

31. Meteorológiai Tudományos Napok

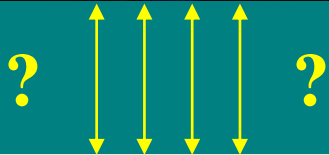
Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások
Budapest, 2005. november 24-25.

A PRECIS regionális klímamodell és adaptálása az ELTE Meteorológiai Tanszékén

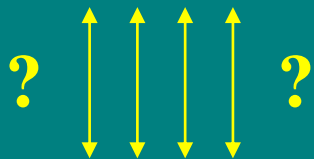
Bartholy Judit



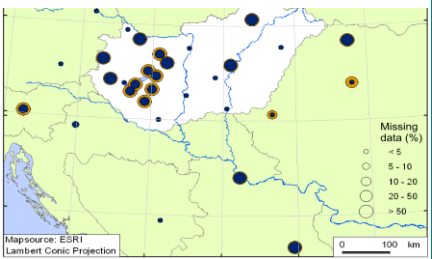
**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Meteorológiai Tanszék**



Európa



Kárpát-medence



VÁZLAT

- I. Regionális klímamodellezés, korlátok és fejlődési irányok
- II. Európában és a Kárpát-medencében várható éghajlati tendenciák a XXI. századra
- III. Regionális éghajlati modellek adaptációja, validációs eredmények
- IV. Következtetések

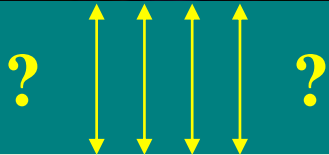


Éghajlati scénáriók regionalizációjának módszerei

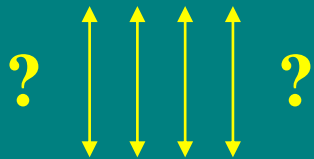
1. Finom felbontású és nem egyenletes rácsfelbontású AGCM és AOGCM modellek szakaszos futtatásai (30 éves időszakokra)

2. Regionális éghajlati modellek (RCM-ek)

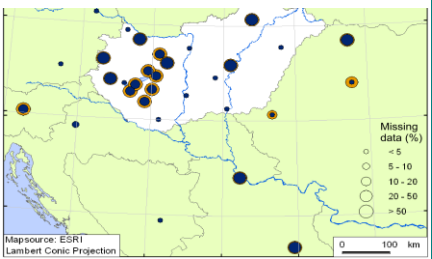
3. Empirikus/statisztikus és statisztikus/dinamikus modellek



Európa



Kárpát-medence



Regionális éghajlati modellek (RCM)

- Numerikus előrejelzési modellekből származnak
- GCM-ekből származó kezdeti feltételek vezérik őket, melyek időfüggő, meteorológiai és felszíni határ-feltételek
- Képesek fizikailag érvényesíteni finomabb skálájú kényszereket (pl. komplex topográfia, vagy felszíni inhomogenitások)
- Egy finomabb térskálán képesek szimulálni a légkör cirkulációját, s a meteorológiai állapotjelzők változásait

A dinamikus regionális leskálázó modellek előnyei

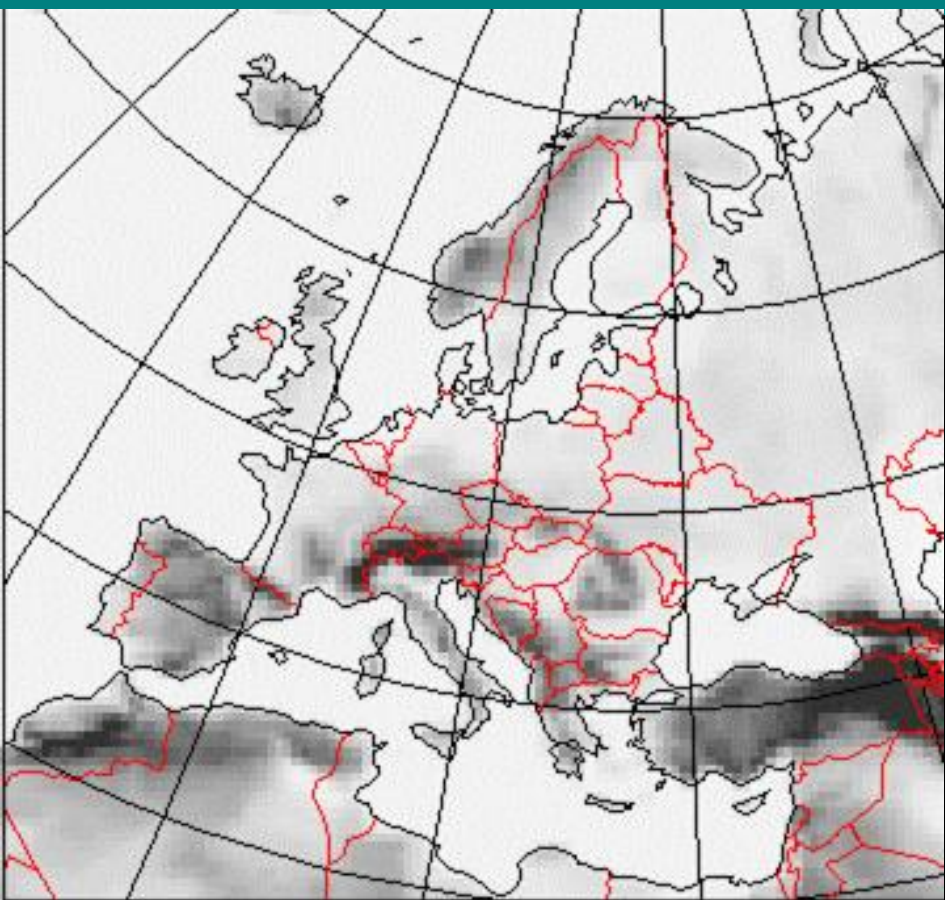
Általános cirkulációs modellek
(GCM) az egész Földre

- Nagy skálájú folyamatok
- Nagy számítógép-igény
- Az extrém eseményekre nem adható becslés

Regionális éghajlati modellek (RCM)

- Az orográfia regionális hatásai közelíthetők
- PC-ken futtathatók
- Az extrém események realisabb leírása

**Európa domborzatának megjelenése
egy 50 km-es felbontású (balra) és
egy 300 km-es felbontású tipikus AOGCM modellben (jobbra)**



50 km-es rácsfelbontás

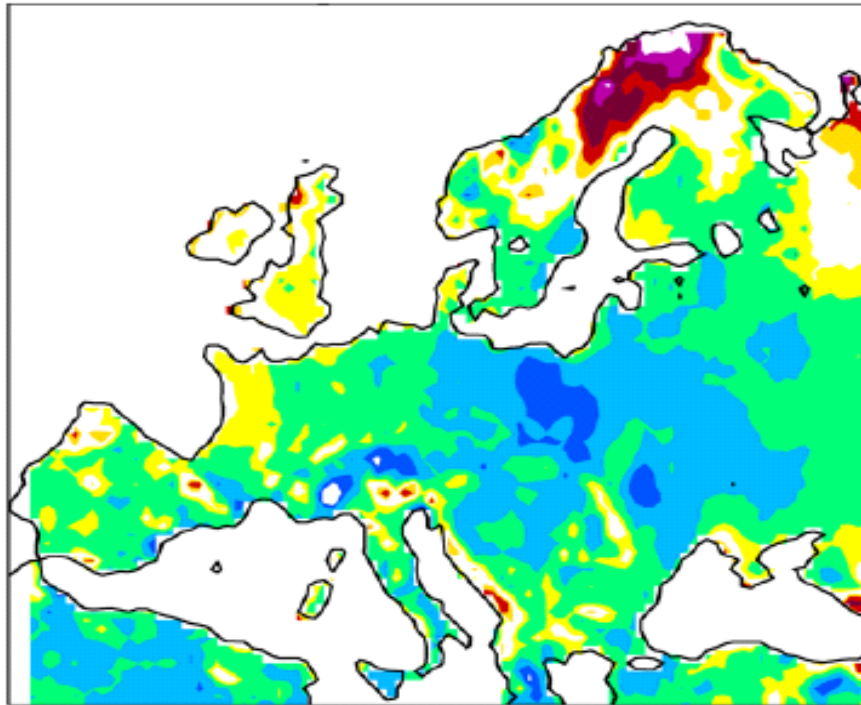


300 km-es rácsfelbontás

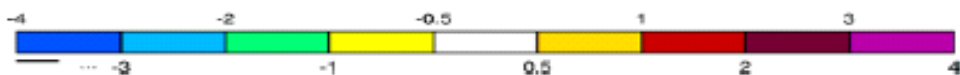
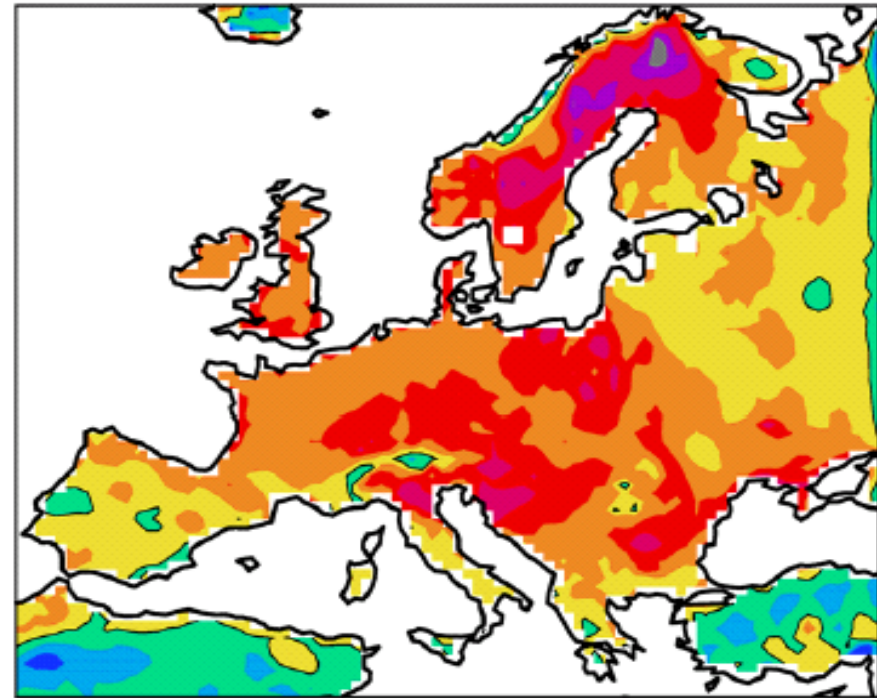
Az RCM-ek nagyon érzékenyek a GCM-ek által szolgáltatott perem- és felszíni határfeltételek (LBC-k) minőségére

HŐMÉRSÉKLETI HIBAMEZŐK (TÉL)

RCA2 with ERA LBCs (1985-2001)



RCA2 with HADAM3 LBCs (1960-90)



TOVÁBBI MODELLFEJLESZTÉSEK SZÜKSÉGESEK

- **Térségspecifikus parametrizációk kidolgozása**
- **Hogyan jelentkeznek regionális skálán a légkör-óceán-felszín visszacsatolási mechanizmusok?**
- **A nem lineáris dinamika miatt többszöri futtatások (ensemble technika) szükségesek**
- **Pontos regionális adatok szükségesek (T, fluxus, felhő-paraméterek, albedó, stb.)**
- **Mind több AOGCM modellbe ágyazott RCM futtatása egy-egy régióra**
- **Tovább kell finomítani a modellek horizontális és a vertikális felbontását**

Európára és a Kárpát-medencére várható éghajlati tendenciák XXI. század, A2 scenárió

