



Klínamodellezés az OMSZ-ban

Bán Beatrix és Zsebeházi Gabriella

Modellezési Osztály

Országos Meteorológiai Szolgálat



Alapítva: 1870



Tartalom

- Mit takar a modellezés?
- Időjárás előrejelző modell vs. klímamodell
- A klímamodellezés menete (validáció, projekció, eredmények)
- Bizonytalanságok
- Eredmények felhasználása
- Városklíma modellezés

Mit takar a modellezés?

A valóság egyszerűsített mása

Meteorológiai modell:

- célja: a valós időjárást, éghajlatot megismerni, leírni, előrejelezni
- fizikai törvényeket leíró matematikai egyenletrendszer

Newton II. törvénye:
mozgásegyenletek

Tömegmegmaradás

Nedvesség tömegmegmaradása

Energiamegmaradás

Gáz állapotegyenlete



Mit takar a modellezés?

Meteorológiai modell:

- célja: a valós időjárást, éghajlatot megismerni, leírni, előrejelezni
- fizikai törvényeket leíró matematikai egyenletrendszer

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \vec{g} - 2\vec{\Omega} \times \vec{V}$$

$$\frac{d\rho}{dt} = -\rho\nabla\vec{V}$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{M}{\rho}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{\rho c_p} Q + \frac{RT}{\rho c_p} \frac{dp}{dt}$$

$$p = \rho RT$$

- Keressük az egyenletrendszer megoldását
- Nincs „megoldóképlet”

~~$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$~~

- Közelítő (numerikus) módszereket kell alkalmaznunk

Folytonos egyenletek

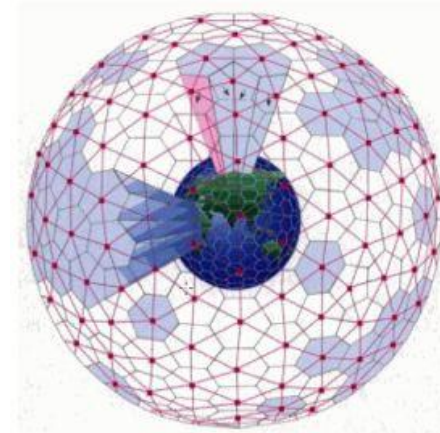


Diszkretizáció

Diszkrét egyenletek

Térbeli közelítés:

- a folytonos meteorológiai változókat egy háromdimenziós rácsra képezzük le
- véges differencia – deriváltak közelítése rácsponti értékekkel



Időbeli közelítés:

- az előrejelzési időtávot kisebb időlépcsőkre osztjuk fel
- a térben diszkrétizált egyenleteket időlépésenként oldjuk meg





Modellezés

A megoldáshoz rendkívüli
számításigényre van
szükség

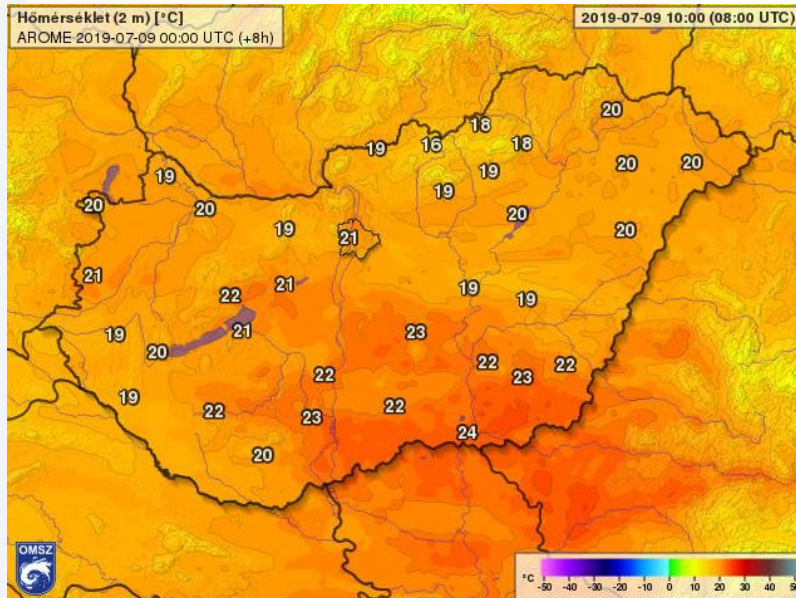


Szuperszámítógép
segítségével oldhatók meg
reális időn belül



Időjárás előrejelzés

- a légköri folyamatok változását tekintjük
- előrejelzés: pontos időbeli és térbeli leírás
- kezdeti feltételek fontossága



