

A regionális klímamodellek eredményeinek utó-feldolgozása és a NATÉR számára szükséges paraméterek előállítása

Szépszó Gabriella, Illy Tamás, Szabó Péter

Országos Meteorológiai Szolgálat



Budapest, 2016. április

Tartalom

Bevezetés.....	3
Modellkísérletek.....	3
NATÉR-ba beépített adatok.....	6
Kiválasztott meteorológiai változók	6
Az adatokhoz tartozó meta-információk	13
Az Éghajlatváltozás téma megnevezése (rövid egyértelmű leírás).....	13
A téma célja (klímaváltozás, hatása, az alkalmazkodás elősegítése).....	13
Az előállítás menete (levezetés rövid leírása).....	13
A felhasználás kötöttségei (bizonytalanság, alkalmazkodás szükségessége, szakértő bevonásának szükségessége, egyéb figyelmeztetés).....	13
Kitekintés	14
Köszönetnyilvánítás	14
Irodalom	15

Bevezetés

2013-ban létrehozták a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszert (NATÉR) és 2016-tól operatíván is megkezdte működését az éghajlatváltozás hatásaihoz való hazai alkalmazkodási stratégiák és az ezzel kapcsolatos klímapolitikai döntéshozatal támogatásában. A NATÉR legfontosabb rétegét a meteorológiai adatok jelentik: a múltbeli mérések és a jövőre vonatkozó modellbecslések. Ezekre az éghajlati információkra épülnek az objektív hatásvizsgálatok, melyek eredményei kijelölik az adaptáció legfontosabb területeit és irányait.

A NATÉR első változatában a jövőbeli éghajlatváltozás hazai jellemzőinek leírásához az ALADIN 4.5 és a RegCM 3.1 regionális klímamodellek szimulációs eredményei szolgálnak alapul (Sábitz et al., 2015). „*A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati scenáriók a Kárpát-medence térségére*” című RCMTÉR projekt keretében a rendelkezésre álló éghajlati scenáriók fejlesztését végeztük el. Az alábbiakban bemutatjuk a modellekkel végrehajtott új klímaváltozási (azaz projekciós) szimulációk jellemzőit, s áttekintjük, hogy a NATÉR-ba ezek eredményeiből milyen adatok kerültek be.

Modellkísérletek

A Nemzeti Alkalmazkodási és Térinformatikai Rendszerben az eddig végrehajtott hatásvizsgálatok számára a magyarországi éghajlatváltozás jellemzőinek leírását az ALADIN-Climate 4.5 és a RegCM 3.1 modell eredményei biztosították. A modellkísérletek 10 km-es rácsfelbontással készültek egy Magyarországot lefedő tartományra, az emberi tevékenység leírására az IPCC¹ SRES² (Nakicenovic et al., 2000) forgatókönyv-családjából a közepes A1B kibocsátási scenárió alkalmazásával (**1. táblázat**; Sábitz et al., 2015). A NATÉR-ban elérhető meteorológiai változókat a **2. táblázat** foglalja össze.

A korábbi projekciók azonban több szempontból fejlesztésre szorultak. Egyrészt a modellek integrálási területe túl kicsinek bizonyult az országhatárokon átívelő (pl. hidrológiai célú) hatásvizsgálatok elvégzéséhez. Másrészt az ALADIN-Climate esetében a tartomány méretéből és elhelyezkedéséből fakadóan, a RegCM esetében pedig beállítási problémák miatt az eredmények hibákkal terheltek (Csima és Horányi, 2008; Torma et al., 2011). A két modell eredményeinek együttes értékelésével lehetséges az éghajlati projekciókban lévő bizonytalanságok alapfokú megjelenítése (ami a várható változások mellett lényeges és nélkülözhetetlen eleme az éghajlatváltozással kapcsolatos objektív hatásvizsgálatoknak), ugyanakkor a jelenleg elérhető két modellkísérlet nem ad információt annak a bizonytalanságnak a mértékéről, ami a jövőbeli antropogén tevékenység leírásával kapcsolatos – holott (jelenlegi ismereteink szerint) az évszázad végére ez is meghatározó a várható hőmérsékletváltozás nagyságát tekintve.

Mindezeket figyelembe véve az RCMTÉR projekt keretében az IPCC legújabb RCP³ (Moss et al., 2010) kibocsátási forgatókönyveit felhasználva új kísérleteket hajtottunk végre a modellek legfrissebb verzióival egy Közép- és Kelet-Európát 10 km-es felbontással lefedő integrálási tartományon (**1. ábra**). A határfeltételeket mindkét modell számára egy korábban futtatott, kapcsolt légkör–óceán általános cirkulációs modell mezőinek dinamikus leskálázásával előállított ALADIN illetve RegCM szimuláció eredményei biztosították, azaz mindkét esetben egy szintén korlátos tartományú éghajlati szimulációt skáláztunk le finomabb felbontásra (**1.**