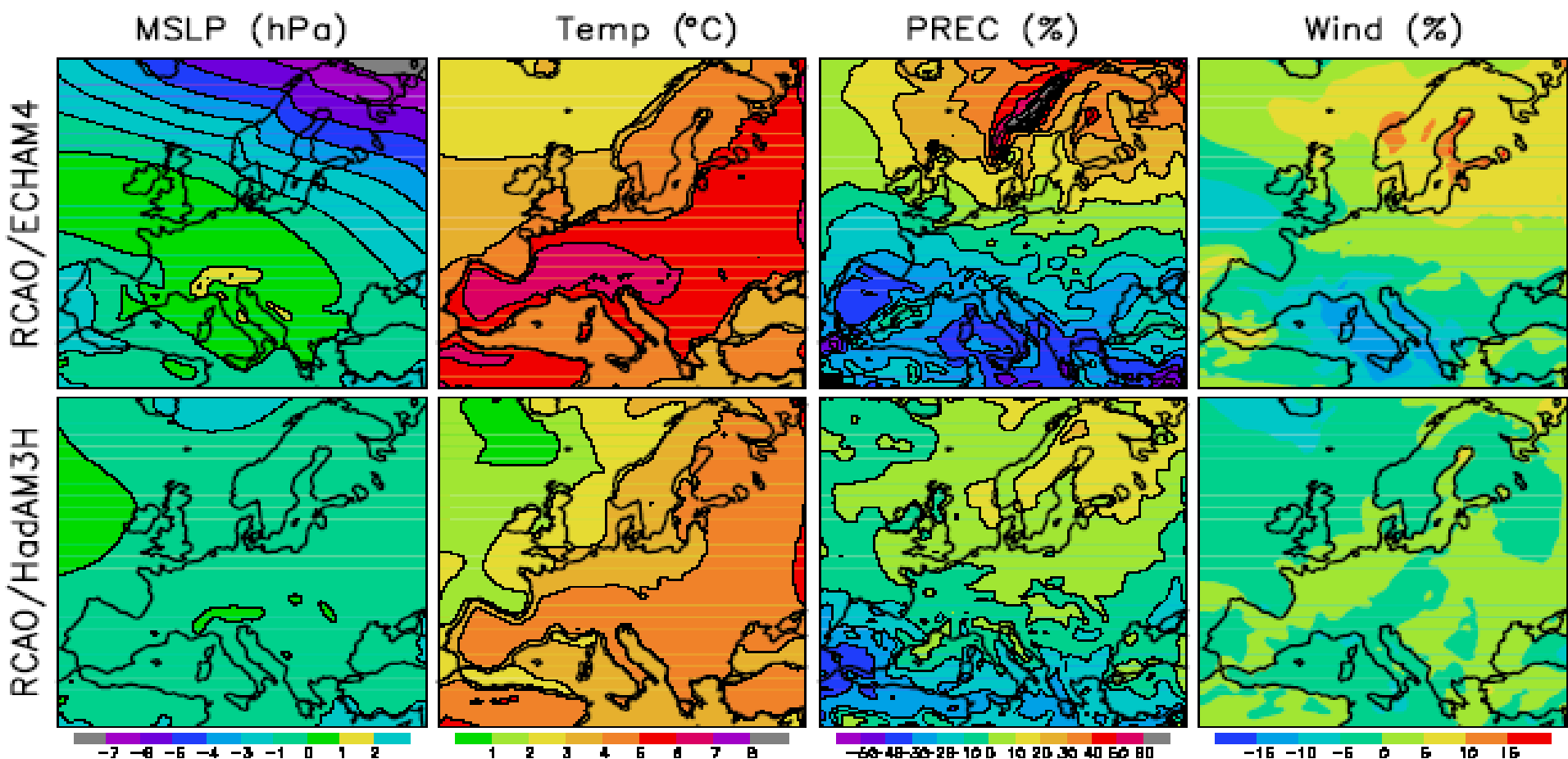
- Számos EU kutatási projekt szolgált már
értékes eredményeket:
PRUDENCE, STARDEX,
ENSEMBLE, MICE**
- Újonnan (2005. november 3.) benyújtott
EU projekt Közép-Európa térségére:
CECILIA**

A Svéd Meteorológiai Szolgálat (SMHI, Rossby Központ) klímaszcenáriói Európára – PRUDENCE projekt keretében

- **Klímaprojekciók csak 2071-2100-ra (SRES A2 és B2)**
Referencia időszak: 1961-1990
- **Kétféle GCM-pár alkalmazása a határfeltételek megadásához: HadAM3H/HadCM3, ECHAM4/OPYC3**
- **Szimuláció az RCAO regionális modellel – kapcsolt légköri (49 km-es felbontással) / óceáni klímamodell**

Nem elegendő egy GCM, egy RCM!!!!

Éves átlagmezők változásai SRES A2 (2071-2100) – kontroll (1961-1990)



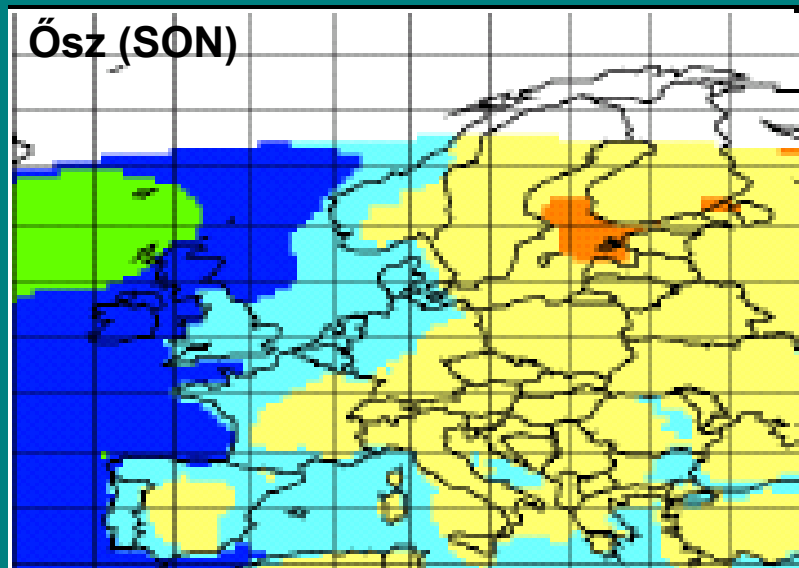
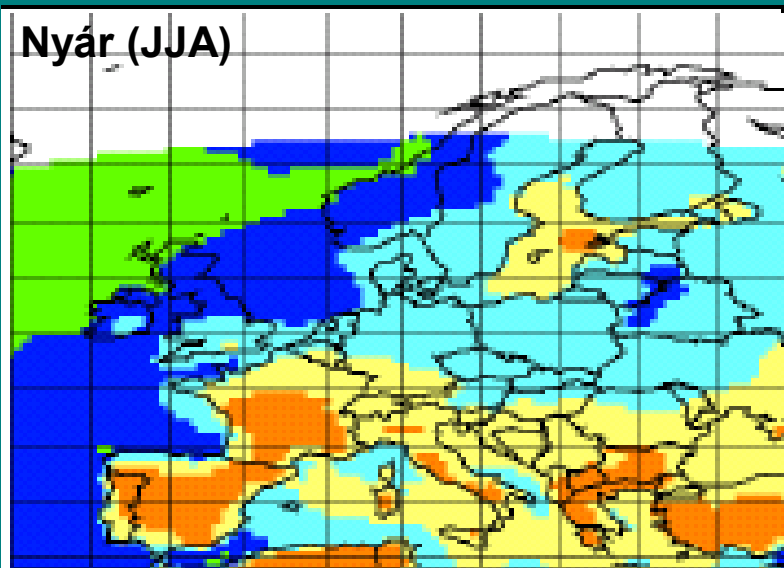
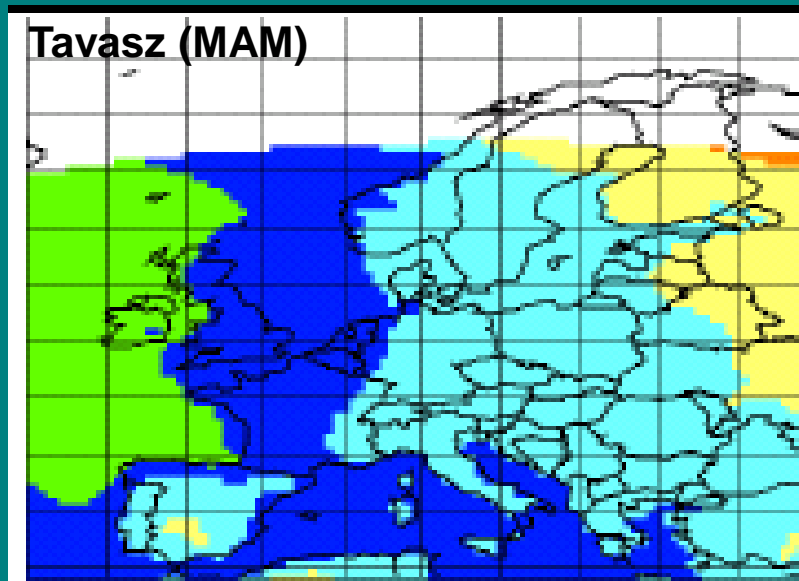
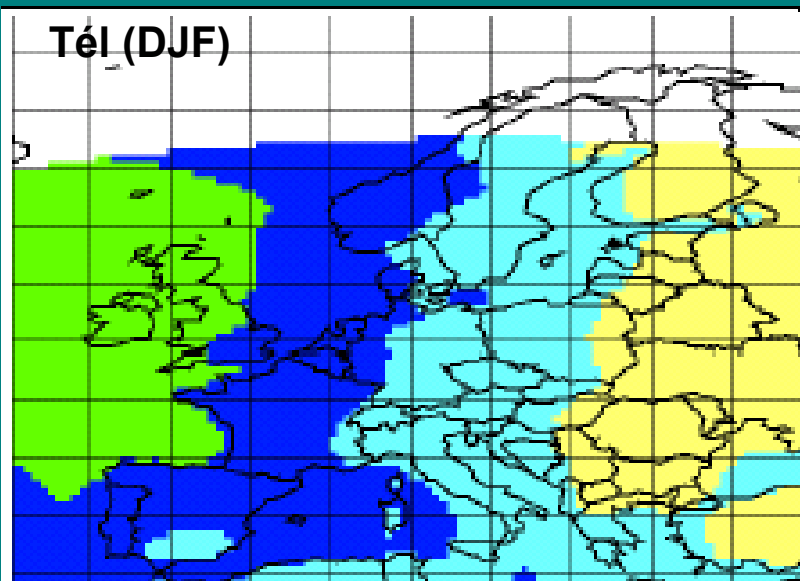
Az RCAO modellegyüttessel Európára kapott éghajlati tendenciák összefoglalása SRES/A2, 2071-2100

(Forrás: Räisänen et al., 2004 - Climate Dynamics)

- További melegedés várható a kontinensen, mely **télen** ÉK-Európában, **nyáron** Dél- és Közép-Európában a legjelentősebb.
- A változás általában nagyobb lesz a **maximum**, **minimum** hőmérsékleteknél, mint a közép-hőmérsékletek esetén.
- A csapadékösszegek **növekedése** valószínűsíthető Észak-Európában (különösen télen) és **csökkenése** Dél-Európában (különösen nyáron) .
- Az **extrém** napi cspadékok **növekedése** várható Európa legnagyobb részén, **még azokon** a területeken is, ahol az évi csapadékösszeg csökken.

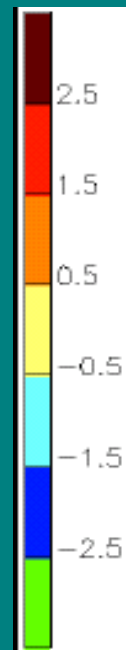
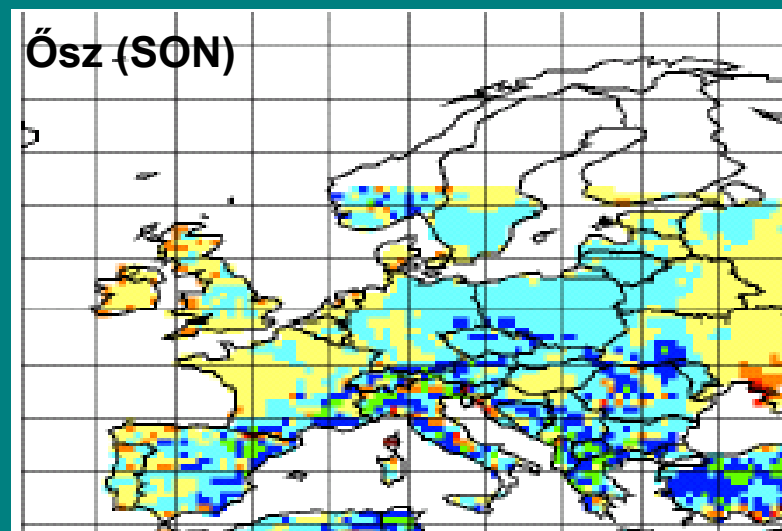
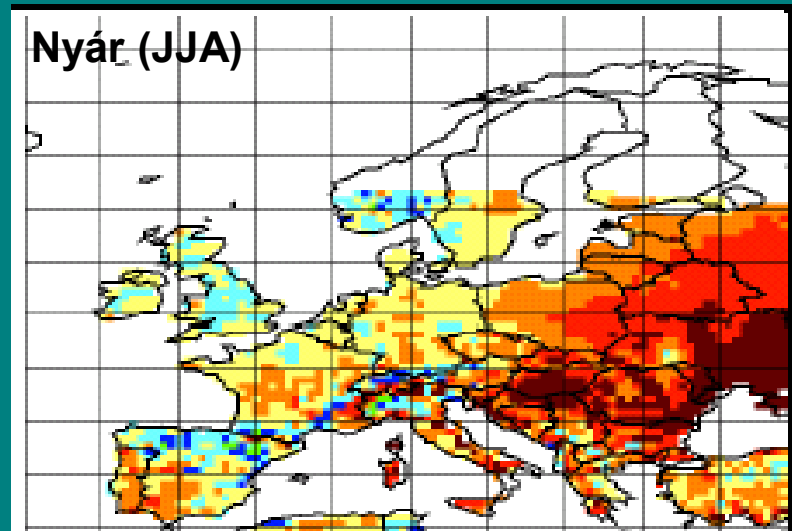
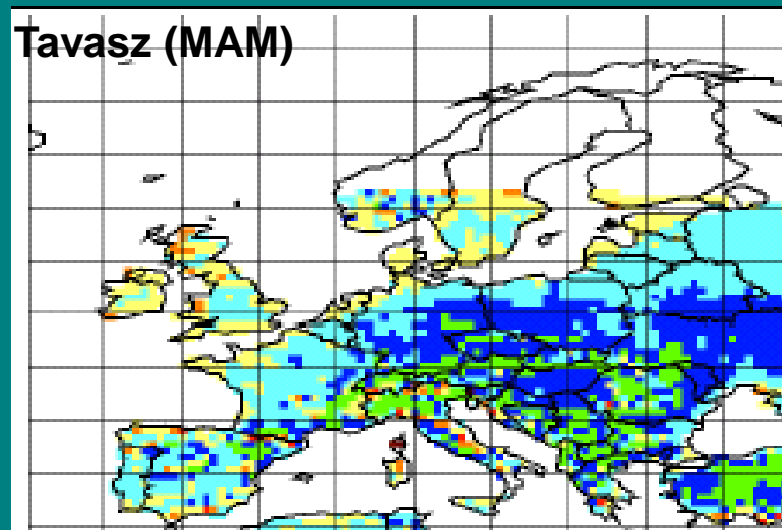
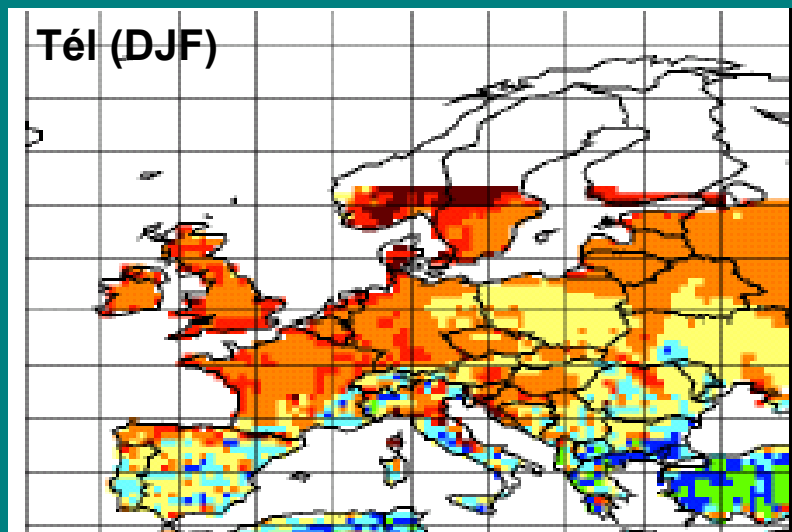
Hőmérsékletváltozás (°C) / ICTP/RegCM