Éghajlat „előrejelzése”

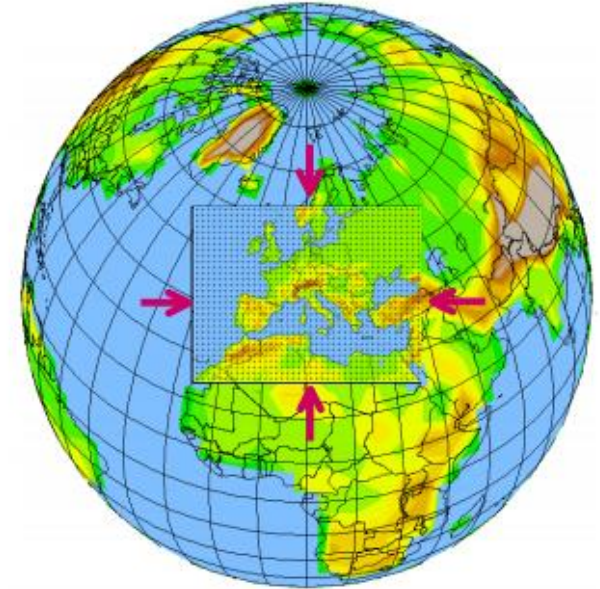
- Kérdés: miként változna az éghajlat egy megváltozott kényszer hatására?



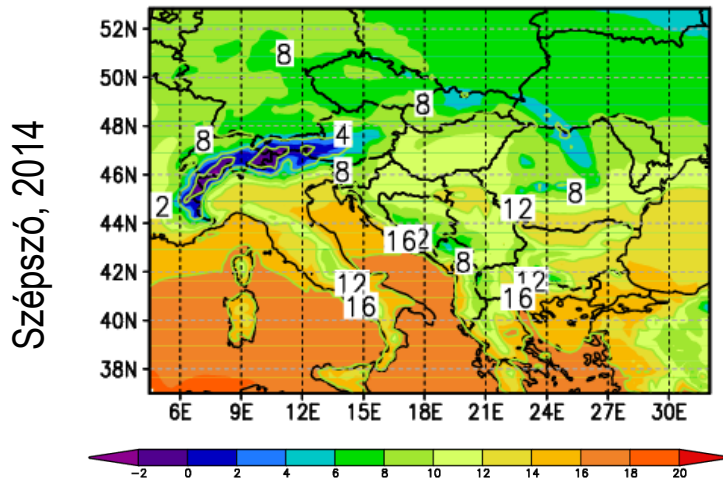
- A teljes éghajlati rendszert tekintjük
- Lassú folyamatok kormányozzák
- A szokásos viselkedését akarjuk leírni (több tíz évet tekintünk)

Globális modellek (GCM)

- 250-100 km felbontás
- Magyarországra néhány pont
- Alkalmazás: az éghajlati rendszer válasza a megváltozott kényszerre



Átlaghőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], 1961–1990
Regionális (25 km)



Regionális modellek (RCM)

- Kiseb terület, finomabb felbontás \rightarrow folyamatok pontosabb leírása
- Alkalmazás: a globális információ finomítása, a lokális változások vizsgálata



A modellezés menete

1. Érzékenységvizsgálat

Modellbeállítások tesztelése egy rövidebb időszakon

Felmerülő kérdések:

- Növelhető a modell **felbontása**?
- Tartomány **mérete és elhelyezkedése** megfelelő-e?
- **Parametrizációkat** jól választottuk meg?

