

Az ALADIN-Climate regionális klímamodell integrálási tartományának megválasztására vonatkozó érzékenységvizsgálat

Szépszó Gabriella, Krüzselyi Ilona, Illy Tamás, Sábitz Judit

Országos Meteorológiai Szolgálat



Budapest, 2015. április

Tartalom

Bevezetés.....	3
A kísérletek beállításai	4
Az eredmények kiértékelése.....	7
Eredmények.....	7
Összefoglalás.....	17
Köszönetnyilvánítás	18
Irodalom	18

Bevezetés

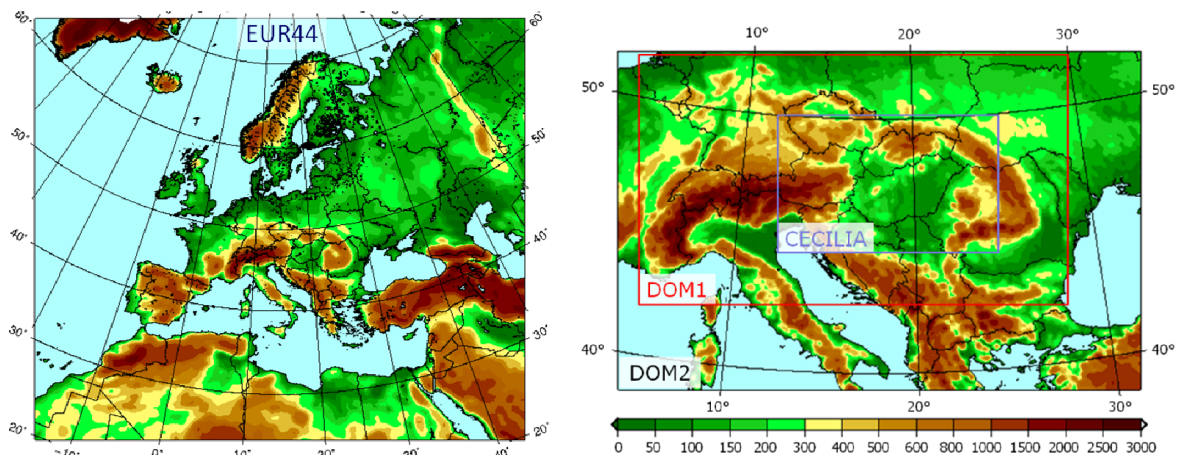
Az ALADIN-Climate regionális klímamodell 2005-ben került adaptálásra az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ). Néhány rövidebb (3–5 éves) tesztelés után elvégeztük az első éghajlati szimulációt a modellel egy több-évtizedes múltbeli időszakra egy Közép-Európát 25 km-es felbontással lefedő tartományon. Később, a CECILIA európai uniós projekt keretében az ALADIN modellt 10 km-es felbontáson használtuk. A részletesebb felbontás azonban több számítási művelettel jár, ezért – tekintettel az OMSZ kapacitásainak korlátaira – az alkalmazott modelltartomány méretét csökkentettük, s a modellintegrálást egy a Kárpát-medencét lefedő területen (**1. ábra**; CECILIA) hajtottuk végre.

A korlátos tartományú modellek futtatása során a parciális differenciálegyenlet-rendszer megoldásához a tartomány oldalsó peremén határfeltételek előírása szükséges. A célterület oldalsó határai nem fizikai korlátot reprezentálnak, a korlátos tartományú modellek az oldalsó határfeltételeken keresztül veszik figyelembe az egész Földet átfogó, nagyskalájú folyamatok hatását, melyek időben változó kényszerként fejtik ki hatásukat a regionális eredményekre. (A gyakorlatban egy globális modell vagy egy, a korlátos tartományt magában foglaló másik regionális modell szolgáltatja a határfeltételeket.) A differenciálegyenlet-rendszer matematikai megoldhatóságához meghatározott számú peremfeltétel megadása szükséges megfelelő számú határpontban. A szükségesnél kevesebb határfeltétellel a feladat nem lesz egyértelműen megoldható, túlhatározottság esetén pedig a távozni készülő hullámok visszaverődnek a tartomány pereméről, s az integrálás során fokozatosan befelé terjedve elrontják az eredményeket a tartomány belsejében is. A szükséges számú határfeltétel megadása a hidro-termodinamikai egyenletrendszerrel nehezen vagy esetenként egyáltalán nem valósítható meg, ezért a meteorológiai modellezésben általában a túlhatározottságból eredő zajok szűrésével kezelik a problémát. A modellek többségében erre a Davies-sémát (Davies, 1976) alkalmazzák: egy néhány rácspontból álló relaxációs zónát definiálnak a célterület körül (**2. ábra**), amelyen minden időlépésben összesimítják (relaxálják) a különböző meteorológiai változóknak a „meghajtó” és a „meghajtott” modelltől származó, a határpontokban felvett értékeit.

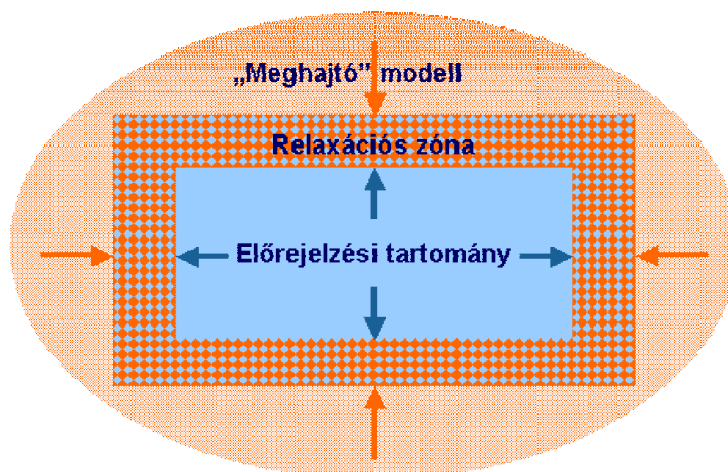
Ahhoz, hogy az általunk kiválasztott régió éghajlati jellemzőit minél megbízhatóbban tudjuk leírni, egy olyan tartomány választása célszerű, aminek a szélétől több rácspont távolságra, a belsejében helyezkedik el a célterület, valamint a tartomány határai nem magashegységeken keresztül húzódnak. Erre azért van szükség, mert a peremfeltételek túlhatározottsága miatt visszaverődő hullámok egy része alkalmas relaxációs technika mellett is „beszökhet” a tartomány belső rácspontjaihoz és ott numerikus zajt okozhat az eredményekben, amire a kiemelkedő domborzati elemek még ráerősíthetnek. Ha a vizsgálni kívánt terület közel esik ehhez a zónához, akkor ezek a hatások itt is elronthatják az eredményeket.