(International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italy)



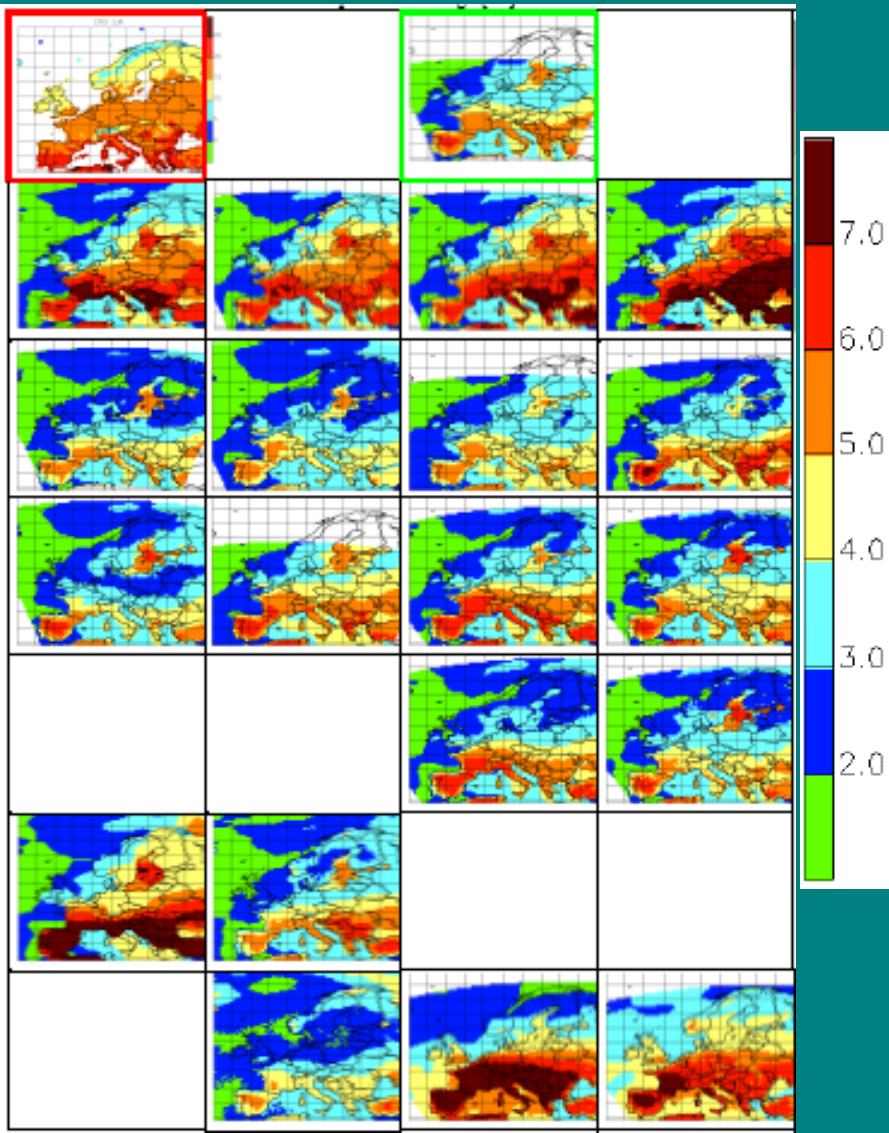
**SRES
A2**

Hőmérséklet hibája (°C) ICTP ICTP/RegCM (International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italy)

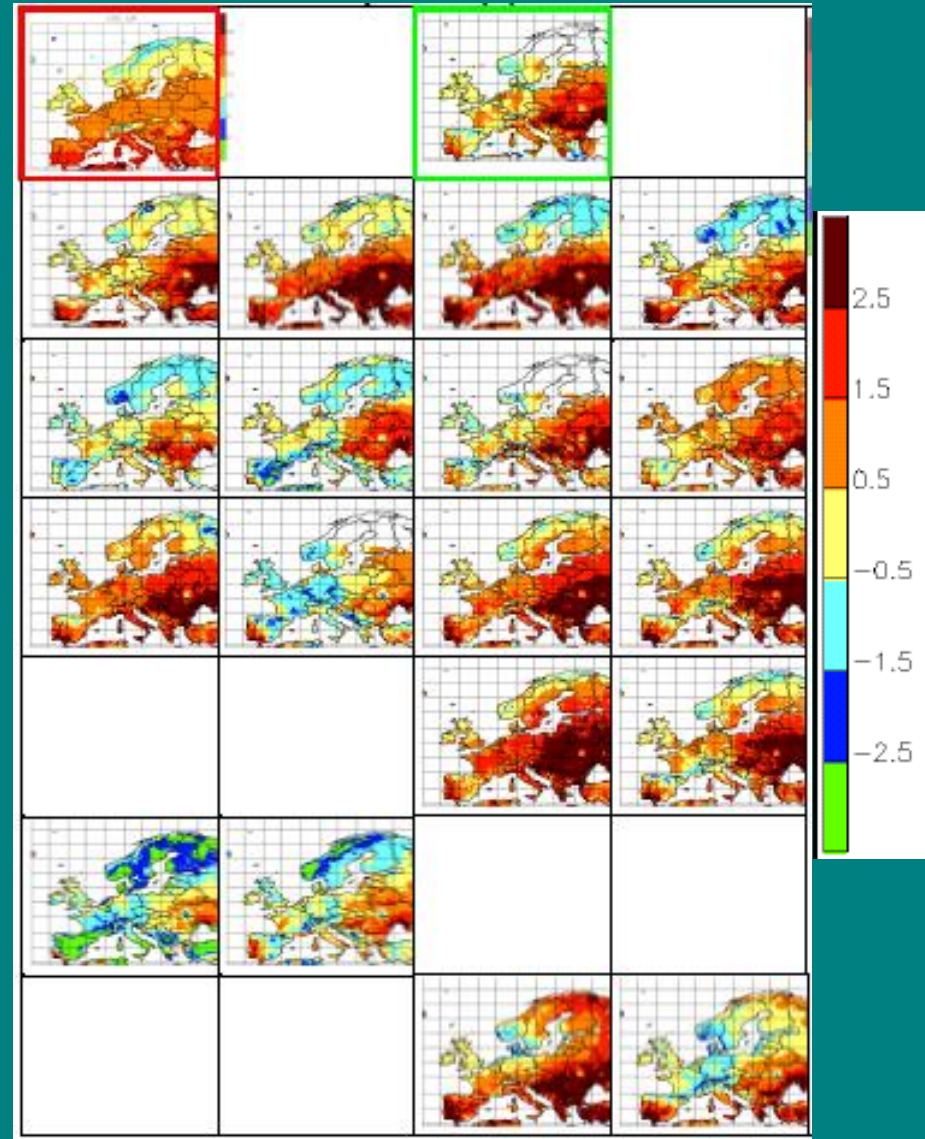


Hőmérsékletváltozások (19 modell) NYÁR (JJA) - PRUDENCE

SRES A2 scenárió

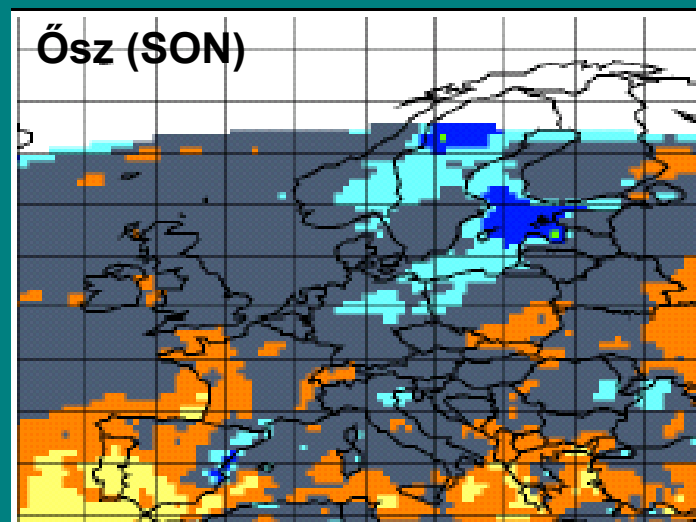
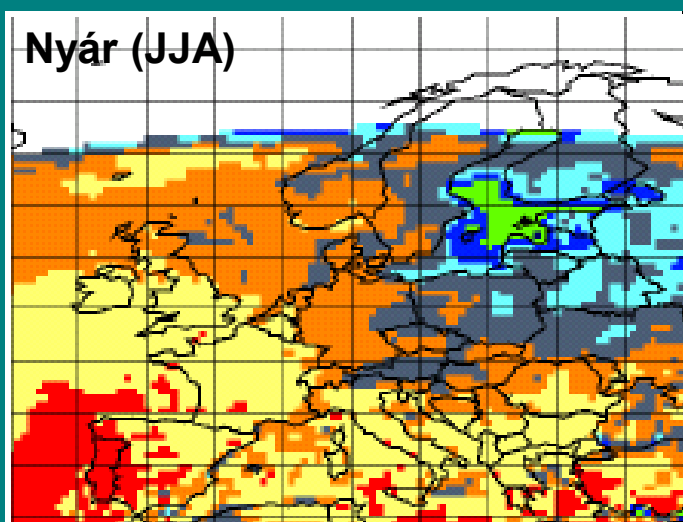
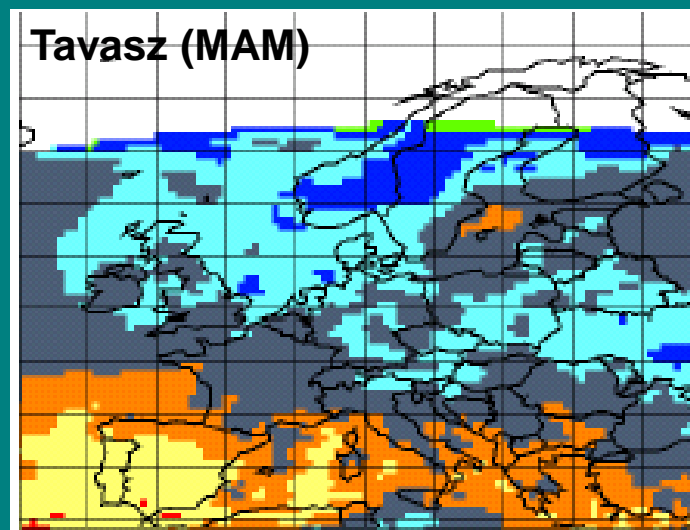
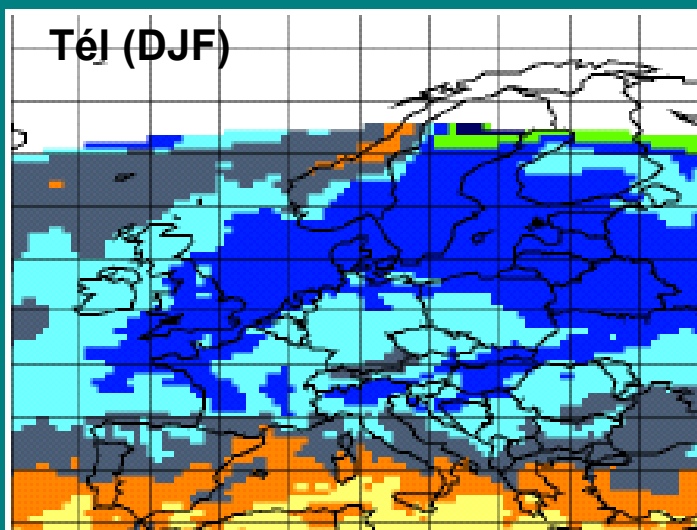