2. Validáció

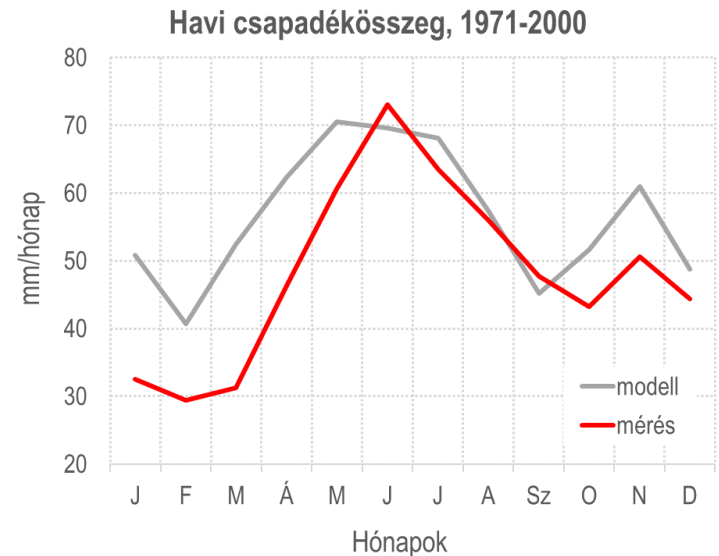
A modelleket egy múltbeli időpontból indítjuk (pl. 1950) és a XXI. század végéig futtatjuk

Múltbeli időszakon mérésekkel (referencia adatbázis) vetjük össze

- Ilyen adatbázis: E-OBS, CARPATCLIM-HU
- Elvárt pontosság: az éghajlati jellemzők leírása (legalább 30 évet vizsgálva)

Korlátos tartományú modell esetén határfeltételek szükségesek:

- Re-analízis (csak múltra és jelenre)
- GCM (globális klímamodell) meghajtás





A modellezés menete

2. Validáció

A modelleket egy múltbeli időpontból indítjuk (pl. 1950) és a XXI. század végéig futtatjuk

Múltbeli időszakon mérésekkel (referencia adatbázis) vetjük össze

- Ilyen adatbázis: E-OBS, CARPATCLIM-HU
- Elvárt pontosság: az éghajlati jellemzők leírása (legalább 30 évet vizsgálva)

Korlátos tartományú modell esetén határfeltételek (LBC) szükségesek:

- Re-analízis (csak múltira és jelenre)
- GCM (globális klímamodell) meghajtás

Re-analízis peremfeltétel

- Re-analízis: „Tökéletes” LBC
- A szimuláció követi a megfigyelések időbeli menetét
- RCM hibáiról, erősségeiről ad információt

GCM peremfeltétel

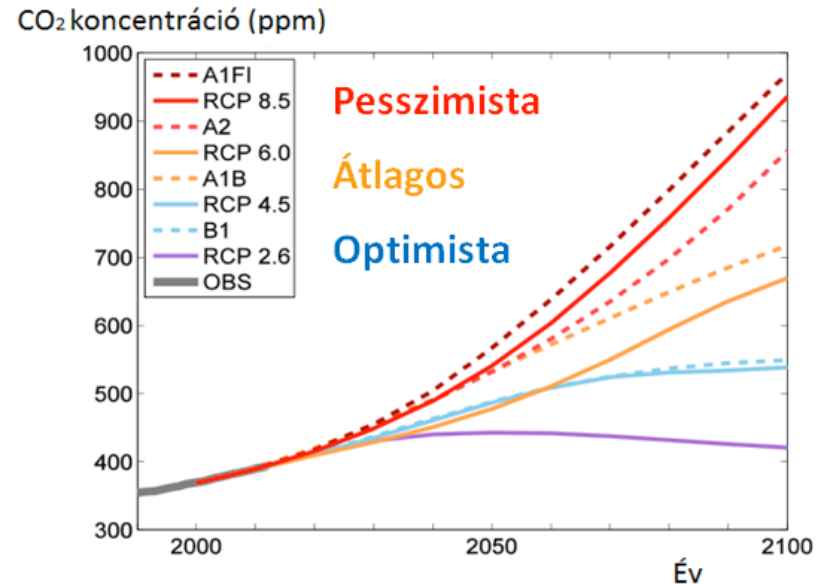
- A teljes GCM-RCM lánc együttes hibáiról, erősségeiről ad információt.
- A szimuláció nem követi a megfigyelések időbeli menetét, mert kapcsolata a valósággal csak az üvegházgáz koncentrációkon keresztül van
- Projekció csak GCM határfeltétellel lehetséges