Az ALADIN-Climate modell 10 és 25 km-es felbontású kísérleteinek eredményeit megfigyelésekkel összehasonlítva megállapítottuk, hogy a nagyobb integrálási tartomány alkalmazásával a modell jobb eredményekkel szolgált a durvább felbontás ellenére (Csima and Horányi, 2008). Különösen a csapadékmezőben mutatkoztak nagy eltérések, amiből arra következtítettünk, hogy a modell tartományának mérete és elhelyezkedése nem megfelelő. Az előnytelen tartományválasztásból eredő numerikus zajokra ugyanis a csapadék a legérzékenyebb, mivel azt parametrizáció útján származtatják a modellekben, és az oldalsó perem rácspontjaiban a

regionális és globális nedvességi vagy hőmérsékleti mezők közötti kis eltérések nagy csapadékhibákhoz vezethetnek néhány rácsponttal beljebb. A további kísérletekhez tehát szükséges egy optimális tartomány meghatározása, amihez érzékenységvizsgálatot végeztünk az ALADIN-Climate modellel.



1. ábra: A EURO-CORDEX keretében végrehajtott ALADIN-Climate modellkísérlet Európát lefedő tartománya (EUR44; balra); a CECILIA projekt keretében elvégzett szimulációkban (CECILIA; jobbra) és az érzékenységvizsgálat során definiált integrálási tartományok (DOM1 és DOM2; jobbra), illetve a modellben alkalmazott domborzat (m) 50 illetve 10 km-es felbontáson.



2. ábra: A korlátos tartományú modellekben az előrejelzési tartományon kívül zajló folyamatokat az oldalsó határfeltételeken keresztül egy relaxációs zóna alkalmazásával veszik figyelembe. A néhány rácspont szélességű relaxációs zónában a peremfeltételt adó „meghajtó” (általában globális) modell és a korlátos tartományú modell mezőit egymáshoz simítják. Forrás: Szépszó et al., 2013.

A kísérletek beállításai

Az ALADIN-Climate modell a nemzetközi együttműködésben fejlesztett ALADIN (Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement International) korlátos tartományú, rövidtávú előrejelző modell (Horányi et al., 2006) klímaváltozata. A klímamodell az ALADIN modell dinamikáját (numerikus módszereit, koordináta rendszerét, stb.) használja, míg fizikai parametrizációs sémáit az ARPEGE-Climate légköri általános cirkulációs modellelől kölcsönzi.

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál jelenleg az ALADIN-Climate 5.2 verziója van használatban. A modell fő tulajdonságait az **1. táblázat** foglalja össze.

1. táblázat: Az alkalmazott ALADIN-Climate modellváltozat legfontosabb jellemzői.

ALADIN-Climate 5.2	
Kiindulási modell	Dinamika: ALADIN időjárási LAM* Parametrizációk: ARPEGE-Climate AGCM**
Dinamika	
Horizontális deriváltak kezelése	Spektrális módszer
Vertikális koordináta rendszer	Felszínkövető–nyomási hibrid
Hidrosztatikus közelítés	Hidrosztatikus
Prognosztikai változók	Hőmérséklet, Horizontális szélkomponensek, Specifikus légnedvesség, Felszíni nyomás
Időbeli sémák	Szemi-implicit + szemi-Lagrange
Fizikai parametrizációk	
Sugárzás	RRTM (Mlawer et al., 1997)
Felszíni modell	SURFEX (Le Moigne, 2009)
Nagyskálájú csapadék	Smith (1990)
Nagyskálájú felhőzet	Ricard and Royer (1993)
Konvekció	Bougeault (1985)

* LAM: Limited Area Model – korlátos tartományú modell

** AGCM: Atmospheric General Circulation Model – légköri általános cirkulációs modell

A modellszimulációk elkészítésénél alapvető célunk, hogy a kísérleteket reális idő alatt el tudjuk végezni, és az eredmények széleskörűen felhasználhatók legyenek. Az érzékenységvizsgálatok megtervezésénél az alábbi szempontokat mérlegeltük:

- *A kísérlet hossza:* az integrálás legyen elég hosszú ahhoz, hogy megbízható következtetéseket tudjunk levonni belőle a későbbi éghajlati szimulációkra vonatkozóan. Ezért a kísérletek hossza 10 év, mert ezen az időtartamon az egyes évek eltérő jellemzői már kevésbé érvényesülnek modelleredményekben.
- *Próbatartományok száma:* figyelembe véve a rendelkezésre álló számítási kapacitás korlátait is, minimálisan két tartomány vizsgálatával már tényleges összehasonlítást lehet végezni.

- *A tartomány mérete és elhelyezkedése:* a tartományok minimális méretét meghatározza, hogy alkalmasnak kell lennie alapvető hatásvizsgálatok elvégzésére. Ebből a szempontból a hidrológiai vizsgálatoknak kitüntetett szerepe van, mivel a tartománynak tartalmaznia kell a kiválasztott folyók vízgyűjtő területeit. Ezen túlmenően a tartomány peremeinek távol kell húzódnia a magasabb domborzati elemektől, hogy elkerüljük az ebből fakadó zajokat.
- *Számítási kapacitás:* a vizsgálat és a kiválasztott új terület feletti szimulációk legyenek reális időn belül elvégezhetőek.