Hibamezők (CRU adatbázis)



Csapadékváltozás (%) ICTP/RegCM

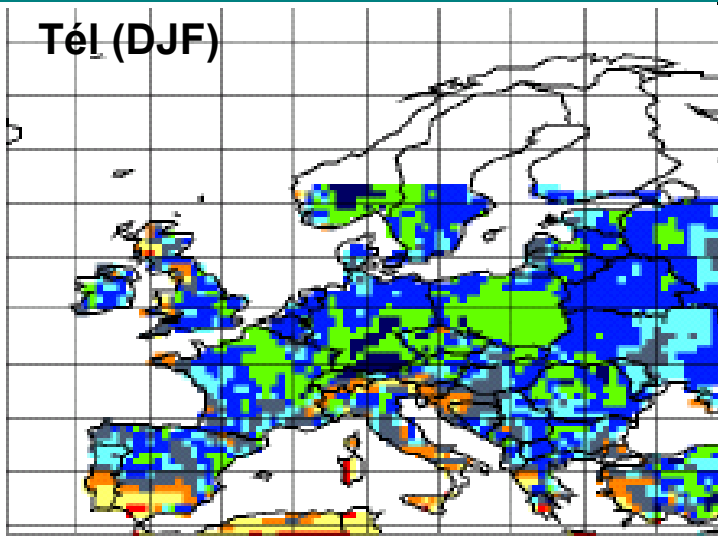
(International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italy)



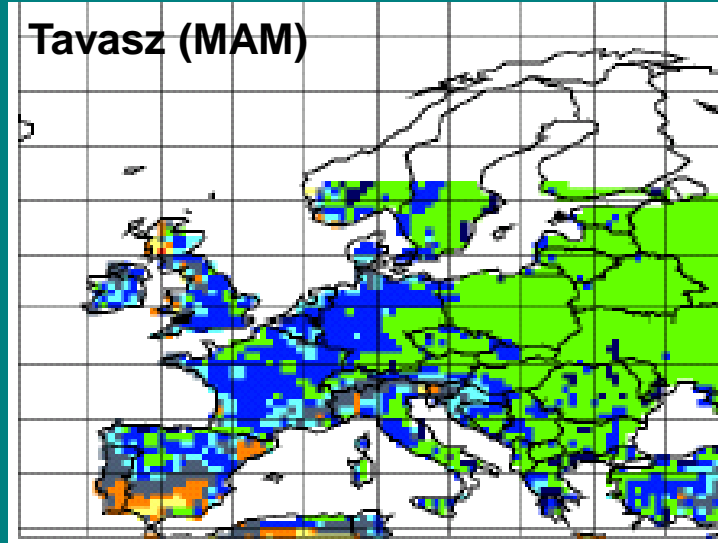
SRES A2

Csapadékösszeg hibája (%) ICTP/RegCM (International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italy)

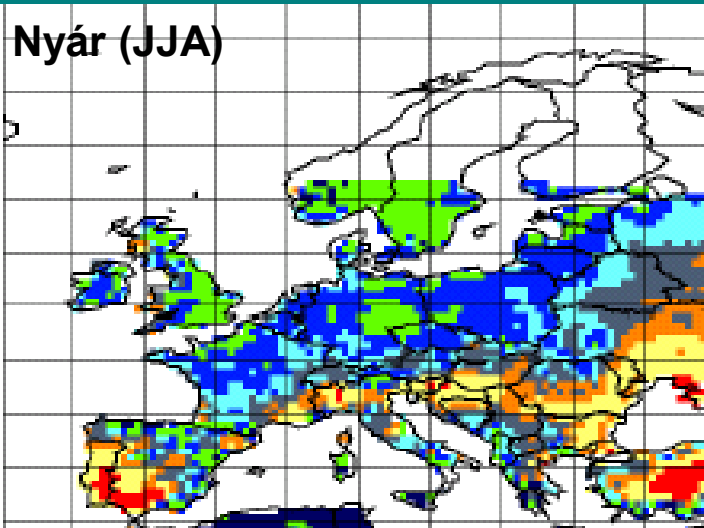
Tél (DJF)



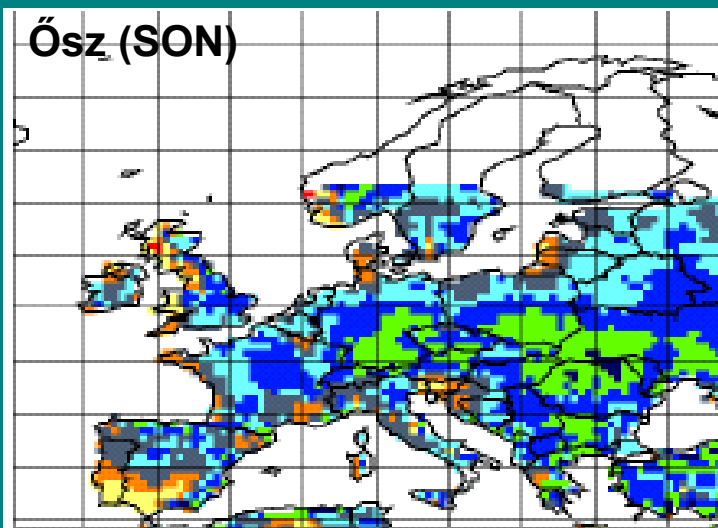
Tavaszi (MAM)



Nyár (JJA)



Ősz (SON)



JÖVŐKÉP

a közeljövőben ugrásszerű fejlődés
várható a regionális éghajlati
előrejelzések területén,
melyeket
a GCM-ek által szolgáltatott
határfeltételek nagymértékű javulása
adhat.

NEMZETI ÉGHAJLATI SZCENÁRIÓK KIDOLGOZÁSA A XXI. SZÁZADRA AZ ELTE MET. TANSZ. HOZZÁJÁRULÁSA



STATISZTIKUS LESKÁLÁZÁS

(Sztochasztikus dinamikus
beágyazott modellekkel)

10 ÉVES GYAKORLAT
1994-2004



DINAMIKUS REGIONÁLIS MODELLEZÉS

1. **PRECIS regionális éghajlati modell**
(kifejlesztve: **Hadley Centre, UK**)
2. **Model RegCM** (kifejlesztve: **NCAR,**
Boulder, US, jelenleg hozzáférhető **ICTP**)

2003/2004-ben indult projekt



MAGICC/SCENGEN
éghajlati scenárió együttes
2050-re és 2100-ra
15 GCM alapján
2003/2004

A Kárpát-medence XXI. századi éghajlati szcenárióinak meghatározásához a HadCM3/HadRM3 (PRECIS) beágyazott modellt alkalmazzuk

Hadley Központ (Anglia, Met Office)

1. HadCM3-AOGCM modell

(harmadik generációs csatolt óceán-légkör modell)

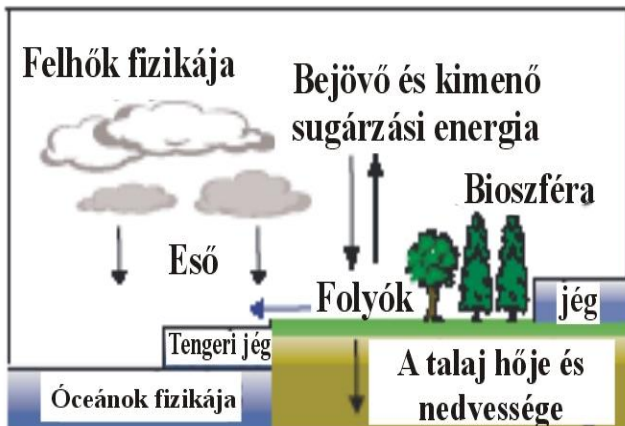
Légköri modell:

- horizontális 2.5° szél. \times 3.75° hossz.
- 19 vertikális szint

Óceán modell:

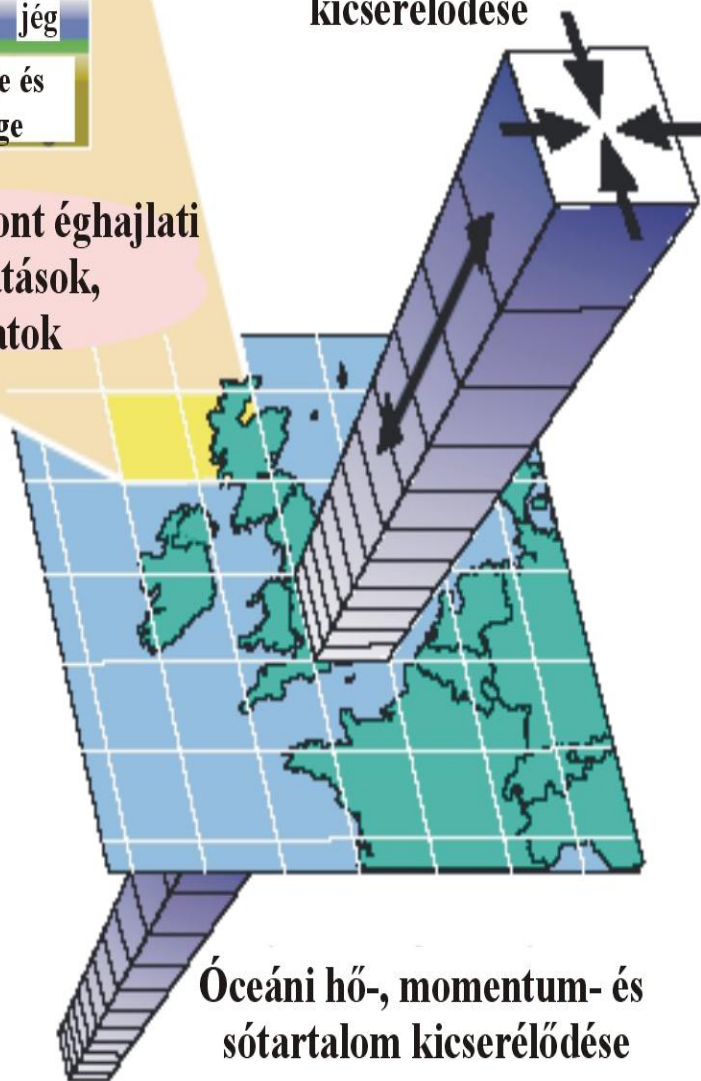
- 20 vertikális szint
- horizontális 2.5° szél. \times 3.75° hossz.

Átlagos felbontás $\sim 300 \times 300 \text{ km}$



Légköri hő-, momentum- és légnedvesség kicserélődése

A modellbe bevont éghajlati kölcsönhatások, folyamatok



A HadCM3 globális klímamodell elvi vázlat

Térbeli felbontás:
 $2,5^\circ \times 3,75^\circ$

19 vertikális légköri szint
 +
 4 talaj szint

1. HadCM3-AOGCM modell (harmadik generációs csatolt óceán-légkör modellpár)

A légköri modell felbontása:

horizontális 2.5° szél. \times 3.75° hossz.
19 vertikális szint

Óceán modell:

20 vertikális szint
horizontális 2.5° szél. \times 3.75° hossz.