3. Projekció

A jövőbeli időszakon a változások feltérképezése a 21. században

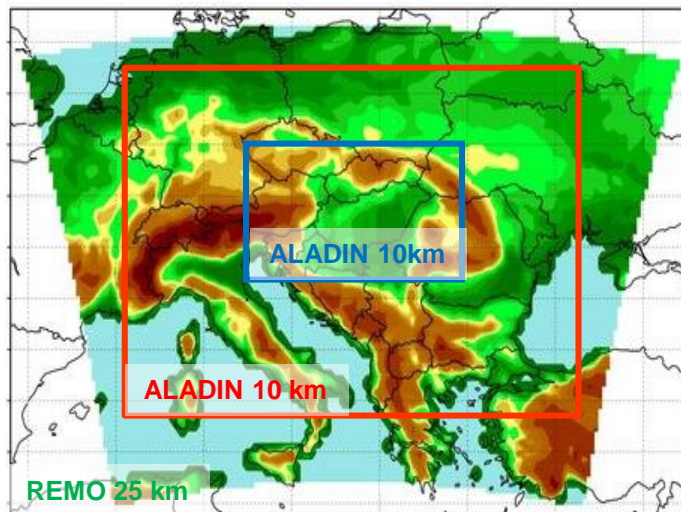
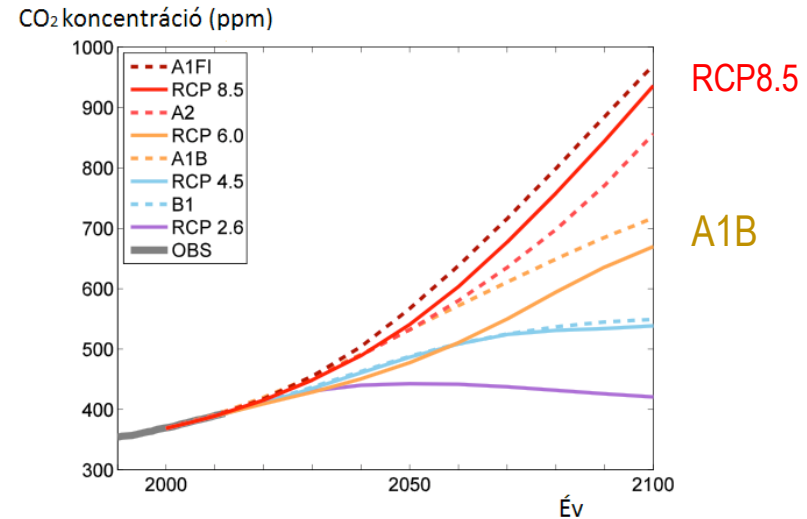
Az emberi tevékenység leírására forgatókönyvek

- Ha ... → ... akkor kérdésre keressük a választ
- ~~Előrejelzés~~ → feltételes projekciók
- Számszerűsítése : CO₂ koncentráció, sugárzási kényszer alakulása



Az OMSZ-ban a kutatások két modellel és két forgatókönyvvel folynak:

Modell	Felbontás	Időszak	Forgatókönyv
ALADIN	10 km	1961-2100	A1B
REMO	25 km	1951-2100	A1B
ALADIN	10 km	1950-2100	RCP8.5
ALADIN	10 km	1950-2100	RCP4.5