A fentiek alapján két tartományt (DOM1 és DOM2) definiáltunk a modellszámításokhoz használt Lambert-féle kúpvetületen. Az **1. ábra** mutatja az elhelyezkedésüket, a **2. táblázat** a területek sarokpontjainak koordinátáit. Mindkét terület lefedi Közép- és Kelet-Európát és ezen belül a Duna és a Tisza folyók vízgyűjtőit. A nagyobb (DOM2) tartomány magában foglalja a kisebb (DOM1) területet, s főként keleti és déli irányban nyúlik továbbra annál. A tartományok horizontális felbontása 10 km, míg a vertikális szintek száma 31. Tesztidőszakul az 1971–1980 évtizedet választottuk, melyet még kiegészítettünk egy év felpörgési idővel (azaz a kísérleteket az 1970–1980 időszakra hajtottuk végre, a kiértékelés során pedig az 1971–1980 időszak eredményeit vizsgáltuk).

Mivel a különböző területekre végrehajtott modellkísérletek eredményeit nagyban befolyásolják a meghajtó mezők, ezért a vizsgálatot azokkal a határfeltételekkel végeztük el, amiket a jövőbeli projekciók esetében is használni fogunk. A 10 km-es felbontású ALADIN-Climate modellkísérletek számára egy 50 km-es felbontású ALADIN-Climate kísérlet eredményei adják a peremfeltételeket, melyeket az ARPEGE-Climate globális mezőinek leskálázásával állítottunk elő az 1951–2100 időszakra egy egész Európát lefedő tartomány felett. A 10 km-es felbontású kísérleteket az OMSZ SGI Altix típusú számítógépén végeztük. A modellintegrálásokat 16 processzoron futtattuk, így a kisebb területre végzett futtatás körülbelül 7 napot, míg a nagyobb tartományra 15 napot vett igénybe (**2. táblázat**).

2. táblázat: A határfeltételeket szolgáltató (EUR44), a korábbi (CECILIA) illetve az érzékenységvizsgálat során készített (DOM1 és DOM2) ALADIN-Climate modellkísérletek legfontosabb paraméterei.

Kísérlet	EUR44	CECILIA	DOM1	DOM2
Horizontális felbontás	50 km	10 km	10 km	10 km
Szintek száma	31	31	31	31
Modelltartomány bal alsó és jobb felső sarokpontjai	LON1=4,42° LON2=35,52° LAT1= 37,93° LAT2=51,98°	LON1=12,44° LON2=25,22° LAT1= 44,64° LAT2=50,01°	LON1=5,11° LON2=30,18° LAT1=42,13° LAT2=51,71°	LON1=4,95° LON2=34,53° LAT1=38,52° LAT2=51,58°
Rácspontok száma	144 x 144	108 x 72	200 x 120	240 x 160
Futási idő	-	~4 nap	~7 nap	~15 nap

Az eredmények kiértékelése

A kiértékelésnél három változó éves és évszakos átlagértékeit vizsgáltuk: a tengersizinti légnyomását, a 2 m-es hőmérsékletét és a csapadékmennyiségét. A csapadék igen változó paraméter, modellekkel való leírása összetettebb feladat. Ezért napi csapadékadatokat felhasználásával megvizsgáltuk a különböző napi csapadékmennyiségek előfordulását, ezek a következők voltak:

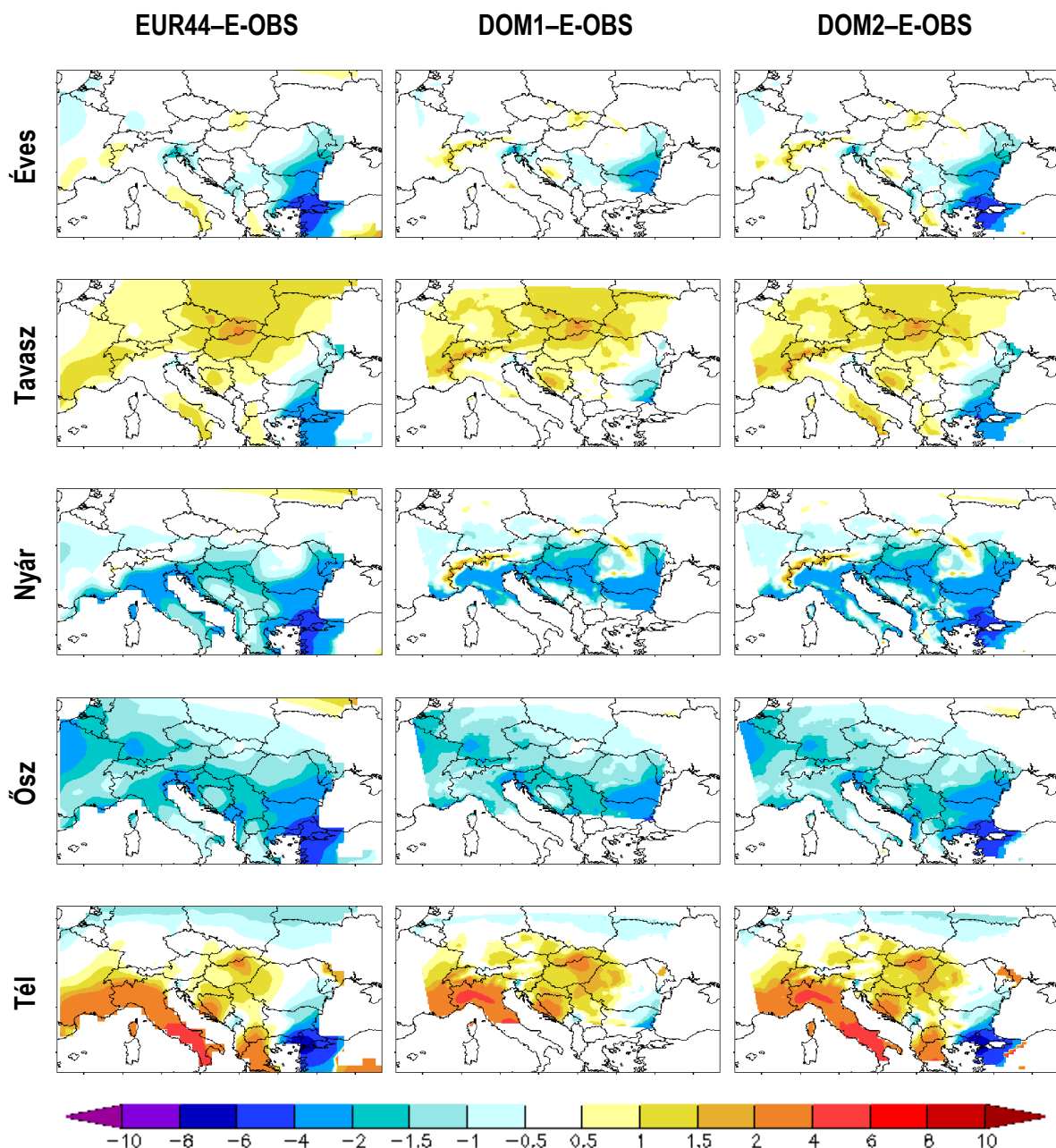
- 0,1 mm feletti csapadékú napok száma;
- 0,1 és 10 mm közötti csapadékú napok száma;
- 10 mm feletti csapadékú napok száma (nap);
- 10 és 20 mm közötti csapadékú napok száma;
- 20 mm feletti csapadékú napok száma.