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

² Special Report on Emissions Scenarios

³ Representative Concentration Pathways

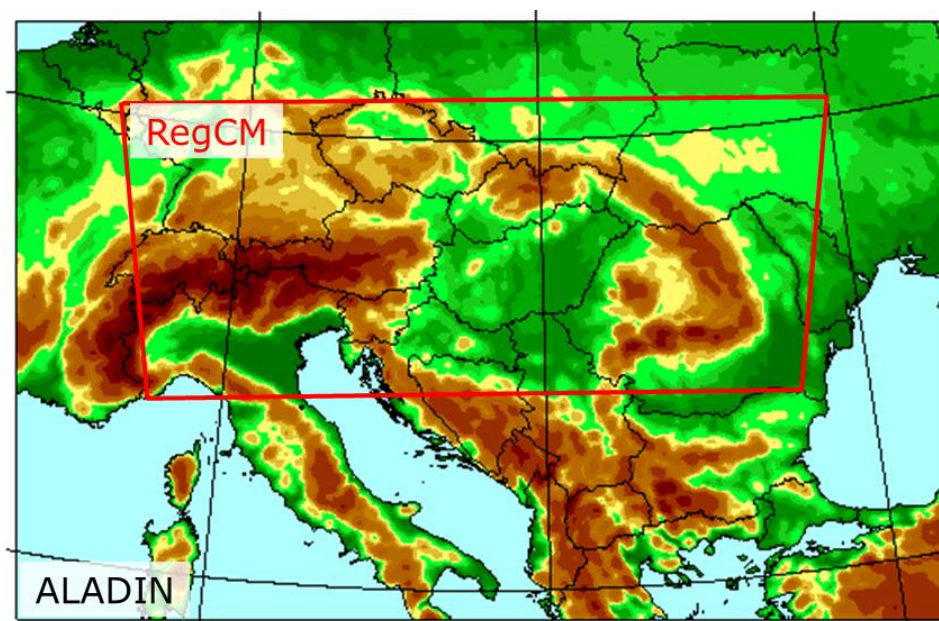
táblázat). A közvetlen határfeltételek 50 km-es felbontású térbeli rácson, 31 illetve 23 vertikális szinten, 6-órás időbeli sűrűséggel álltak rendelkezésre, ezek számára pedig az ALADIN-Climate esetében az ARPEGE-Climate/OPA, míg a RegCM esetében a HadGEM2 modell adta a kezdeti- és peremfeltételeket. Az alkalmazott kibocsátási scenáriók az ALADIN-Climate esetében a pesszimistának tekinthető RCP8.5, a RegCM esetében pedig az optimista RCP4.5 forgatókönyv (melyek rendre 8,5 és 4,5 W/m² sugárzási kényszert feltételeznek 2100-ra; **2. ábra**). A két modellel és eltérő forgatókönyvvel végrehajtott összesen két projekció segítségével egyszerre tudjuk számszerűsíteni az emberi tevékenység leírásából származó bizonytalanságokat, melyek elsősorban a jövőbeli hőmérsékletváltozás mértéke szempontjából lényegesek, valamint a csapadékprojekciók szempontjából fontos modell-bizonytalanságokat. Az eredményekben a két bizonytalansági tényező szétválasztására azonban a jelenlegi kéttagú ensemble nem ad lehetőséget, ehhez mindkét modell mindkét forgatókönyvvel való futtatása (összesen négy projekció) szükséges.

1. táblázat: A modellkísérletek jellemzői.

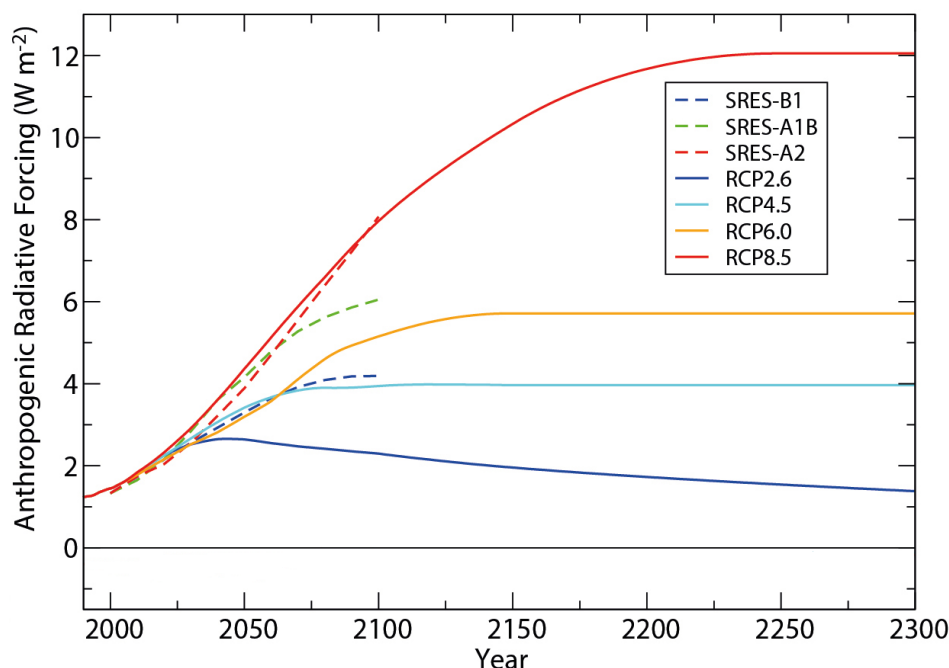
	Korábbi kísérletek		Jelenlegi kísérletek	
Regionális modell	ALADIN 4.5	RegCM 3.1	ALADIN 5.2	RegCM 4.3
Határfeltétel	ARPEGE-Climate	ECHAM5/MPI-OM → RegCM	ARPEGE-Climate → ALADIN-Climate	HadGEM2 → RegCM
Horizontális felbontás	10 km	10 km	10 km	10 km
Szintek száma	31	23	31	23
Határfeltételek felbontása	50 km	25 km	50 km	50 km
Időszak	1951–2100	1961–1990, 2021–2050 2071–2100	1950–2100	1970–2098
Forgatókönyv	A1B	A1B	RCP8.5	RPC4.5

2. táblázat: Az ALADIN4.5 és a RegCM3.1 klímamodellekkel készült szimulációk eredményeiből a NATÉR-ban elérhető adatok.