2. HadRM3 (PRECIS) regionális modell (harmadik generációs csatolt óceán-légkör modellpár)

A légköri modell felbontása:

horizontális 2.5° szél. \times 3.75° hossz.
19 vertikális szint

Óceán modell:

20 vertikális szint
horizontális 2.5° szél. \times 3.75° hossz.

századi éghajlati scenárióinak
HadCM3/HadRM3 (PRECIS)

modell alkalmazuk
Met Office)

Peremfeltételek
átadása éghajlati
scenáriónként

2. HadRM3 (PRECIS) regionális modell

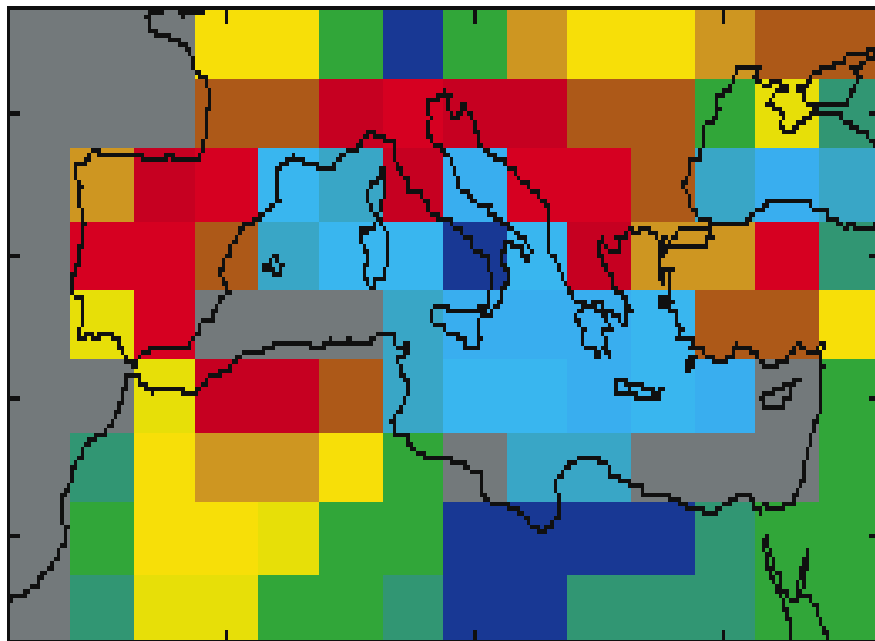
A modell felbontása:

- horizontális 0.44° szél. \times 0.44° hossz. (50x50km) vagy
- **horizontális 0.22° szél. \times 0.22° hossz. (25x25km)**
- 19 vertikális szint + 4 talaj szint

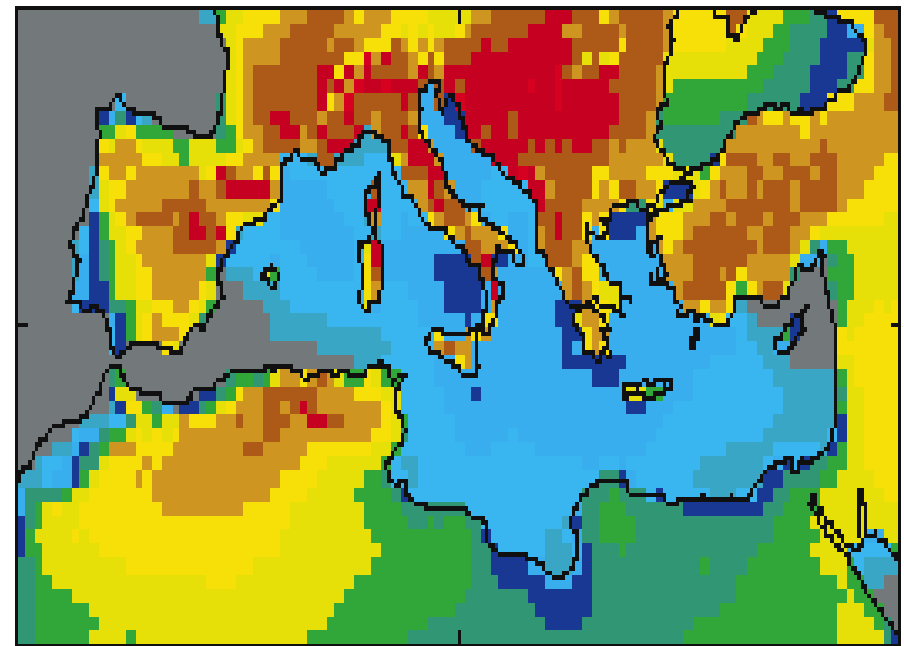
Globális és regionális klímamodellel becsült hőmérsékletváltozások a Földközi-tenger térségére 2080, nyári időszak

(Forrás: Hadley-központ, UK, Met. Office)

GCM (HadCM3)

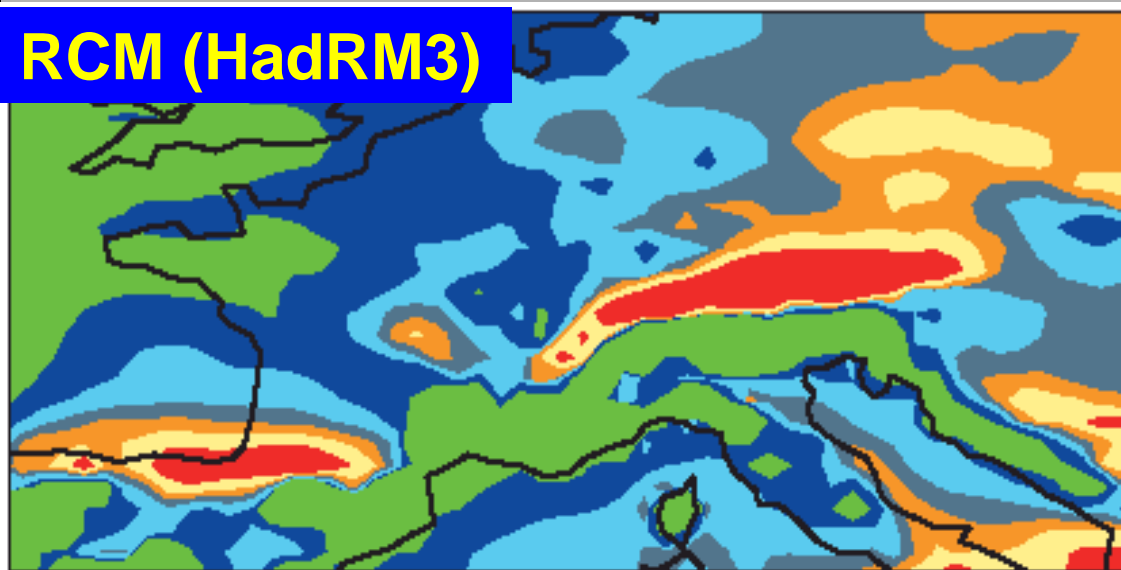
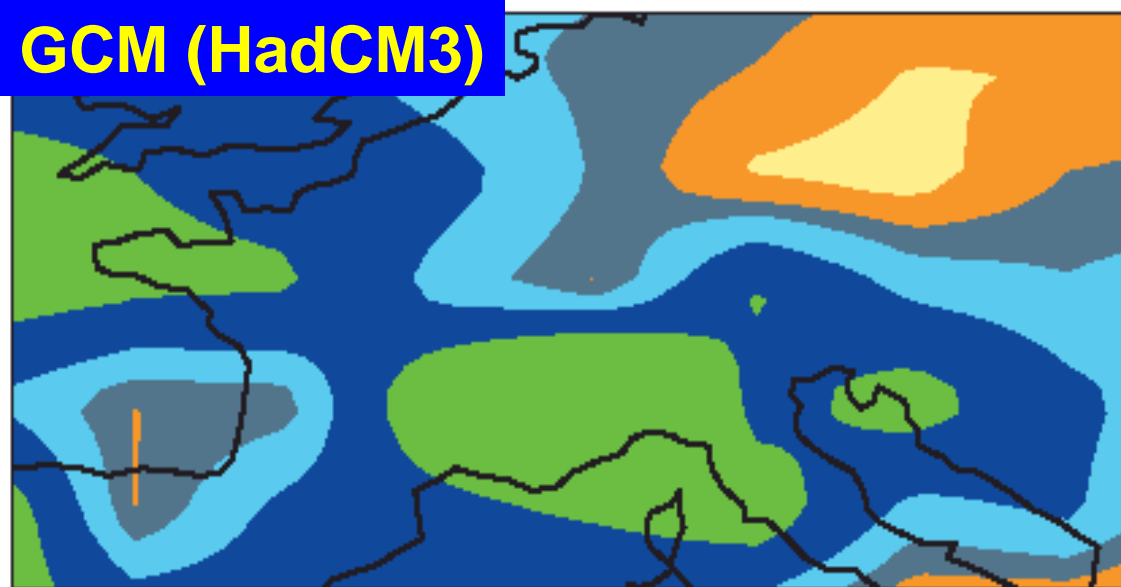


RCM (HadRM3)



3 4 5 6 7 8

Hőmérsékletváltozás (°C)



-0.5 -0.2 0 0.2 0.5 1

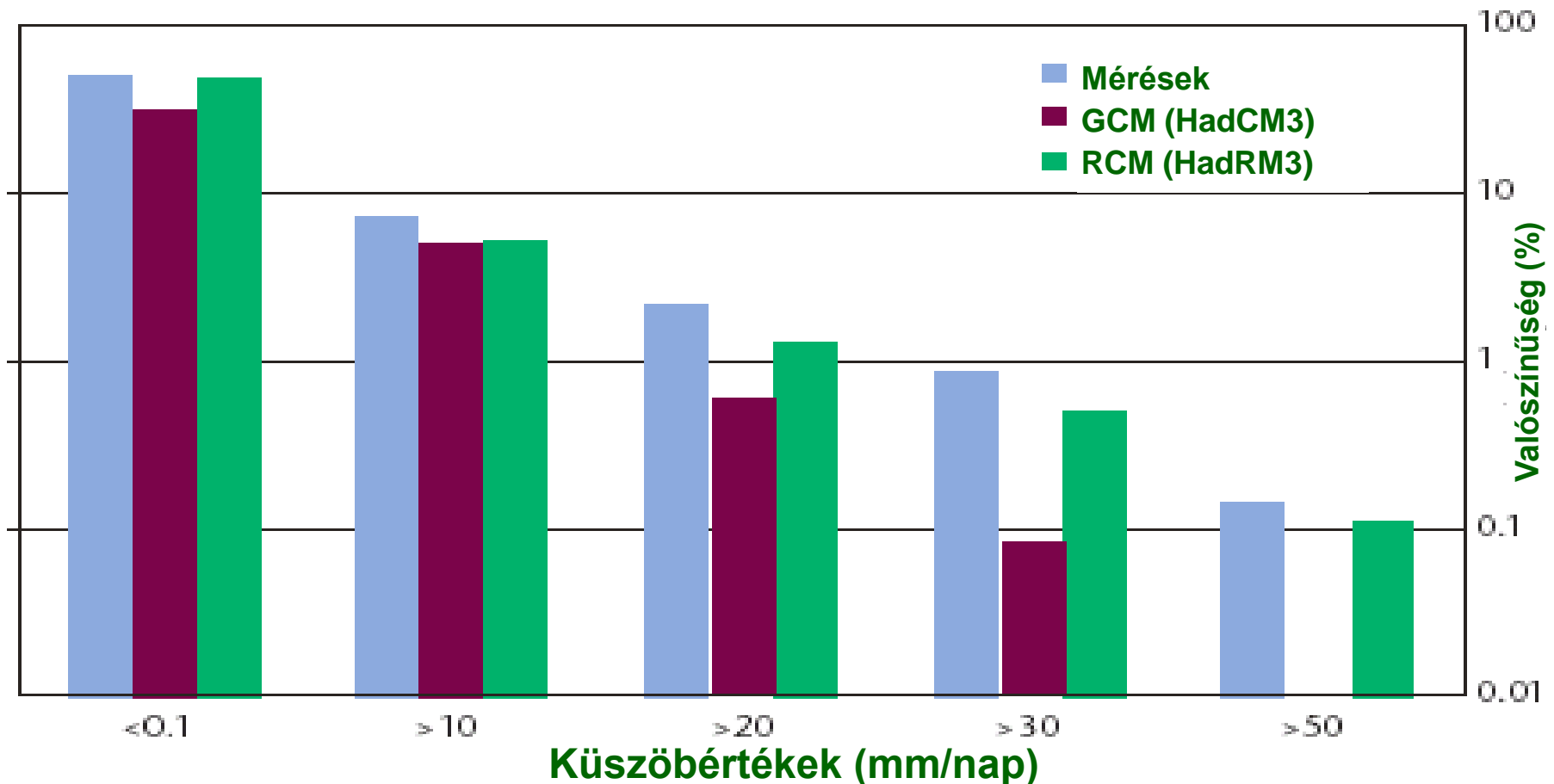
Csapadék (mm/nap)

**Globális és
regionális
klímamodellel
becsült
csapadékváltozások
a Pireneusok és
az Alpok térségére
2080, téli időszak**

**(Forrás: Hadley-központ,
UK, Met. Office)**

A globális és regionális klímamoddellel szimulált csapadékvalószínűségek összehasonlítása a mért értékekkel Alpok térsége, 2080

(Forrás: Hadley-központ, UK, Met. Office)



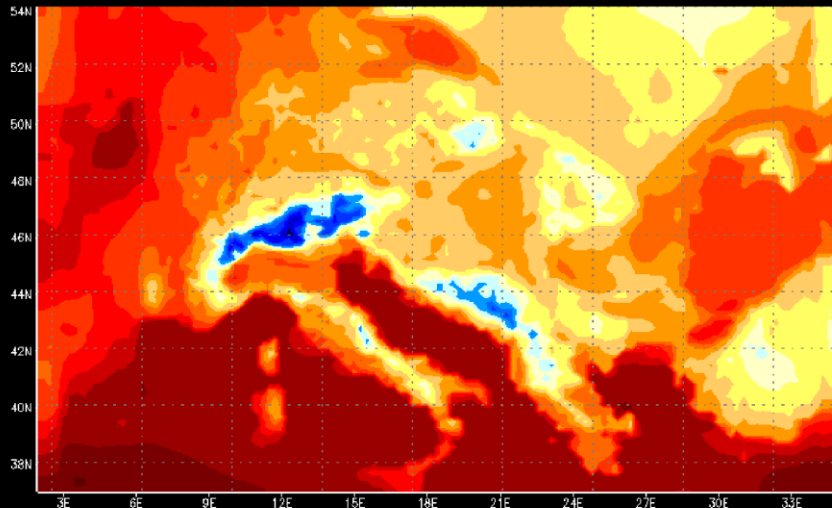
HadRM3/PRECIS regionális klímamodell

- HadRM3P globális klímamodellbe ágyazott korlátos tartományú regionális modell
- Ajánlott régióméret: < 5000 x 5000 km, a Föld bármely régiójára alkalmazható
- Rácsfelbontás: 25 km, vagy 50 km-es
- 19 szint, a légkör alsó 30 km-es rétege, 4 talaj szint
- Installáció (ELTE), régiókijelölés megtörtént
- Jelenleg: (a) tesztfutások (6 óránként, 4 és 12 év)
(b) a modell validációja folyik (ECMWF/ERA40, CRU, független adatbázis: Magyar Honvédség))
- Újabb verziója tartalmazza „a meleg száraz nyár” probléma mesterséges korrekcióját
- Célja: nemzeti éghajlatváltozási hatástanulmányok készítése (érzékenységvizsgálatok, adaptációs elemzések)