Az elemzés során elsősorban a modelleredmények és a megfigyelési információk eltérését ábrázoló hibaterképeket, évi menetet mutató grafikonokat készítettünk, s kiszámoltuk az országos átlagos hibákat. A hibák számításánál a modelleredményeket több rácsponti megfigyelési adatbázissal is összevetettük. Magyarország területére a legpontosabb információval a CARPATCLIM adatbázis (Lakatos et al., 2013) szolgál. A CARPATCLIM adatbázis a magyarországi és a környező országok méréseinek összegyűjtésével, majd az adatsorokon a MASH homogenizációs (Szentimrey, 2008) és a MISH meteorológiai interpolációs módszer (Szentimrey és Bihari, 2007) alkalmazásával készült a CARPATCLIM nemzetközi projekt keretében. Az adatbázis Magyarország területére 0,1-fokos felbontással tartalmaz napi adatokat. Azért, hogy a modelleredmények minőségéről ne csak Magyarországra, de az egész tartományra legyen információnk, felhasználtuk az Európát lefedő E-OBS (Haylock et al., 2008; van den Besselaar et al., 2011) adatbázist is. Az E-OBS 25 km-es felbontású napi adatokkal rendelkezik, s jelenleg a legjobb minőségű publikusan elérhető kontinentális adatbázis. Gyengesége viszont, hogy nem homogenizált adatsorokon alapszik, s előállításához jóval kevesebb állomás adatait használták, mint amennyi a nemzeti adatbázisokban található. A két adatbázis különösen a csapadékadatok esetében mutat nagy eltéréseket Magyarország területén.

Eredmények

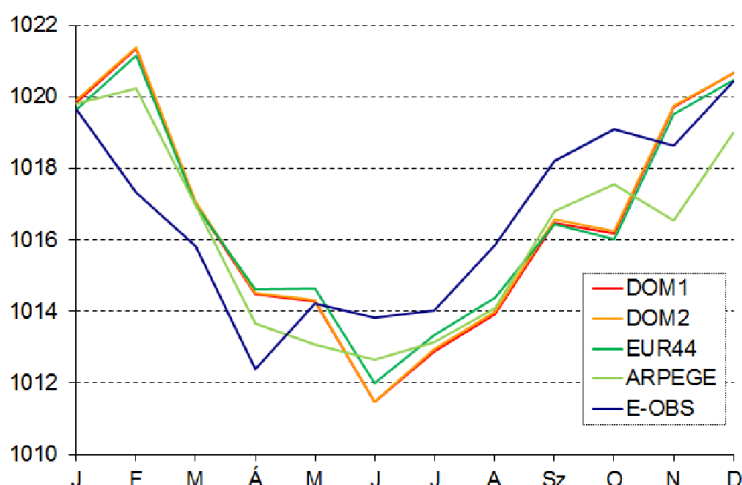
Elsőként azt vizsgáltuk, hogy a két tartomány felett mennyiben képes a modell visszaadni a nagyskálájú folyamatokat. Ehhez a modellezett tengersizinti légnyomást az E-OBS mérési információival vetettük össze. A **3. ábrán** látható, hogy az ALADIN modell télen és tavasszal a vizsgált terület nagy részén némileg felülbecsli a légnyomást, míg nyáron és ősszel a valóságnál alacsonyabb értékeket mutat. A hiba nagysága elfogadható mértékű: helyenként meghaladhatja a 4 hPa-t, de alapvetően 2 hPa alatt marad. A legnagyobb eltérést a megfigyelésektől nyáron adja a modell (Magyarország területén átlagosan -1,8 hPa), ami valószínűleg a hőmérséklet felülbecsléséből adódik (1. később). Ugyanis a megfigyelések szerint nyáron egy másodminimum jelentkezik a légnyomás évi menetében (**4. ábra**) a Kárpát-medence felmelegedése

miatt (a meleg levegőben az intenzívebb feláramlás a nyomás csökkenéséhez vezet), amit a modell eltúloz a hőmérséklet-felülbecslés miatt. A mérésekben látható április minimum azonban nem jelenik meg a szimulációkban, ami arra utal, hogy az izlandi ciklontevékenység, ami hazánkban a nyomás alakulását befolyásolja áprilisban, túl gyenge a modellben. A két különböző területen elvégzett 10 km-es felbontású tesztelés eredményei között csak nagyon kis eltéréseket tapasztalunk. A határfeltételt szolgáltató 50 km-es felbontású kísérlet eredményeit is megvizsgálva egyértelmű, hogy a hibák a határfeltételből erednek, mégpedig a globális ARPEGE-Climat mezőkből. Ugyanis a mérésektől vett eltérés az 50 km-es felbontású szimulációnál és többnyire az ARPEGE kísérlet esetében is hasonló nagyságú és időbeli eloszlású, mint amit a leskálázás során kaptunk.



3. ábra: Az éves és évszakos átlagos felszíni nyomás eltérése (hPa) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és az E-OBS adatok között az 1971–1980 időszakban.