Változó	Mértékegység	Időskála
2-méteres középhőmérséklet	Celsius fok	Napi, havi
2-méteres minimumhőmérséklet	Celsius fok	Napi, havi
2-méteres maximumhőmérséklet	Celsius fok	Napi, havi
Csapadékösszeg	mm	Napi, havi
Átlagos 2-méteres horizontális szélesség	m/s	Napi, havi
Átlagos 10-méteres horizontális szélesség	m/s	Napi, havi
Globálsugárzás	MJ/m ² /nap	Napi
2-méteres relatív páratartalom	%	Havi
Három hónapra átlagolt SPI aszályindex	–	3-havi
Hat hónapra átlagolt SPI aszályindex	–	6-havi
Tizenkét hónapra átlagolt SPI aszályindex	–	12-havi



1. ábra: Az ALADIN5.2 (teljes) és a RegCM4.3 (piros) regionális klímamodellekkel készített szimulációk 10 km-es felbontású integrálási tartománya.



2. ábra: Az iparosodás (kb. 1765) előtti szinthez viszonyított sugárzási kényszer (W/m^2) alakulása 2000 és 2300 között különböző RCP (teli görbék; sötétkék: RCP2.6, világoskék: RCP4.5, narancs: RCP6.0, piros: RCP8.5) és SRES (szaggatott görbék; kék: B1, zöld: A1B, piros: A2) forgatókönyvek alapján (IPCC AR5 WGI, 2013).

NATÉR-ba beépített adatok

Kiválasztott meteorológiai változók

Az új modellkísérletek eredményeiből hőmérsékleti és csapadékadatok kerültek a NATÉR-ba, melyek a következők:

- A 2021–2050 időszakra vonatkozó éves hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó tavaszi hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó nyári hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó őszi hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó téli hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó éves hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó tavaszi hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó nyári hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó őszi hőmérsékletváltozás alsó és felső határa ($^{\circ}\text{C}$) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;

- A 2069–2098 időszakra vonatkozó téli hőmérsékletváltozás alsó és felső határa (°C) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó éves csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó tavaszi csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó nyári csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó őszi csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2021–2050 időszakra vonatkozó téli csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó éves csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó tavaszi csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó nyári csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó őszi csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján;
- A 2069–2098 időszakra vonatkozó téli csapadékváltozás alsó és felső határa (mm/hónap és %) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján.

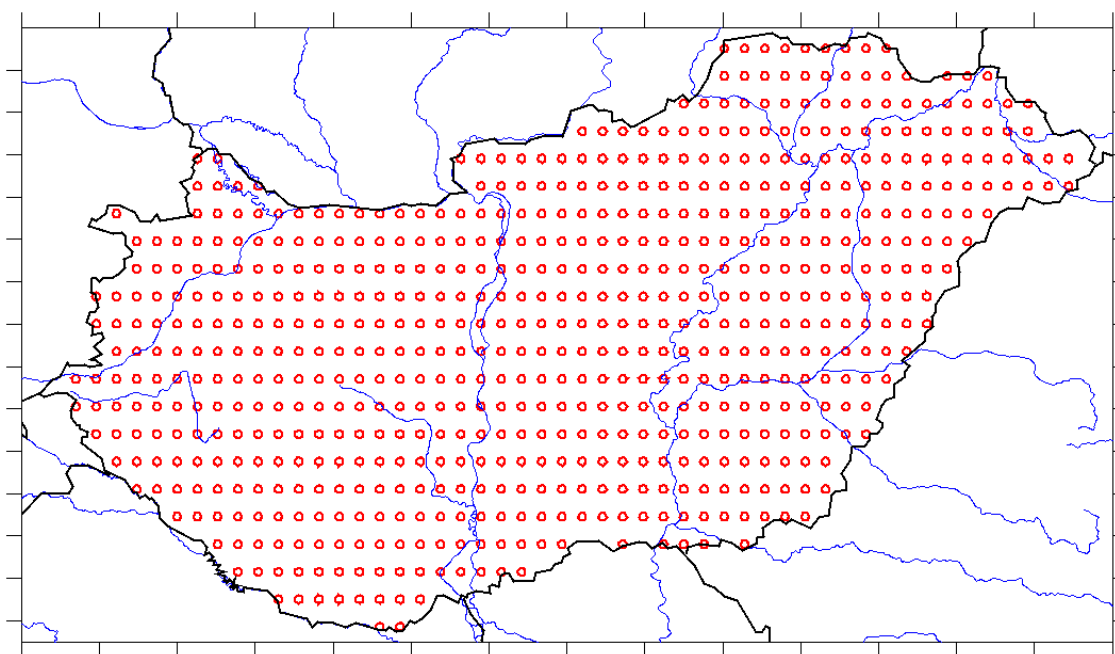
A konkrét változók kijelölésénél a NATÉR egyik lényeges alapelvét tartottuk szem előtt: nevezetesen a számszerű bizonytalansági információk felhasználását minden szinten, tekintet nélkül arra, hogy a kvantitatív adatokat feldolgozó hatásvizsgáló felhasználókról van szó vagy pedig összefoglaló információkat igénylő döntéshozókról. Annak érdekében, hogy megelőzzük a modellek között a felhasználók általi válogatást (s ezzel a bizonytalanság figyelmen kívül hagyását és ezzel a hatásvizsgálatokban az egységes kiindulási alap elvetését), az újabb adatok már nem modellenként elkülönítve állnak rendelkezésre a rendszerben. A projekciós intervallum megadásával közvetlenül jelenik meg bennük a bizonytalanság, ahol az intervallumok meghatározása rácsponthonként történt a két modell által jelzett változás minimális és maximális értékeiből. Természetesen ezek az adatok ebben a formában nem tudnak minden hatásvizsgálati igényt kielégíteni (pl. azokban az esetekben, amikor dinamikailag konzisztens meteorológiai információkra van szükség a vizsgálat elvégzéséhez), ezért felhasználásuk igényli a meteorológus szakértők közreműködését.