PRECIS regionális éghajlati modell teszt futások 6 óránkénti mezőkre Közép- és Dél-Európa régiójára Hőmérsékleti mezők összehasonlítása

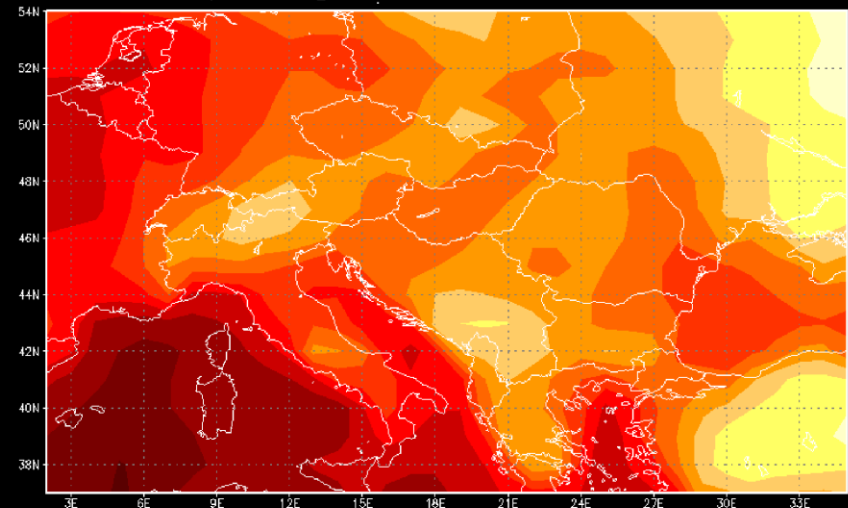
MODEL PRECIS

Simulated temperature 2m - 1980.04.15. 00 UTC



ERA-40 DATA

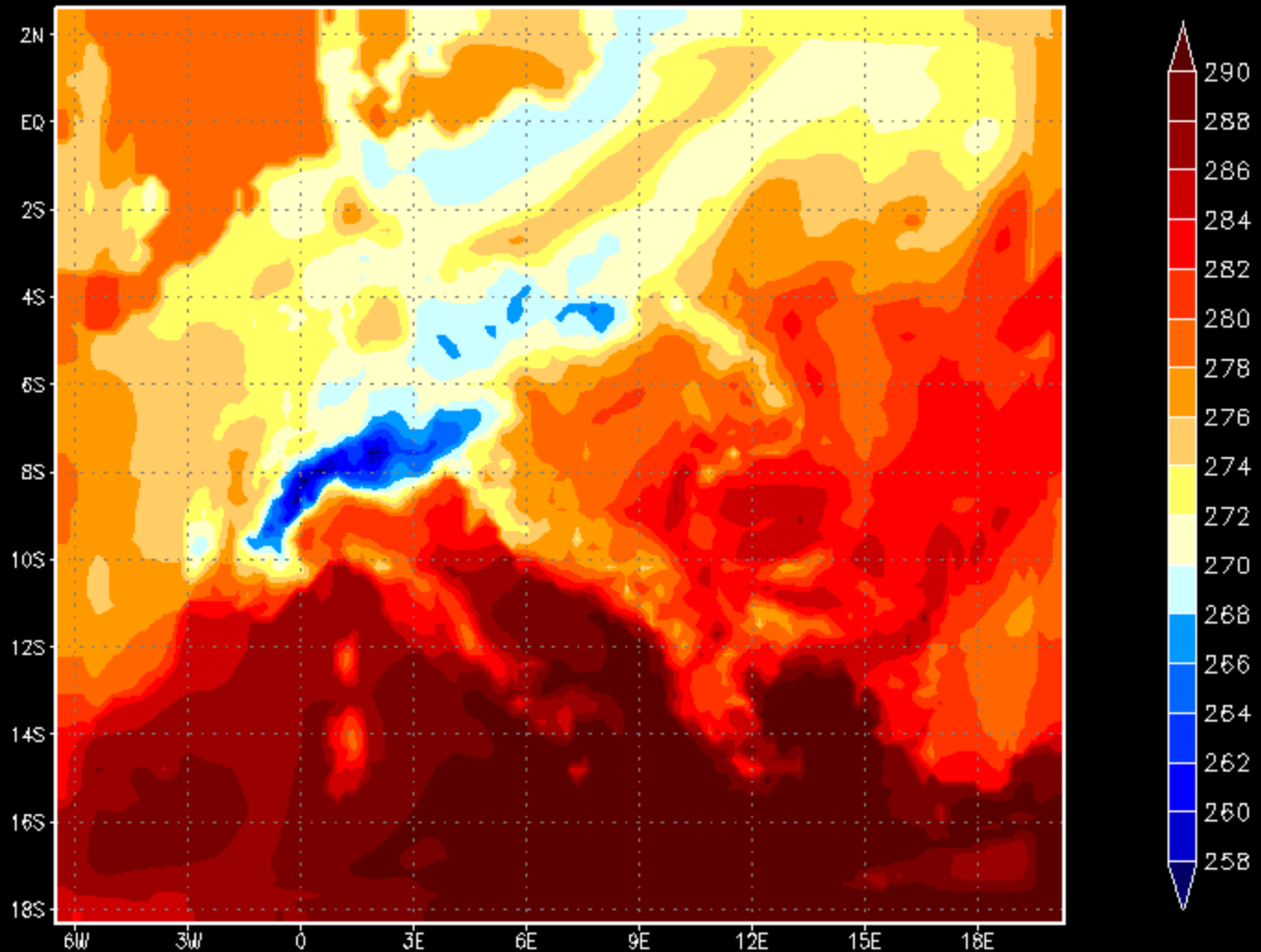
Reanalysis temperature 2m - 1980.04.15. 00 UTC



- Validáció és teszt futások – 4 és 12 éves időszakra
 - ECMWF reanalízis / ERA40,
 - CRU Univ. of East Anglia Climate Research Unit
 - független mérési adatsorok Magyar Honvédség

PRECIS regionális éghajlati modell, 25 km-es felbontás

Simulated Temperature – 2m



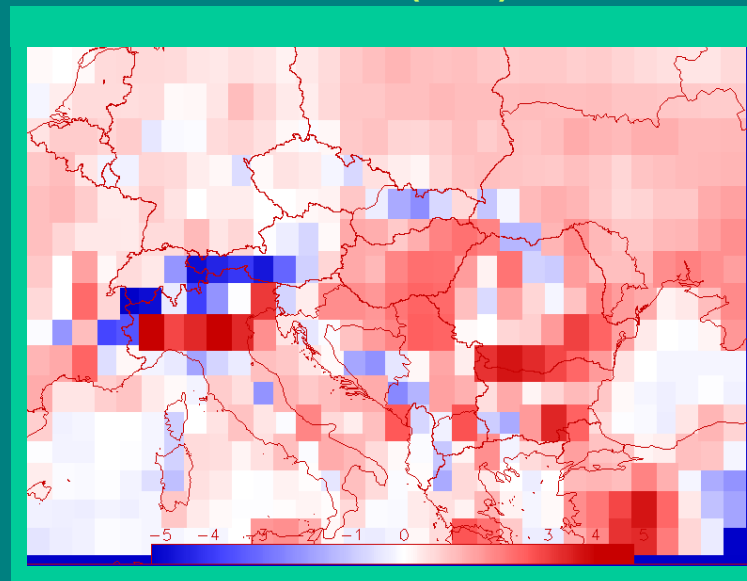
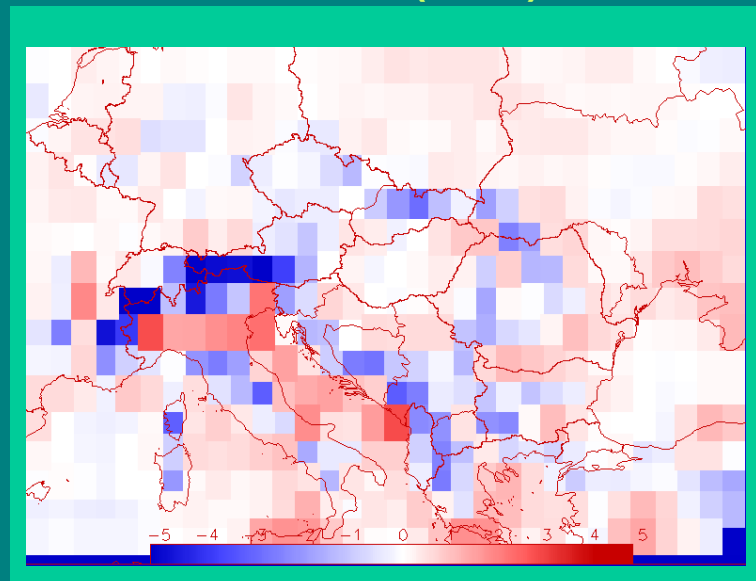
GrADS: COLA/IGES

1982-04-15

Havi átlaghőmérséklet-mezők évszakos hibái (°C) Precis - ERA40

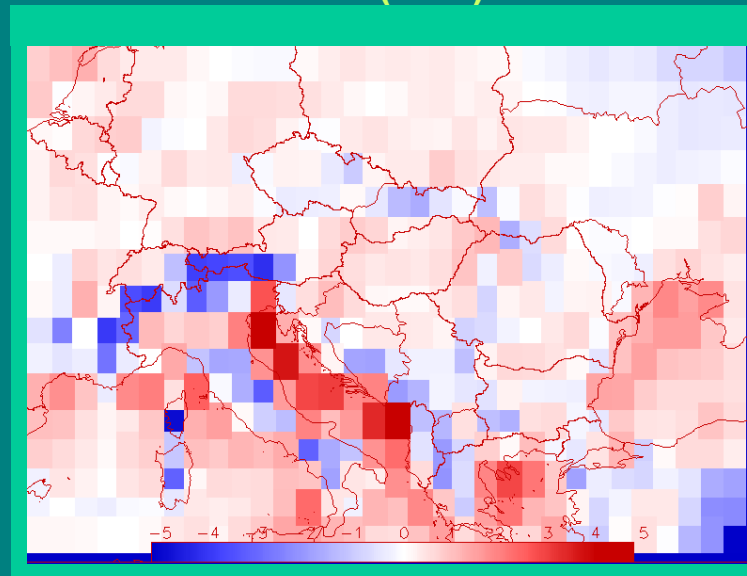
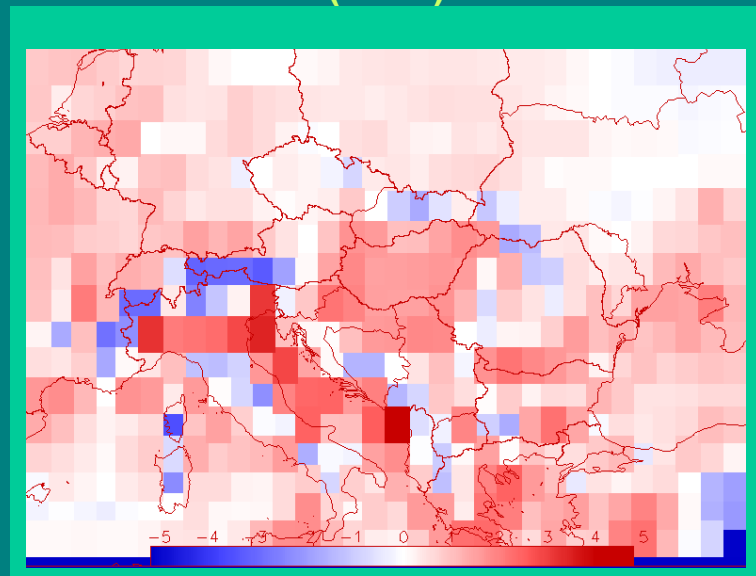
TAVASZ (MAM)

NYÁR (JJA)