Magyarországi tengerszinti légnyomás [hPa]

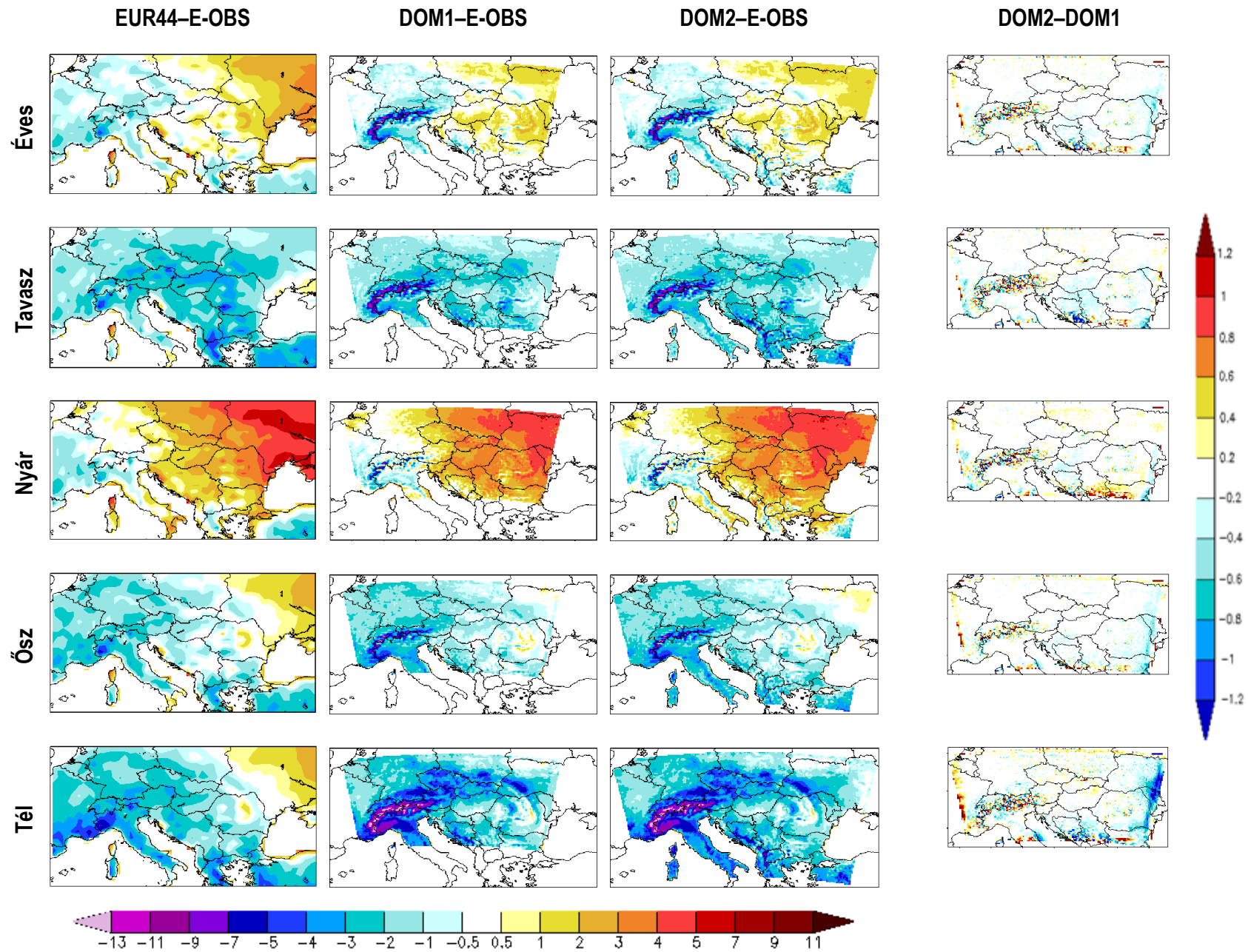


4. ábra: A magyarországi átlagos havi tengerszinti légnyomás (hPa) a különböző tartományon végrehajtott ALADIN-Climate és a külső határfeltételt adó ARPEGE-Climate modellszimulációk eredményei, valamint az E-OBS adatok alapján az 1971–1980 időszakban.