További lényeges különbség a korábbi modelldatokhoz képest, hogy az új projekciók esetében a változások megadásához a választott referencia időszak 1971–2000 – szemben az

eddig 1961–1990 időszakkal. Az áttérésnek részben technikai indokai⁴ vannak, részben pedig az az igény, hogy a lehető legfrissebb, ugyanakkor már lezárt 30-éves referencia időszakot használjuk a jövőbeli változások meghatározásához. Ez azt jelenti, hogy a korábbi adatokkal elvégzett és az új adatokon elvégzésre kerülő hatásvizsgálatok eredményei csak ennek a ténynek a figyelembevételével vethetők össze.

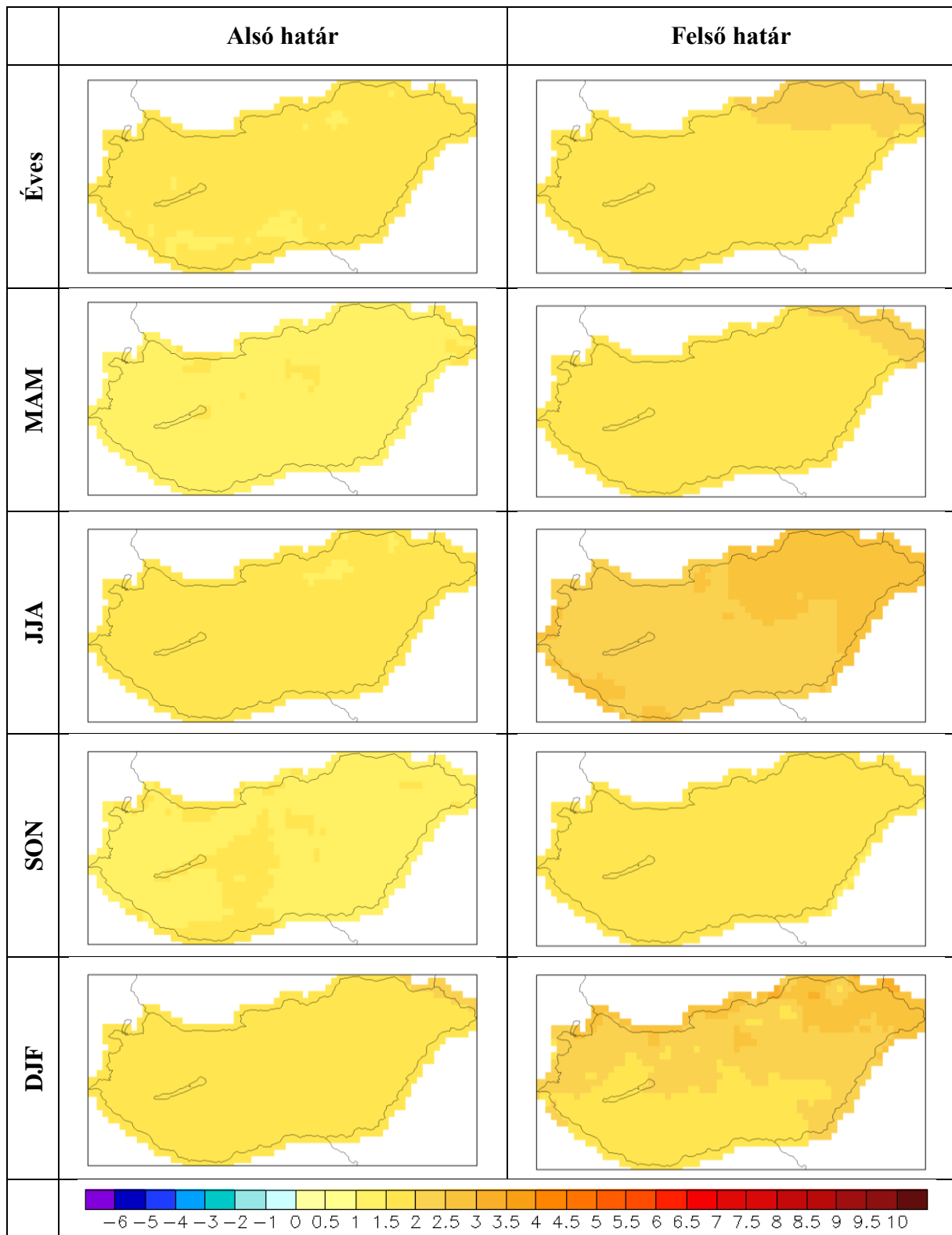
A változások megadásához használt referencia időszakon kívül megváltozott a 21. század végi éghajlati viszonyok leírásához kijelölt célidőszak is: míg korábban 2071–2100-re adtuk meg a századvégi változásokat, addig az új modellszimulációk esetében ez 2069–2098-ra történt. A módosításnak technikai okai vannak: a RegCM modell esetében a határfeltételek erre az időszakra álltak rendelkezésre. Mindazonáltal egymást nagyrészt átfedő 30-éves időszakok átlagos viszonyairól lévén szó, az eredményeket nem befolyásolja lényegesen ez a néhány éves eltolódás.