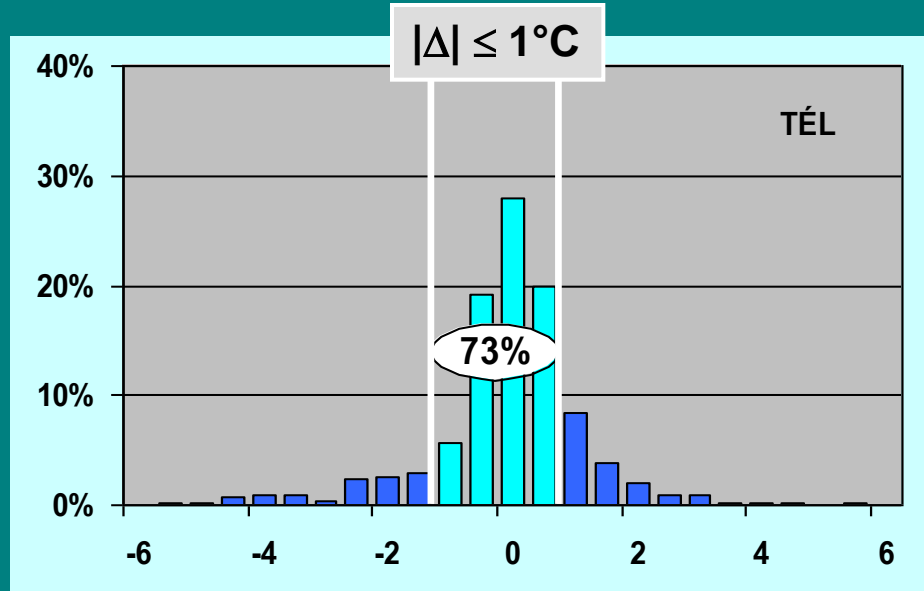
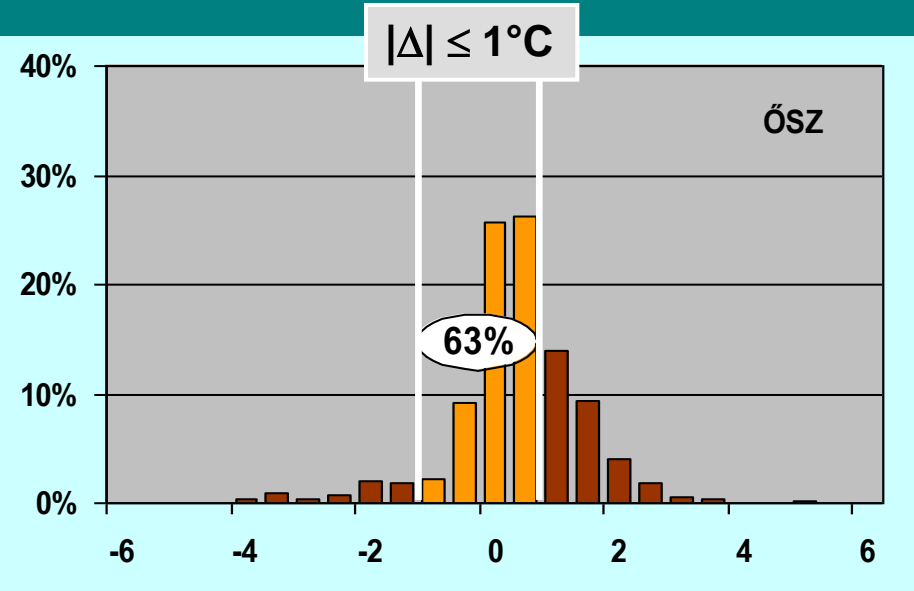
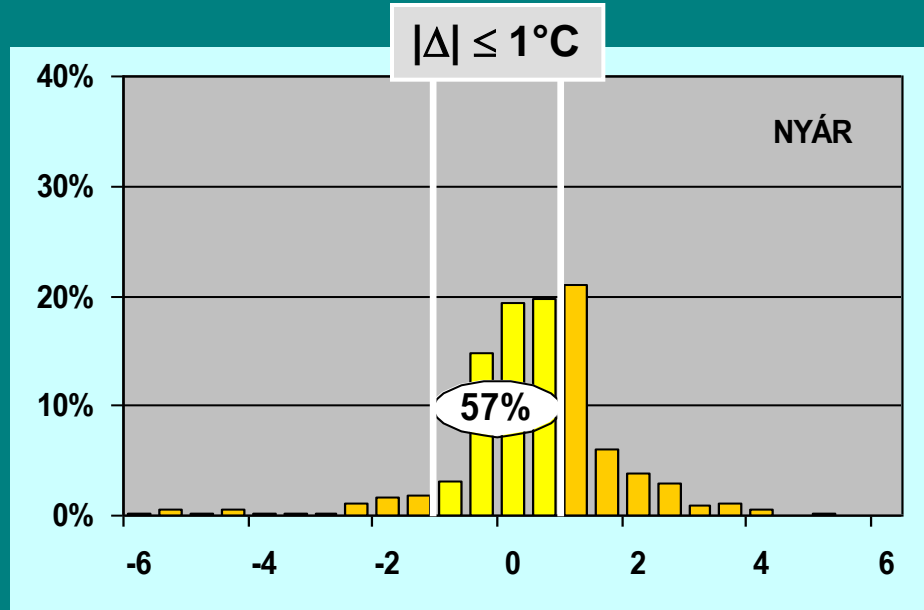
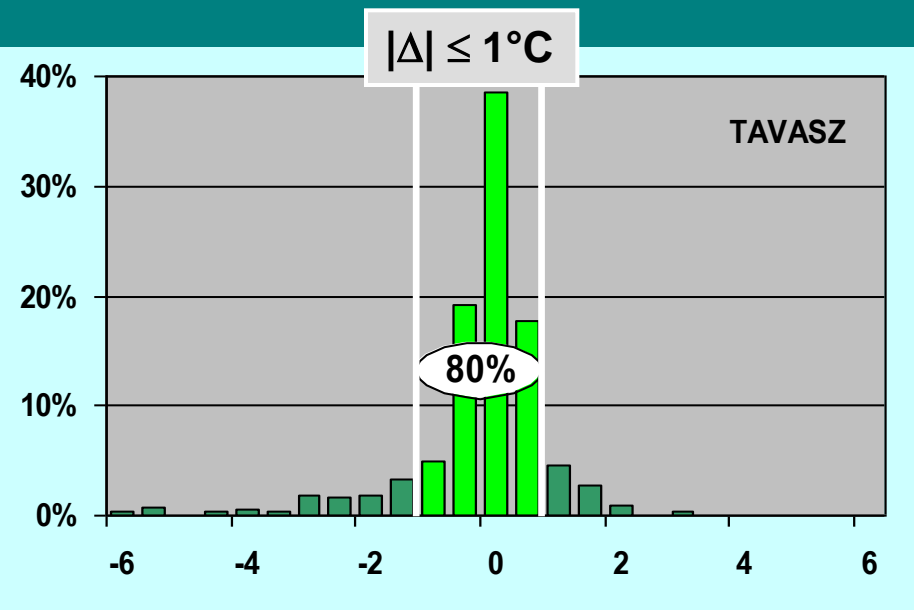


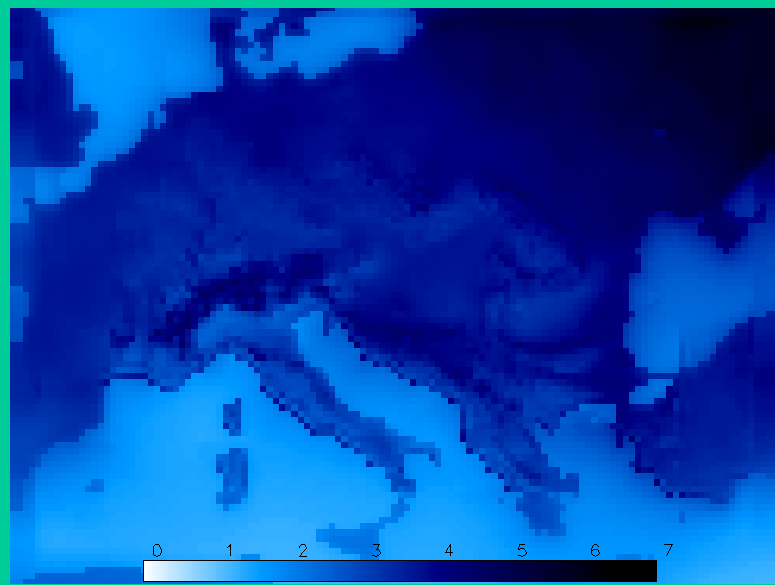
ŐSZ (SON)

TÉL (DJF)

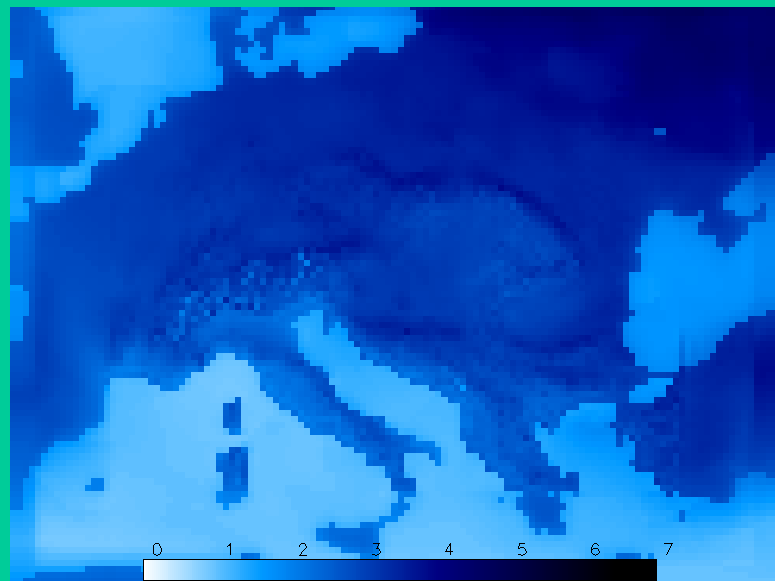
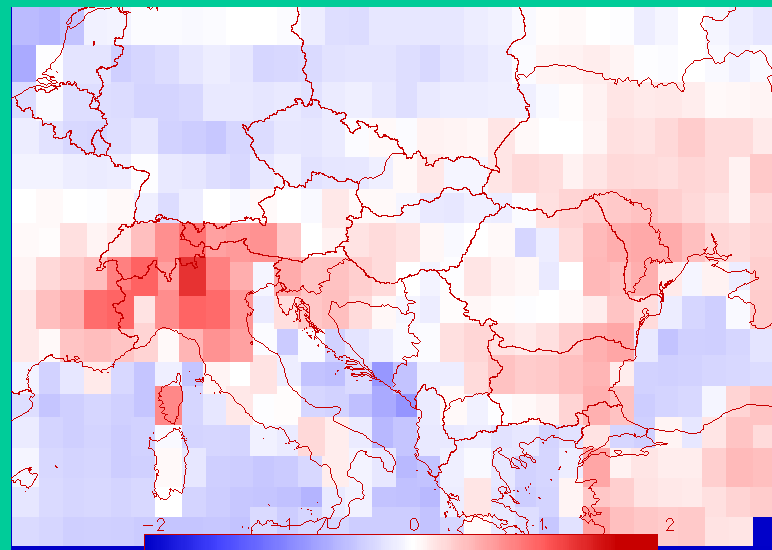


A szimulált hőmérsékletek (2 m) hibáinak évszakos eloszlása (Precis-ERA40)

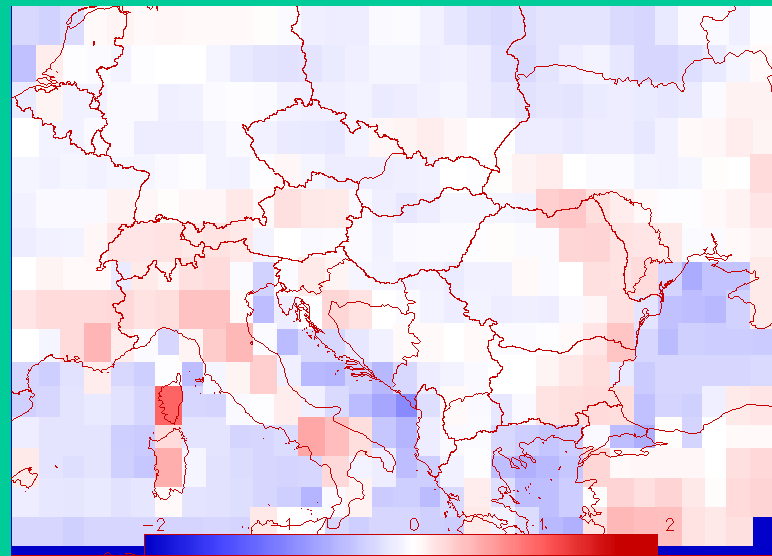




Tél (DJF)



Tavaszi (MAM)

