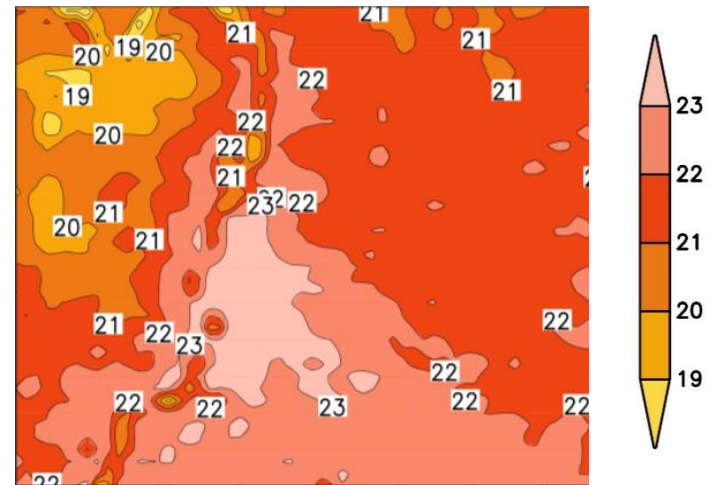


Eredmények felhasználása:
tervezés,
döntéshozás során
(pl. városfejlesztés)

Klímamodell eredmény
10 km-es felbontás



Városi hősziget modellezése
1 km-es hatásvizsgálat



Összefoglalás I. – klímamodellezés

- időjárás \leftrightarrow éghajlat (jellemzése: statisztikai mérőszámokkal)
- Előrejelzése modellekkel lehetséges
- regionális klímamodellek: globális eredmények pontosítására
- bizonytalanságok \rightarrow valószínűségi információ
- a jövőbeli hatások jól számszerűsíthetők \rightarrow megfelelően és költséghatékonyan tudunk felkészülni az éghajlat változására

Összefoglalás II. – várható változások

- melegedés minden évszakban, de nyáron a legintenzívebb (azonban nem folyamatosan!)
 - a hideg szélsőségek előfordulása csökken, a melegeké nő
- csapadék:
 - nyáron bizonytalan, a többi évszakban inkább növekedés
→ kis éven belüli átrendeződés
 - csapadékintenzitás egyértelműen nőni fog

Köszönjük a figyelmet!

www.met.hu/RCM

szabo.p@met.hu