Az utó-feldolgozott modelladatok egyszerű szöveges file-ok formájában kerültek átadásra a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet munkatársainak a **3. ábrán** látható magyarországi rácspontokra (ezen túlmenően a különböző interpolációs műveletek elvégezhetőségéhez az országhatáron egy rácsponttal túlnyúló pontok adatai is elérhetők a rendszerben). A hőmérsékletváltozásra és a százalékos csapadékváltozásra vonatkozó eredményeket a **4–7. ábrák** térképes formában szemléltetik.

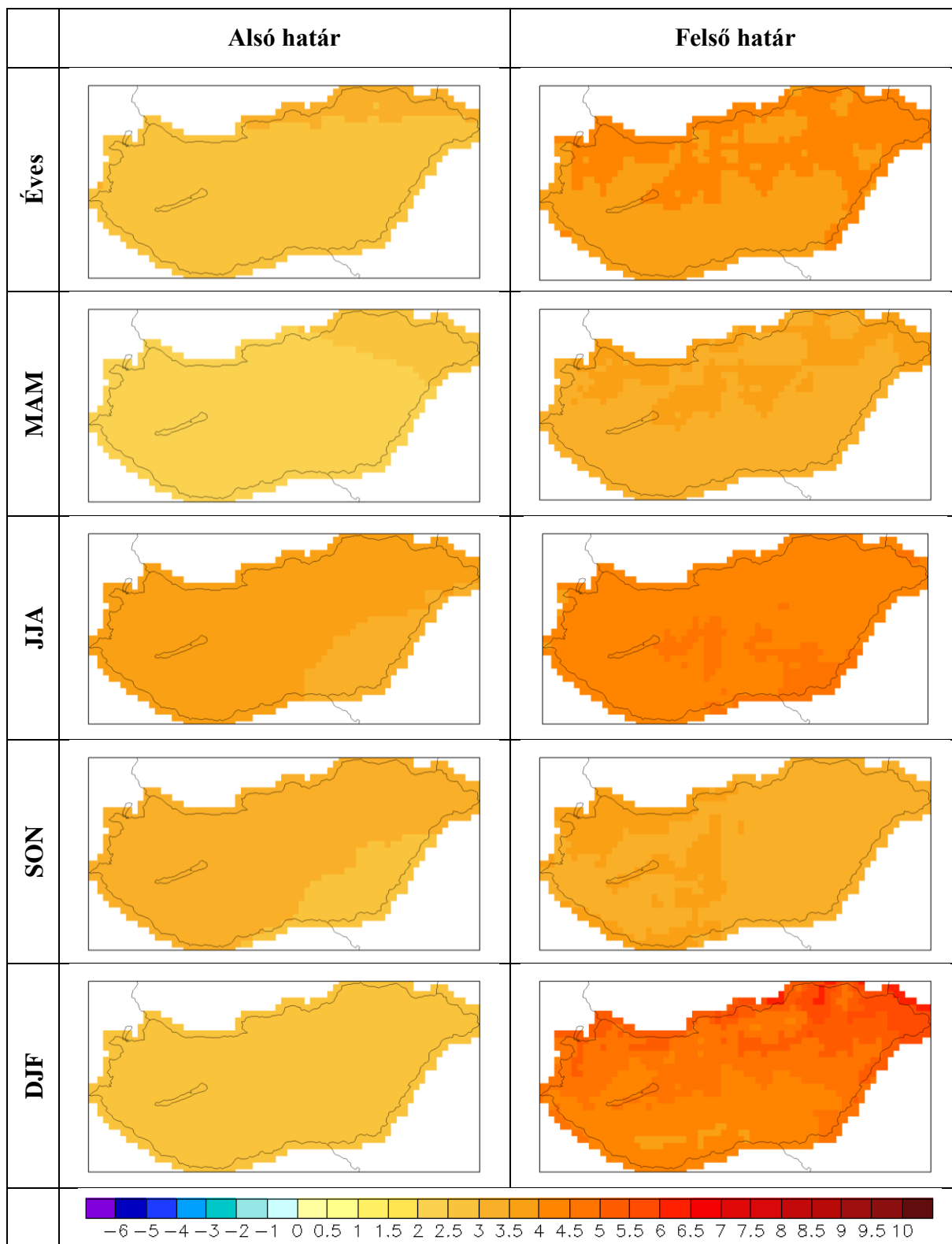


3. ábra: A feldolgozott modelladatok magyarországi rácspontjai.