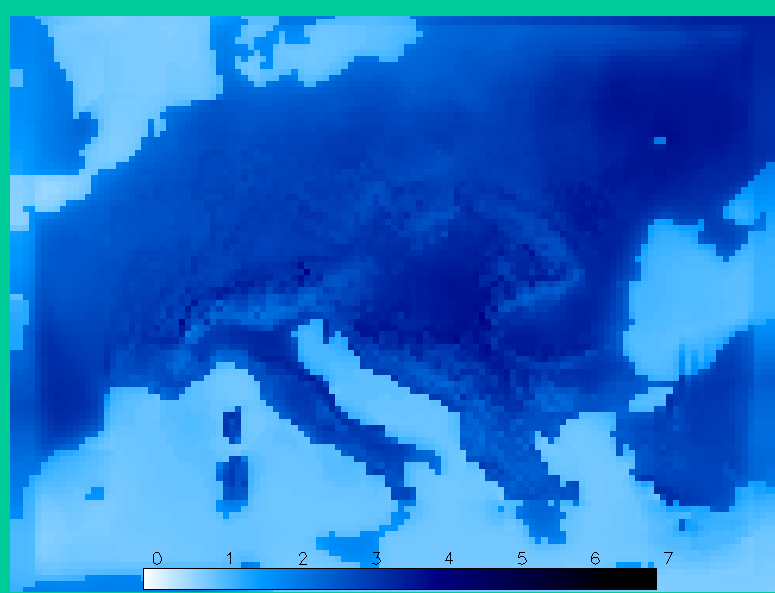


PRECIS -

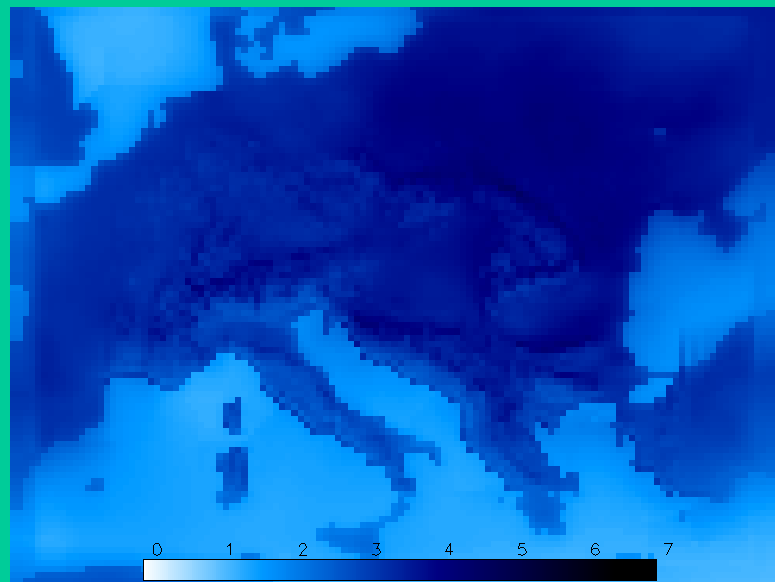
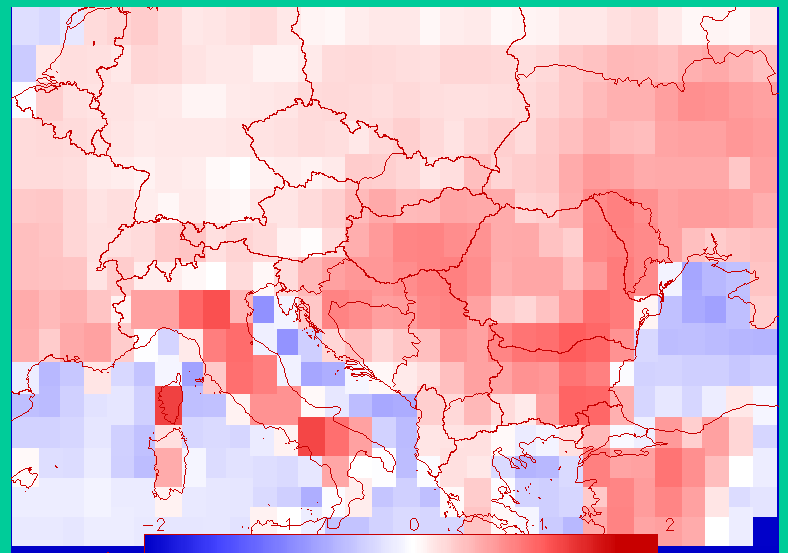
Hőmérsékleti szórásmezők (°C)

PRECIS-ERA40 -

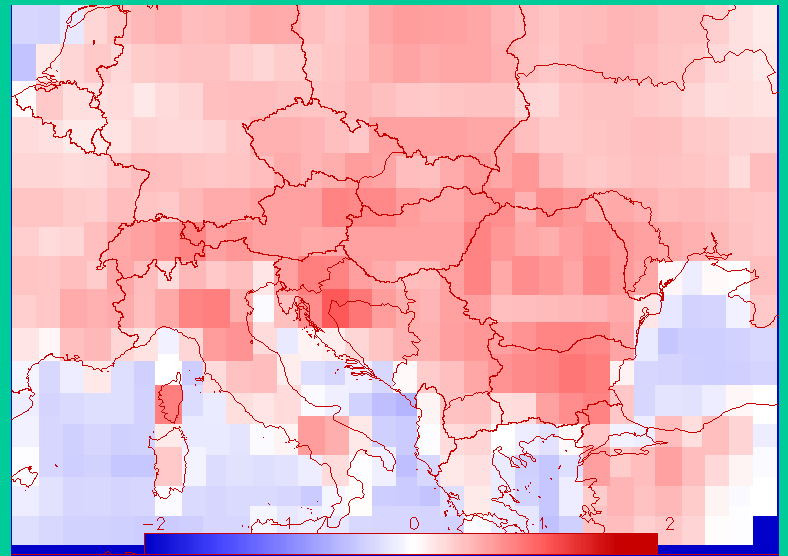
Szórásmezők különbsége (°C)



Nyár (JJA)



Ősz (SON)



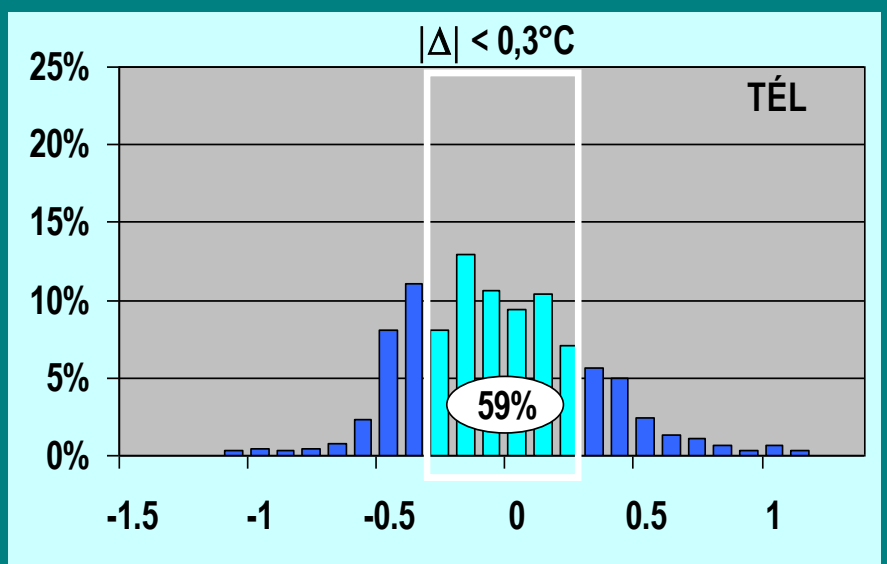
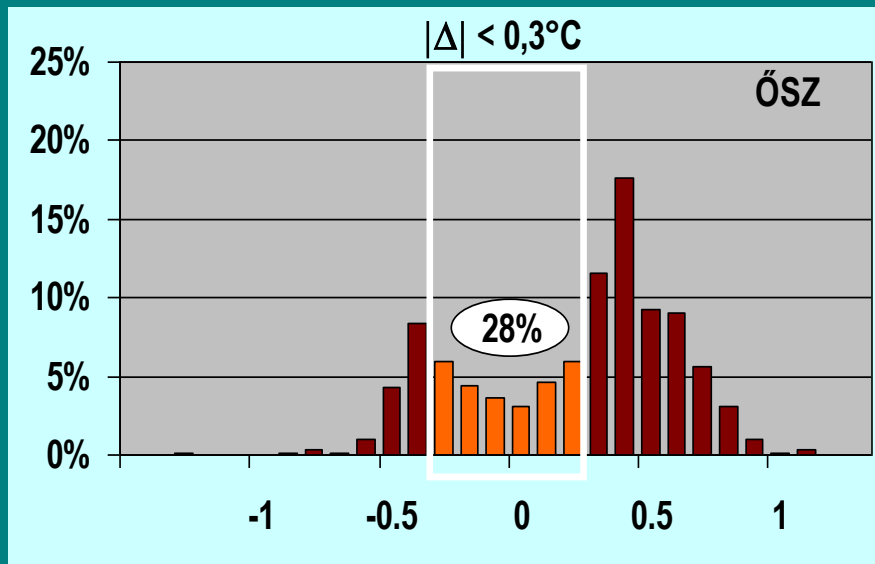
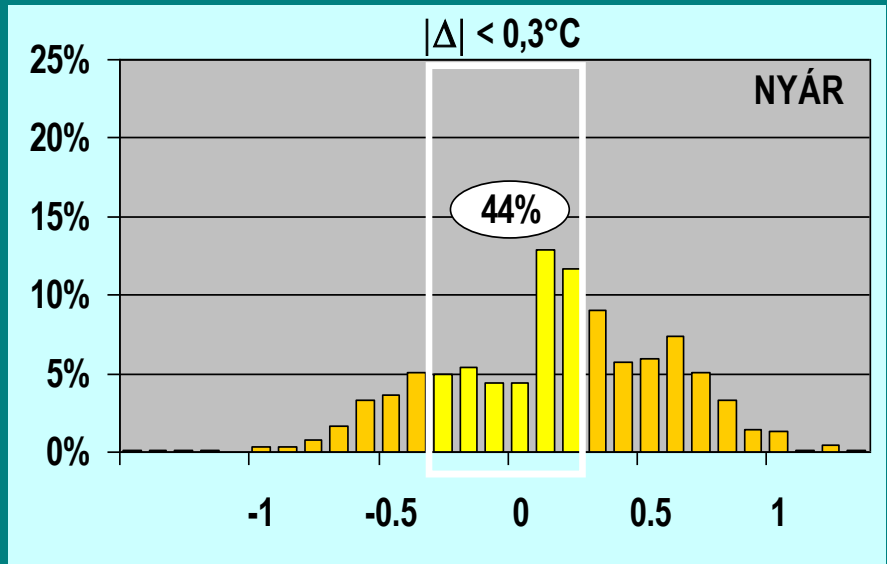
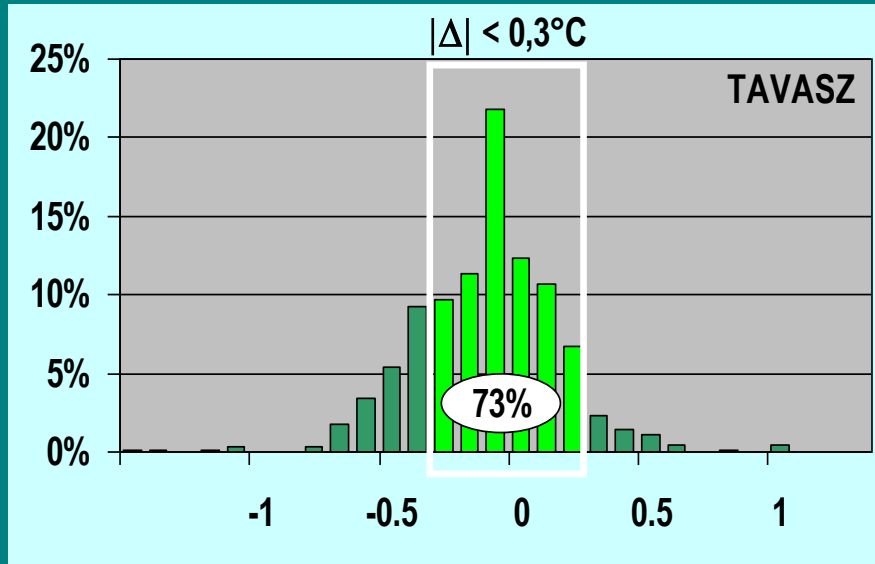
PRECIS

PRECIS-ERA40

Hőmérsékleti szórásmezők (°C)

Szórásmezők különbsége (°C)

Az évszakos hőmérsékleti szórásmezők eloszlása (Precis-ERA40)



Dinamikus leskálázó modell futtatásaink (Precis and RegCM) „időszeletei” a Kárpát-medence térségére:

- 1960-1990: validációs periódus futásai
 - 2020-2050: szimulációs futások
 - 2070-2100: szimulációs futások

Térskála:

Precis – 25 km

RegCM – 25 km és 10 km (CECILIA)

Összefoglalás

- 1. Beágyazott finom-felbontású dinamikus modellek adaptálása, leskálázás a Kárpát-medence, Közép-Európa térségére**
- 2. Regionális klímaszcenáriók összeállítása, éghajlati forgatókönyvek összehasonlító elemzése**
- 3. Nemzetközi kapcsolatok erősítése, bekapcsolódni az EU klímaprojektekbe**
- 4. Nemzeti klímajelentés szükséges, szakmai állásfoglalásokkal, akár évente megismételt kiadással, mely újból és újból összefoglalja az új eredmények fényében a megváltozott jövőképet (ajánlások a hatásanalízis vizsgálatokhoz)**
- 5. Mindtöbb fórumon kommunikálni az eredményeket a társadalom politikai/gazdasági szereplői felé**