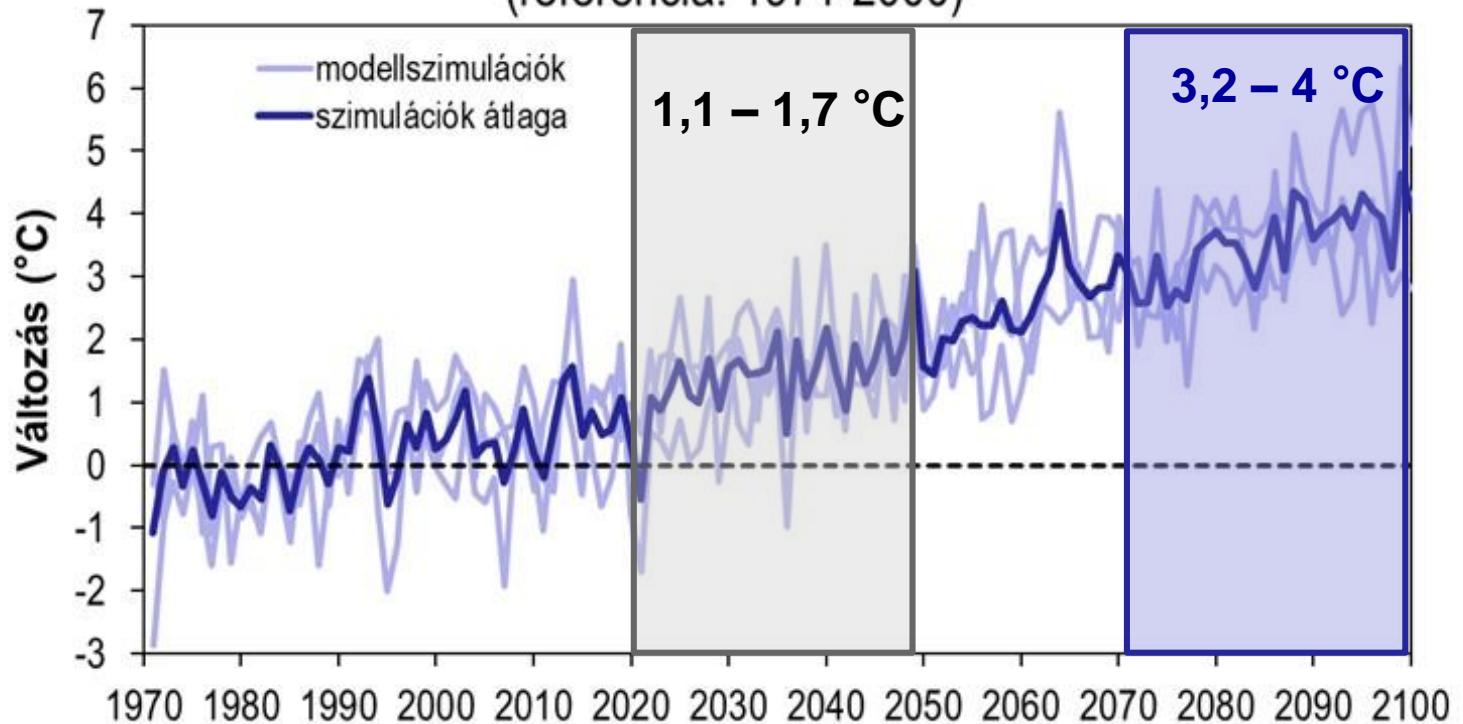
- További vizsgálatok európai modelleredmények felhasználásával
- Jövőbeli változások vizsgálata: 2021–2050, 2071–2100
- Referencia: 1971–2000



„A jövőben egyre melegebb lesz...”

...De milyen mértékben és milyen következményekkel jár ez?

Éves hőmérsékletváltozás
(referencia: 1971-2000)