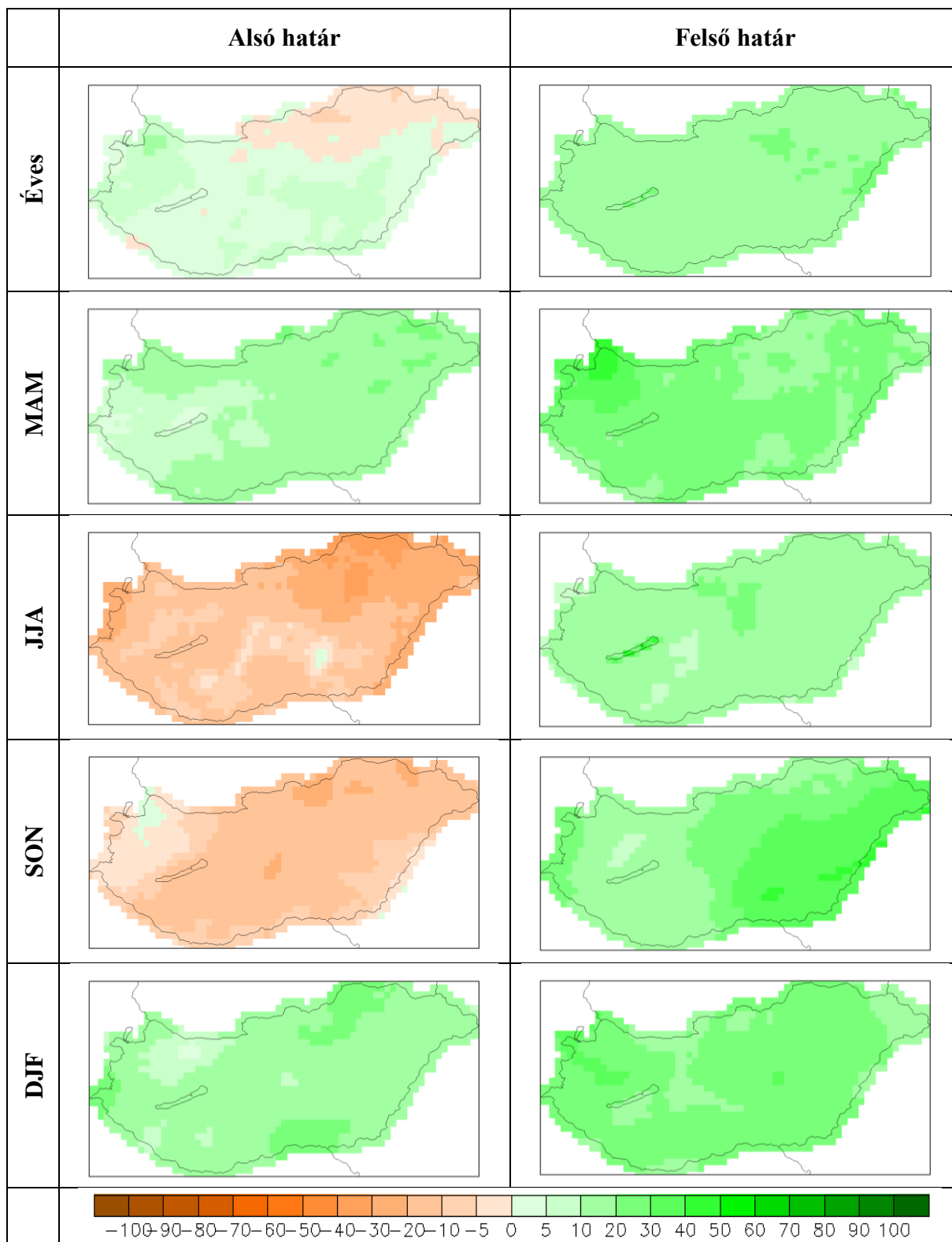
⁴ A validáció céljából végrehajtott szimulációk esetében az 50 km-es felbontású regionális modellek számára a határfeltételeket (a globális klímamodellek mellett) a korábbi ERA-40 helyett a frissebb és korszerűbb ERA-Interim re-analízis adatbázisból (Dee et al., 2011) nyertük, amely 1979-től tartalmaz információkat a légkör állapotáról. Ez értelemszerűen maga után vonja a validációs időszak későbbre tolását (1981-től 2000-ig).



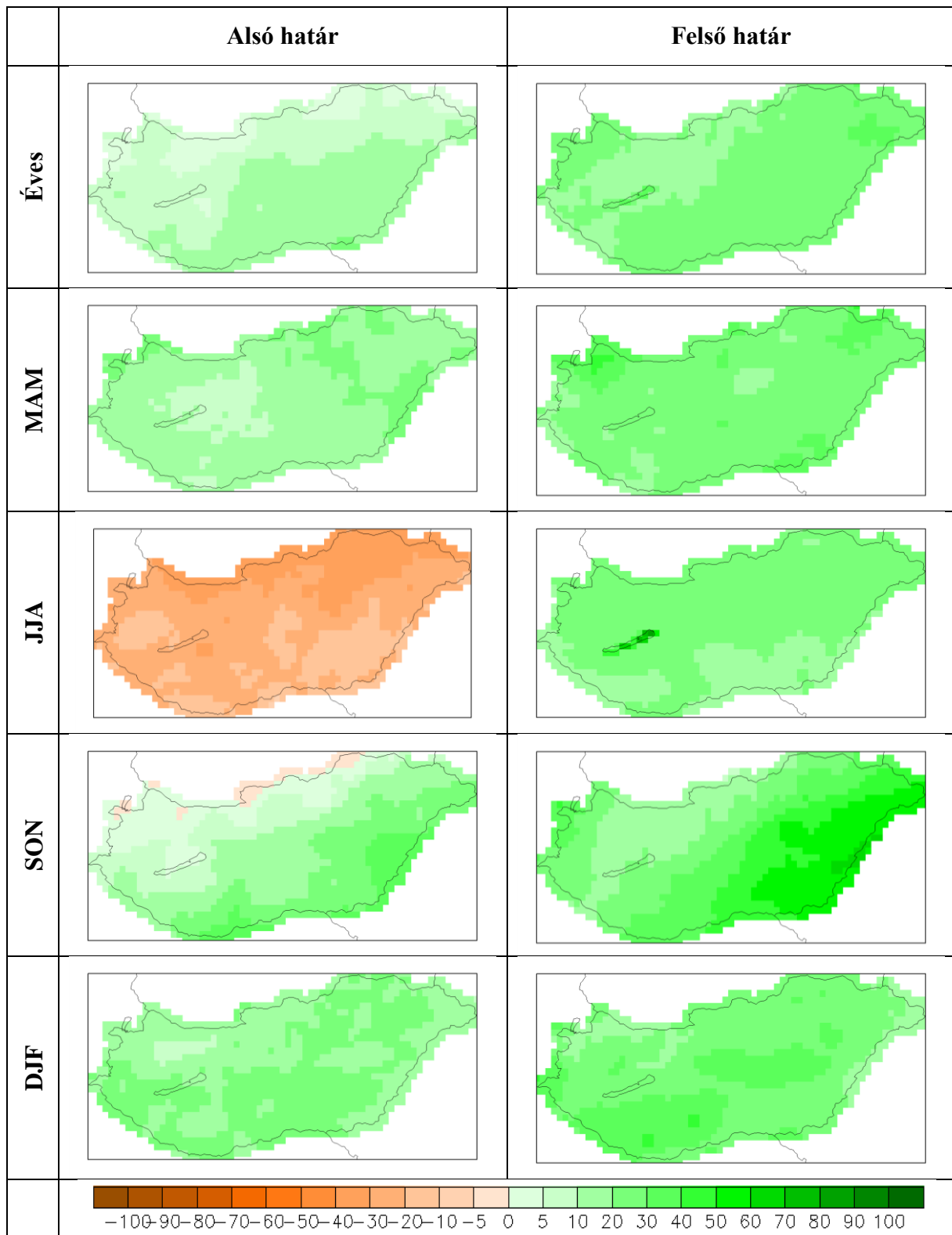
4. ábra: A 2021–2050 időszakra vonatkozó éves és évszaki hőmérsékletváltozás alsó és felső határa (°C) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján. Referencia időszak: 1971–2000.