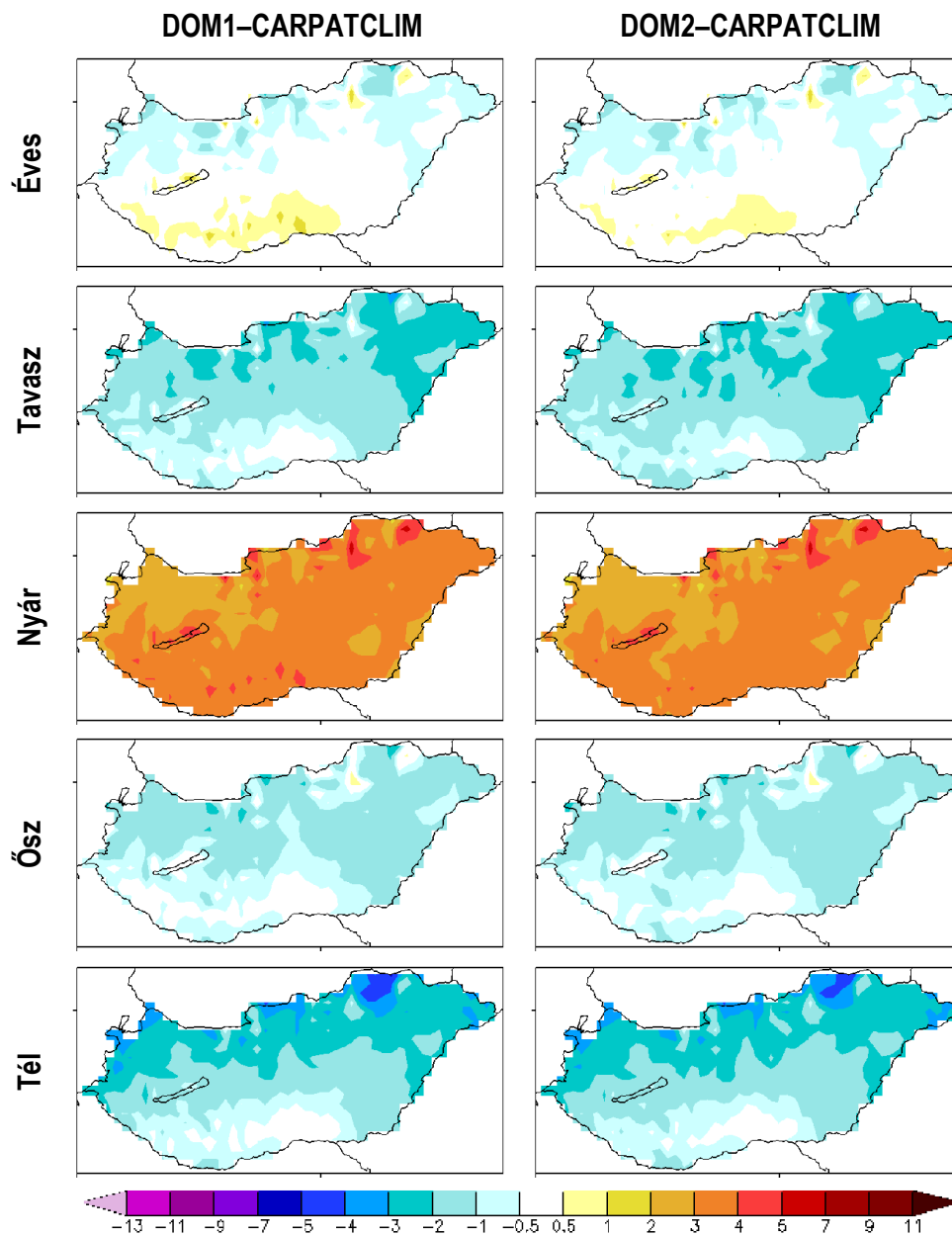
A hőmérsékletre a nyarat kivéve alábecslés a jellemző mindkét tartomány egész területén. Az alábecslés a magashegységekben jelentős, az Alpok területén meghaladja az 5 °C-ot, s a tartománynak ezen a részén a negatív eltérések nyáron is megmaradnak. A hőmérsékleti hibák területi eloszlása hasonló szerkezetű a meghajtó mezők hibájához, ugyanakkor látható, hogy a részletesebb felbontás alkalmazásakor ezek az Alpok felett kissé megnövekedtek. Magyarország területén a CARPATCLIM adataitól vett eltérések országos átlagban 1 és 3 °C közé esnek, nyáron a legnagyobb és ősszel a legkisebb mértékűek (**3. táblázat** és **6. ábra**). A két integrálási tartomány használatával kapott eredmények között 0,2 foknál kisebb az eltérés a terület nagy részén (házánk felett országos átlagban 0,1 fok). Nagyobb különbségek elsősorban a magashegységeknél láthatók, de szisztematikus eltérésről itt sem beszélhetünk, ugyanis a különbségmezőben az egymás melletti rácpontokban pozitív és negatív értékek váltogatják egymást. Így a hőmérsékleti eredmények alapján nem dönthető el, hogy melyik integrálási tartománnyal ad jobb eredményeket az ALADIN-Climate modell.

3. táblázat: Az éves és évszakos magyarországi átlaghőmérséklet és csapadékösszeg eltérése (°C és %) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és a CARPATCLIM adatok között az 1971–1980 időszakban.

		Éves	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
Hőmérséklet (°C)	DOM1	-0,2	-1,5	3,3	-1,0	-1,9
	DOM2	-0,3	-1,6	3,2	-1,1	-1,9
Csapadék (%)	DOM1	3	26	-2	-2	-18
	DOM2	6	31	0	0	-14

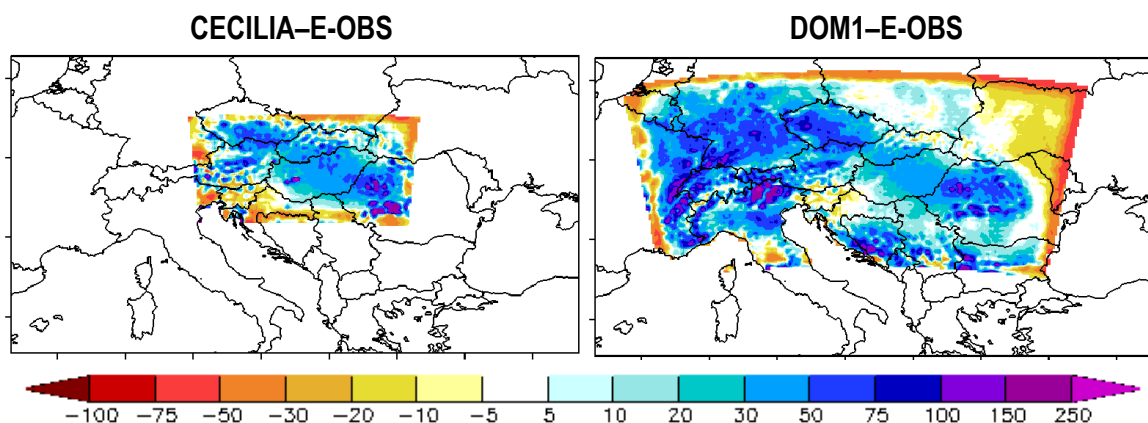


5. ábra: Az éves és évszakos átlaghőmérséklet eltérése (°C) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és az E-OBS adatok között (első 3 oszlop), illetve az érzékenységvizsgálatnál elvégzett két modellszimuláció eredményei között (utolsó oszlop) az 1971–1980 időszakban.



6. ábra: Az éves és évszakos átlaghőmérséklet eltérése (°C) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és a CARPATCLIM adatok között az 1971–1980 időszakban.