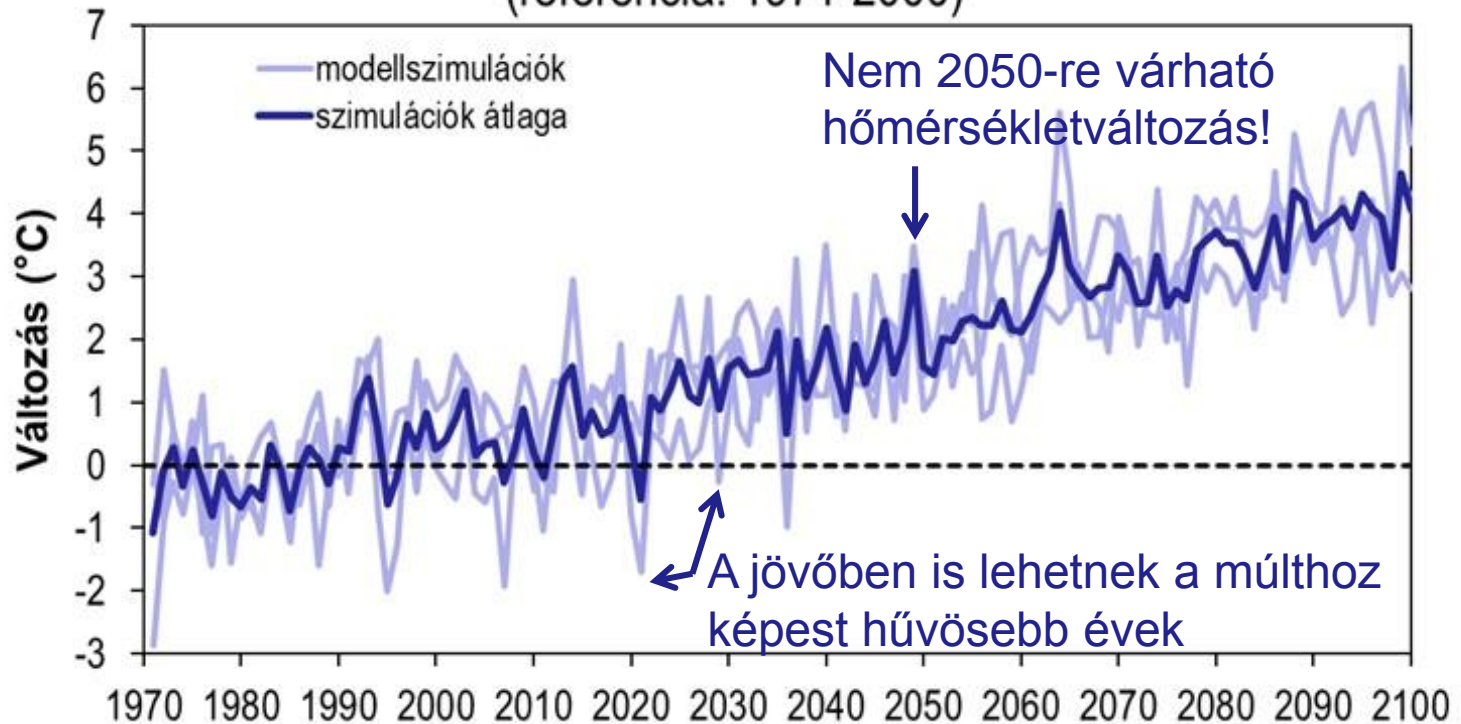




„A jövőben egyre melegebb lesz...”

...De milyen mértékben és milyen következményekkel jár ez?

Éves hőmérsékletváltozás
(referencia: 1971-2000)