5. ábra: A 2069–2098 időszakra vonatkozó éves és évszakos hőmérsékletváltozás alsó és felső határa (°C) az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján. Referencia időszak: 1971–2000.



6. ábra: A 2021–2050 időszakra vonatkozó éves és évszakos csapadékváltozás alsó és felső határa (%) az ALA-DIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján. Referencia időszak: 1971–2000.



7. ábra: A 2069–2098 időszakra vonatkozó éves és évszakos csapadékváltozás alsó és felső határa (%) az ALA-DIN-Climate és a RegCM regionális klímamodellek eredményei alapján. Referencia időszak: 1971–2000.

Az adatokhoz tartozó meta-információk

Az Éghajlatváltozás téma megnevezése (rövid egyértelmű leírás)

A NATÉR éghajlatváltozás rétegcsoportja Magyarország éghajlatára, valamint annak várható jövőbeli változására vonatkozó információkat jelenít meg térképi formában. A térképi adatbázis az ellenőrzött, homogenizált meteorológiai mérésekből szabályos rácsra interpolált, a határok mentén harmonizált CarpatClim-Hu adatok, valamint két regionális klímamodell, az ALADIN-Climate és a RegCM modellek egy-egy projekciójából származó adatok alapján állt elő. A méréseket bemutató rétegek a CarpatClim projektben alkalmazott homogenizálási és interpolációs eljárásokkal, a projektterület Magyarország egészére történő kiterjesztésével készültek. A klímamodell-projekciók során az ún. *SRES A1B* forgatókönyvet vették figyelembe, amely az antropogén szennyező-anyag és üvegházgáz kibocsátásra egy a 21. század közepéig növekvő, majd az évszázad végéig csökkenő pályával, s az évszázad végére 700 ppm-et meghaladó széndioxid koncentrációval számol. A klímamodellek adatai az 1961–1990, a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokat fedik le. Ezenkívül további két projekció adatai is elérhetők az adatbázisban, melyek a legújabb, ún. *RCP* kibocsátási forgatókönyvekkel készültek. Az új forgatókönyvek figyelembe veszik a nemzetközi mitigációs törekvéseket, s a 2100-ra feltételezett sugárzási kényszerrel jellemzik őket. Az ALADIN-Climate esetében a pesszimista RCP8.5, a RegCM esetében pedig az optimista RCP4.5 scenárióval készült a modellszimuláció (2100-ra 8,5 illetve 4,5 W/m² sugárzási kényszert feltételezve), adataik az 1971–2000, a 2021–2050 és a 2069–2098 időszakokat fedik le.

A téma célja (klímaváltozás, hatása, az alkalmazkodás elősegítése)

A NATÉR éghajlatváltozási adatbázis kialakításának célja az éghajlat jelenlegi állapotának és várható jövőbeli alakulásának bemutatása, valamint az adatok felhasználhatóvá tétele a klímaváltozás hatásainak becslését célzó elemzések számára.

Az előállítás menete (levezetés rövid leírása)

A klimatológiai térképek a megjelenített éghajlati tényezők harminc éves periódusokra vett átlag értékeit ábrázolják. Az adatbázisok térbeli felbontása 0,1o x 0,1o (hozzávetőlegesen 10 km x 10 km), a térképi megjelenítés interpolációs és simítási eljárások alkalmazásával történt. A múltbeli időszakok éghajlati viszonyaira a legpontosabb képet a mérésekből kaphatjuk, így ezekben az esetekben a CarpatClim-Hu adatbázis alapján származtatott adatok kerülnek megjelenítésre. Az adatbázisban a jelenlegi referencia időszak az 1961–1990 időszak (kivéve az RCP forgatókönyvekkel készített projekciókat, amelyeknél 1971–2000). A jövőre vonatkozó eredmények a klímamodellek adataiból képzett, a referencia időszakhoz viszonyított változás-térképek formájában tekinthetők meg.