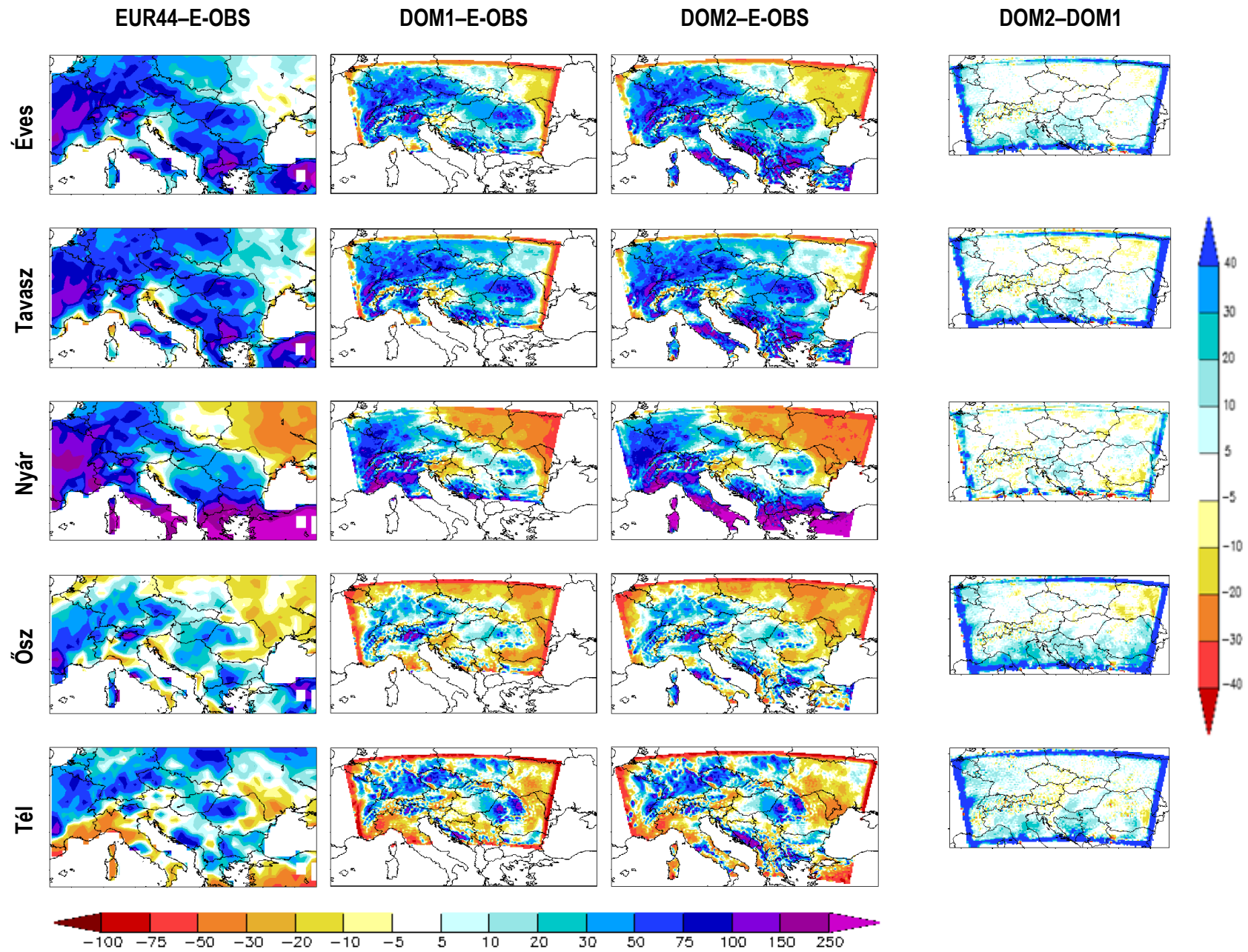
Az ALADIN csapadékeredményeit összevetve az E-OBS adatbázissal, mindegyik integrálási tartomány esetében a terület szélein erős alábecslés látható (7. ábra a CECILIA és a DOM1 tartományokra). Az integrálási tartomány oldalsó pereménél található relaxációs zóna a modell felbontásától függetlenül 8 rácspontból áll, s itt történik az oldalsó határfeltételek és a regionális modelleredmények összesímítése a modellegyenletek prognosztikai változóira (1. táblázat). A relaxáció következtében a területnek ezen a részén a prognosztikai változók alapján parametrizáció útján előállított csapadék a valóságostól jelentősen eltérő, mesterséges mintázatot vehet fel. Ezt a jelenséget mutatja a 7. ábra: a relaxációs zónában lévő rácspontok többségénél erős csapadékhány mutatkozik, ugyanakkor ahol ez a sáv magashegységek területére esik, ott inkább fölébecslés jellemző, ami még a relaxációs zónától távolabbi rácspontokban is észrevehető. Megállapíthatjuk, hogy egy nagyobb integrálási terület alkalmazásakor a tartomány belsejét, így a Kárpát-medence területét ezek a zajok kevésbé érintik, illetve a hegyvidékeken fellépő zajok is kisebbek.



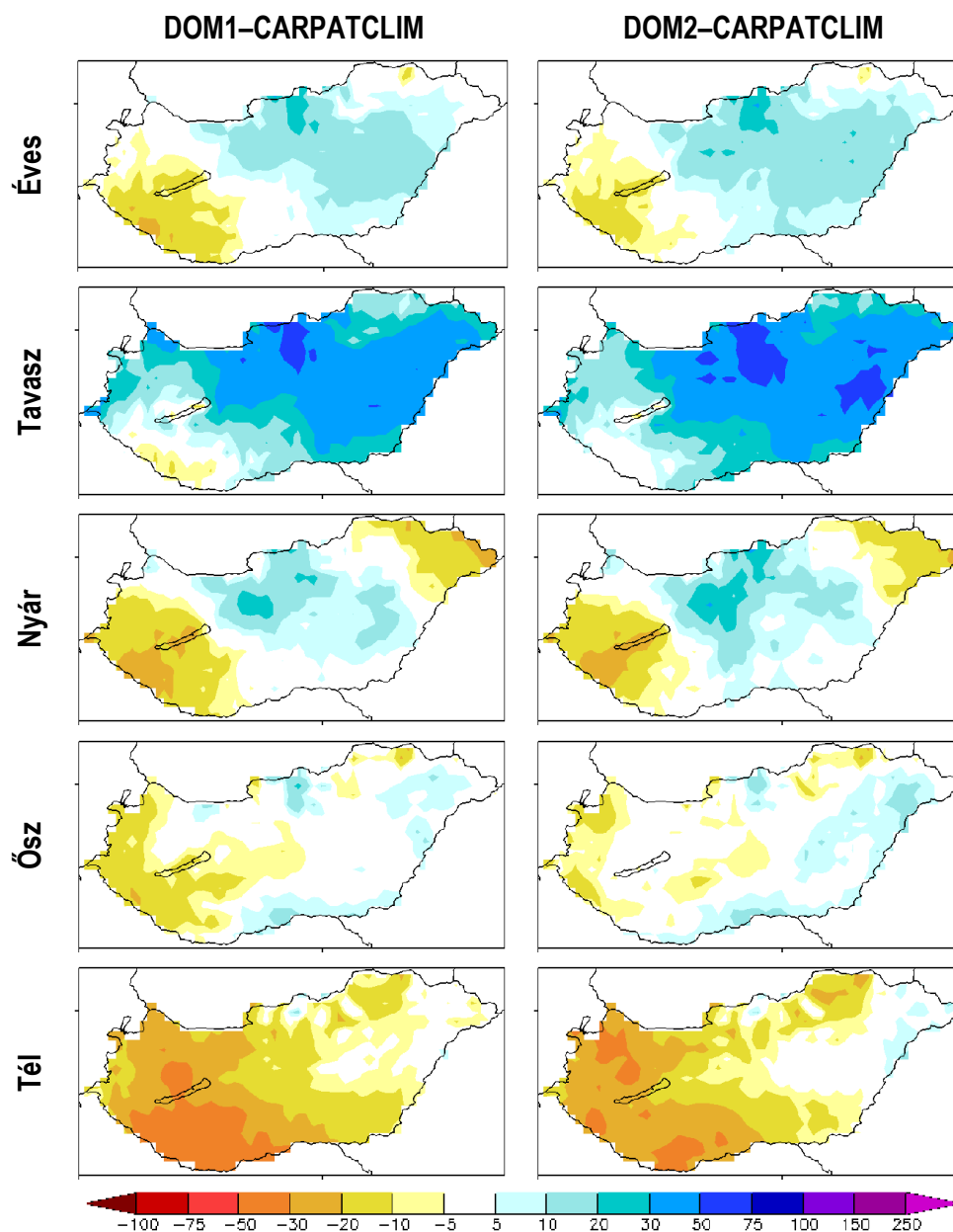
7. ábra: Az éves csapadékösszeg eltérése (%) a különböző tartományon végrehajtott ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és az E-OBS adatok között az 1971–1980 időszakban.