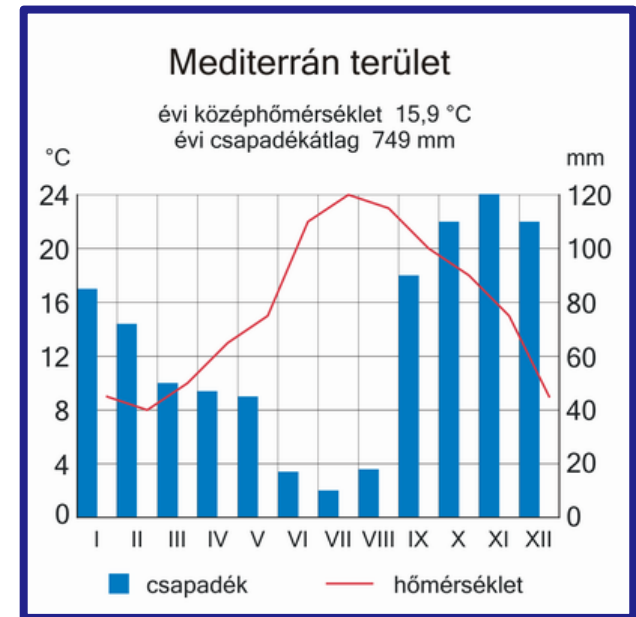
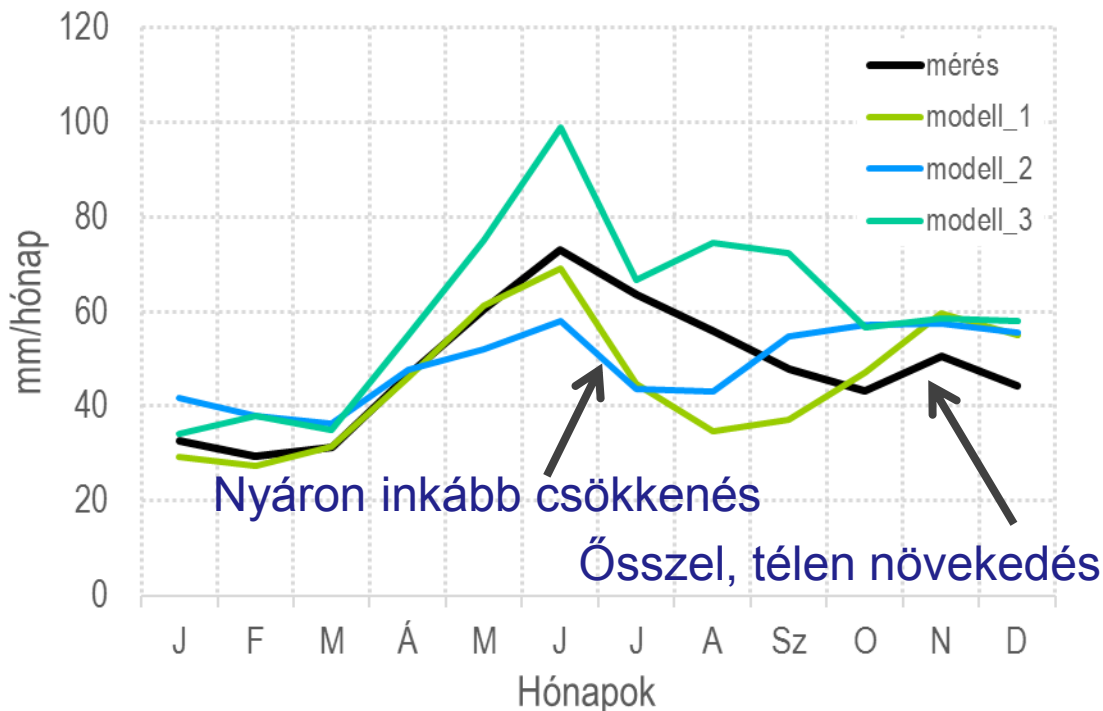
Csapadékváltozás, 2071–2100



„Mediterrán lesz Magyarország éghajlata”

A modelleredmények alapján nem

Magyarországi havi átlagos csapadékösszeg





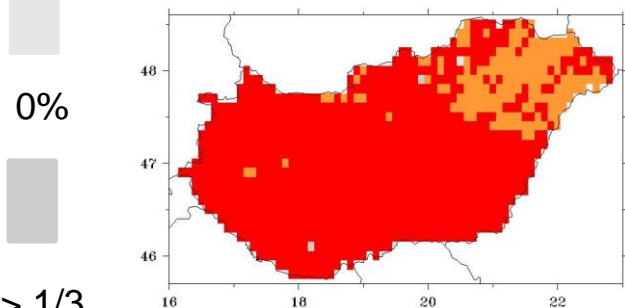
Napi hőmérséklet és csapadékosság változása, 2071-2100

Nyári száraz időszakok maximális hosszának változása (%)

Őszi csapadékintenzitás változása (%)