A felhasználás kötöttségei (bizonytalanság, alkalmazkodás szükségessége, szakértő bevonásának szükségessége, egyéb figyelmeztetés)

A nem-lineáris folyamatokkal átszótt éghajlati rendszer viselkedése a kormányzó fizikai törvények ismeretében éghajlati modellek segítségével írható le. A modellszimulációk bizonytalansággal terheltek, ami az éghajlat természetes változékonyságán túl a fizikai folyamatok leírásának közelítő jellegéből, illetve a rendszerre hatással bíró társadalmi-gazdasági folyamatok előrejelezhetetlenségéből adódik. Az éghajlati skálán lényeges antropogén tényezőkre – a népesség, az energia-felhasználás, az ipari-mezőgazdasági szerkezet stb. változásaira – különböző

forogatókönyveket alkotnak, melyeket üvegházgáz- és aeroszol-kibocsátás formájában számszerűsítene a modellek számára. Ezek hipotetikus volta miatt a jövőre vonatkozó éghajlati modellszimulációkat nem előrejelzéseknek, hanem projekcióknak nevezzük. A NATÉR adatbázisában szereplő, jövőbeli időszakokra vonatkozó klimatológiai térképek és adatok, valamint az ezekből levezetett hatástanulmányok eredményeinek értékelése során ezért fontos szem előtt tartani, hogy azok egy-egy lehetséges forogatókönyvet jelentenek, nem a várható hatások biztos előrejelzéseiként szolgálnak. A NATÉR adatbázis minden jövőre vonatkozó tematikája az A1B forogatókönyvekkel készített klímaprojekciók adatainak felhasználásával készült. A jövőbeli éghajlati viszonyok és a hatások megismeréséhez figyelembe kell venni a leírásukra használt módszerek (a projekciók és a hatásvizsgálatok) bizonytalanságait, amit több modellre és forogatókönyvre alapozva lehet megtenni.

Kitekintés

A jelen beszámolóban összefoglaltuk, hogy az RCMTÉR projekt keretében az ALADIN-Climate és a RegCM regionális klímamoddellel végrehajtott éghajlatváltozási kísérletek eredményeiből mely adatok kerültek a NATÉR rendszerébe. Az új projekciós eredmények több tekintetben is a korábbi klímascenáriók továbbfejlesztései. Az adatok továbbra is 10 km-es térbeli felbontással állnak rendelkezésre, viszont a legfrissebb regionális modellváltozatoknak, a továbbfejlesztett globális modellekből származó határfeltételeknek és a körültekintően tesztelt futtatási beállításoknak köszönhetően az új modelledmények a korábbinál pontosabban írják le a Kárpát-medence múltbeli és jelenlegi éghajlati jellemzőit. A projekciók során a két eltérő forogatókönyv alkalmazása lehetővé teszi, hogy képet kapjunk az emberi tevékenység leírásából származó bizonytalanságokról, ami meghatározó a jövőbeli hőmérsékletváltozás mértéke szempontjából. Az egyedi modellkísérletek eredményei helyett a változási intervallumok alkalmazásával elkerüljük a felhasználók általi szelekciót a modellszimulációk között, miközben elősegítjük a felhasználók és a meteorológus szakemberek párbeszédre épülő közös munkáját.

Mindez azonban nem jelenti azt, hogy a korábbi kísérletek eredményei és azokkal elvégzett hatásvizsgálatok feleslegessé váltak. Egyrészt a SRES forogatókönyvekkel elvégzett modellszimulációk nem (és ezzel együtt az azokon alapuló további vizsgálatok sem) avultak el: ezek egy átlagos ütemű antropogén üvegházgáz-kibocsátás mellett várható éghajlati (és egyéb) jövőképet írnak le, aminek továbbra is megvan a létjogosultsága. Mindazonáltal egy csupán két modellre alapozott projekció nem elegendő a bizonytalanságok teljes spektrumának feltérképezésére, ugyanis miközben a lehető legfinomabb felbontású magyarországi regionális klímamodelleket alkalmazunk, nem tudjuk, hogy a regionális modellek a kapcsolódó határfeltételekként használt globális modellel együtt a bizonytalanságok mely részét mutatják be; továbbá nem tudjuk elkülöníteni az emberi tevékenység illetve a fizikai folyamatok leírásának nehézségeiből eredő bizonytalanságokat. Az optimális szimuláció-együttes legalább 8-10 körültekintően kiválasztott tagot tartalmaz, amelyek kiegyensúlyozottan megjelenítik a jövőbeli emberi tevékenységre vonatkozó kibocsátási forogatókönyvek megválasztásából eredő, a regionális modellek számára határfeltételt szolgáltató globális klímamodellekből származó, valamint magukból a regionális klímamodellek eltéréseiből adódó bizonytalanságokat. Ezért mindezen elvek mentén tervezzük a NATÉR-nak alapot szolgáltató ensemble rendszer fokozatos kiterjesztését.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az ELTE Meteorológiai Tanszék munkatársainak a RegCM modelladatok biztosításáért.

Irodalom

- Csima, G., Horányi, A., 2008: Validation of the ALADIN-Climate regional climate model at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás* 112, 3–4, 155–177.
- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E.V., Isaksen, L., Kállberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N., Vitart, F., 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137, 553–597.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J., 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T.Y., Kram, T., La Rovere, E.L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Raihi, K., Roehrl, A., Rogner, H. H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., Dadi, Z., 2000: *IPCC special report on emissions scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sábitz J., Szépszó G., Zsebeházi G., Szabó P., Illy T., Bartholy J., Pieczka I., Pongrácz R.: A klímamodellekből levezethető indikátorok alkalmazási lehetőségei. NATÉR (EEA-C11-1) tanulmány (szerk.: Szépszó G.), 111 p.
http://www.met.hu/RCMTeR/doc/reports/C11-1_indikatorok_tanulmany.pdf
- Torma, Cs., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2011: Validation of a high-resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian Basin. *J. Hydrometeorol* 12, 84–100. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2010JHM1234.1>