Nyári napok ($T_{\max} > 25\text{ °C}$) változása

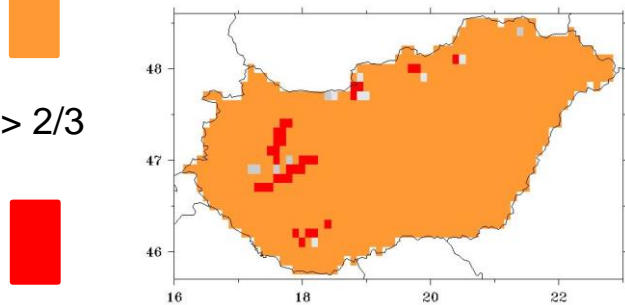
> 10 napos növekedés valószínűsége



0%

> 1/3

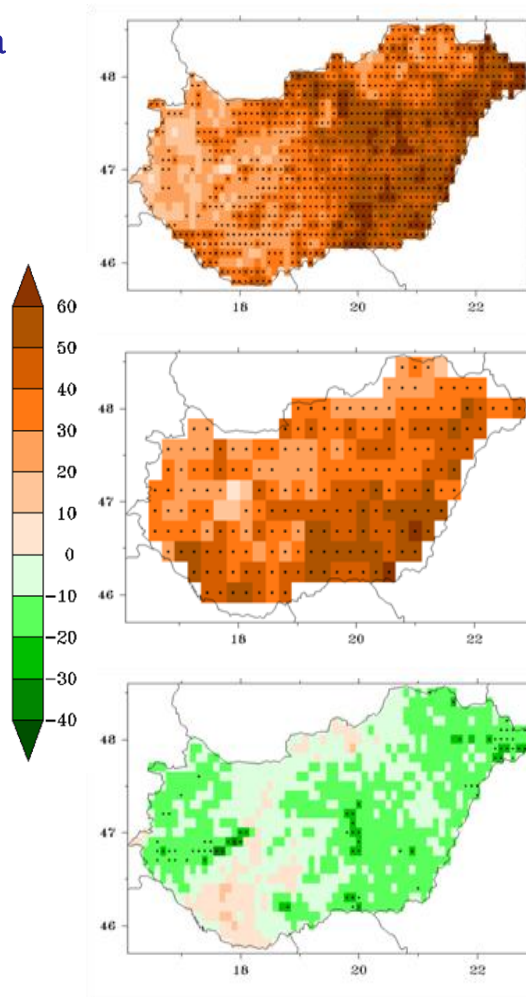
> 20 napos növekedés valószínűsége



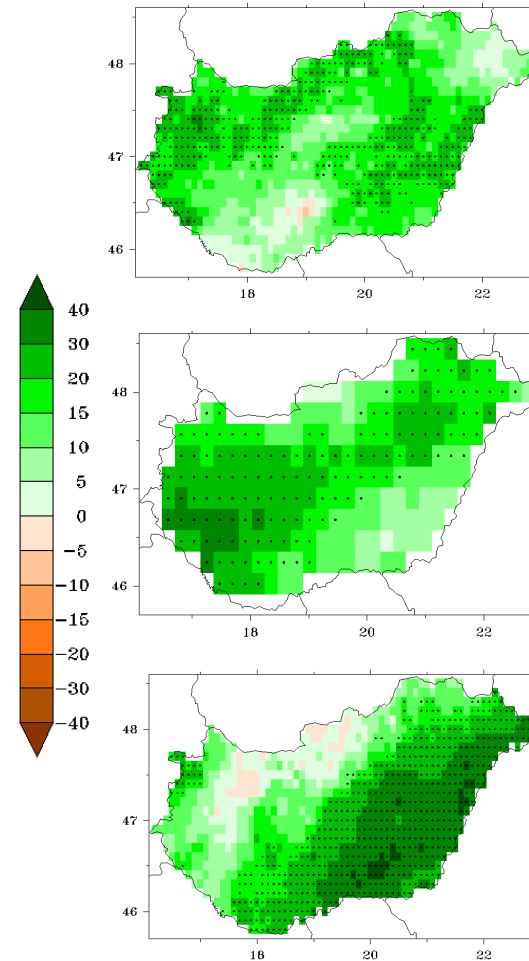
> 2/3

100%

Referencia: 1971–2000



Napi csapadékösszeg < 1 mm



Csapadékösszeg /
csapadékos napok száma