Az évszakos eredmények (8. ábra) alapján az ALADIN tavasszal felülbecsli a csapadékot, míg ősszel és télen az alábecslés jellemző, kivéve az ország középső tájait. Nyáron az alábecslés kisebb területre, elsősorban északkeletre korlátozódik, de a mértéke nagyobb. A különböző integrálási tartományon kapott eredmények között elsősorban a kisebb terület peremén, valamint az északkeleti és déli tájakon tapasztalunk 10 %-ot meghaladó eltérést. Magyarországra többnyire túl sok csapadékot adnak a modelleredmények, legalábbis ha az E-OBS adatbázist tekintjük referenciának. A fölébecslés különösen tavasszal jelentős, ekkor országos átlagban elérheti a 30 %-ot is. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy tartomány belsejében előforduló alá- és fölébecslések már a meghajtó (50 km-es felbontású ALADIN) mezőkben is fennállnak.

Némiképp módosulnak azonban következtetések, ha a modelleredményeket a CARPATCLIM adatokhoz hasonlítjuk (9. ábra). Ekkor nyáron és ősszel az ország középső részén túl sok csapadékot mutat a modell, míg a délnyugati és nyáron az északkeleti tájakon is túl száraz. Télen a CARPATCLIM adatokkal összehasonlítva a modelleredményekben erős alábecslés látható, ami az ország északnyugati régiójában elérheti az 50 %-ot is. Ez teljesen ellentmond az E-OBS-szal való összehasonlítás alapján kapott téli eredményeknek, amikor fölébecslés volt jellemző.



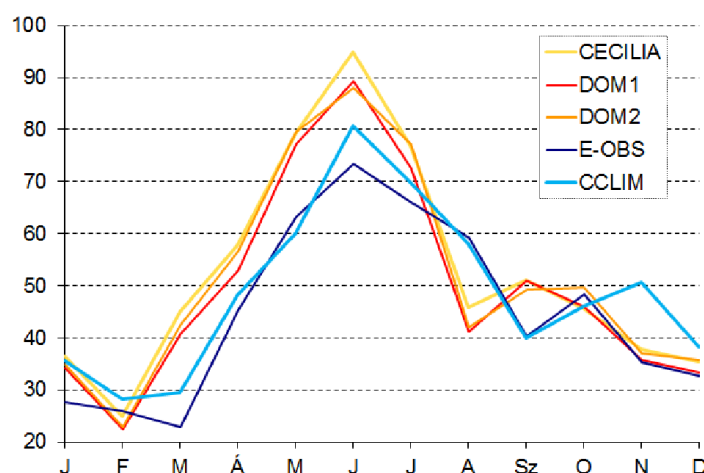
8. ábra: Az éves és évszaki csapadékösszeg eltérése (%) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és az E-OBS adatok között (első 3 oszlop), illetve az érzékenységvizsgálatnál elvégzett két modellszimuláció eredményei között (utolsó oszlop) az 1971–1980 időszakban.



9. ábra: Az éves és évszakos csapadékösszeg eltérése (%) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és a CARPATCLIM adatok között az 1971–1980 időszakban.

A CARPATCLIM adatbázissal való összevetés az éves csapadékmenet (**10. ábra**) esetében is felhívja a figyelmet a referencia-adatbázis megválasztásának jelentőségére. Mindkét referencia-adatbázis szerint a kiválasztott időszakban hazánkban júniusban hullott a legtöbb és télen a legkevesebb csapadék, amit a modelleredmények is visszatükröztek mindkét integrálási tartomány esetében. Eltérés van viszont az őszi másodmaximumnál: az E-OBS alapján ez októberben, míg a CARPATCLIM adatok alapján novemberben következett be – a modelleredmények pedig a szeptember–október időszakra adták. A magyarországi átlagértékeket tekintve (**3. táblázat**) a nagyobb integrálási tartomány alkalmazásával a tavaszt leszámítva jobb eredményeket kaptunk, bár a két kísérlet eredményei között csak néhány százalék az eltérés.

Magyarországi átlagos csapadék [mm]



10. ábra: A magyarországi átlagos havi csapadékösszeg (mm) a különböző tartományon végrehajtott ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei, valamint az E-OBS és a CARPATCLIM adatok alapján az 1971–1980 időszakban.

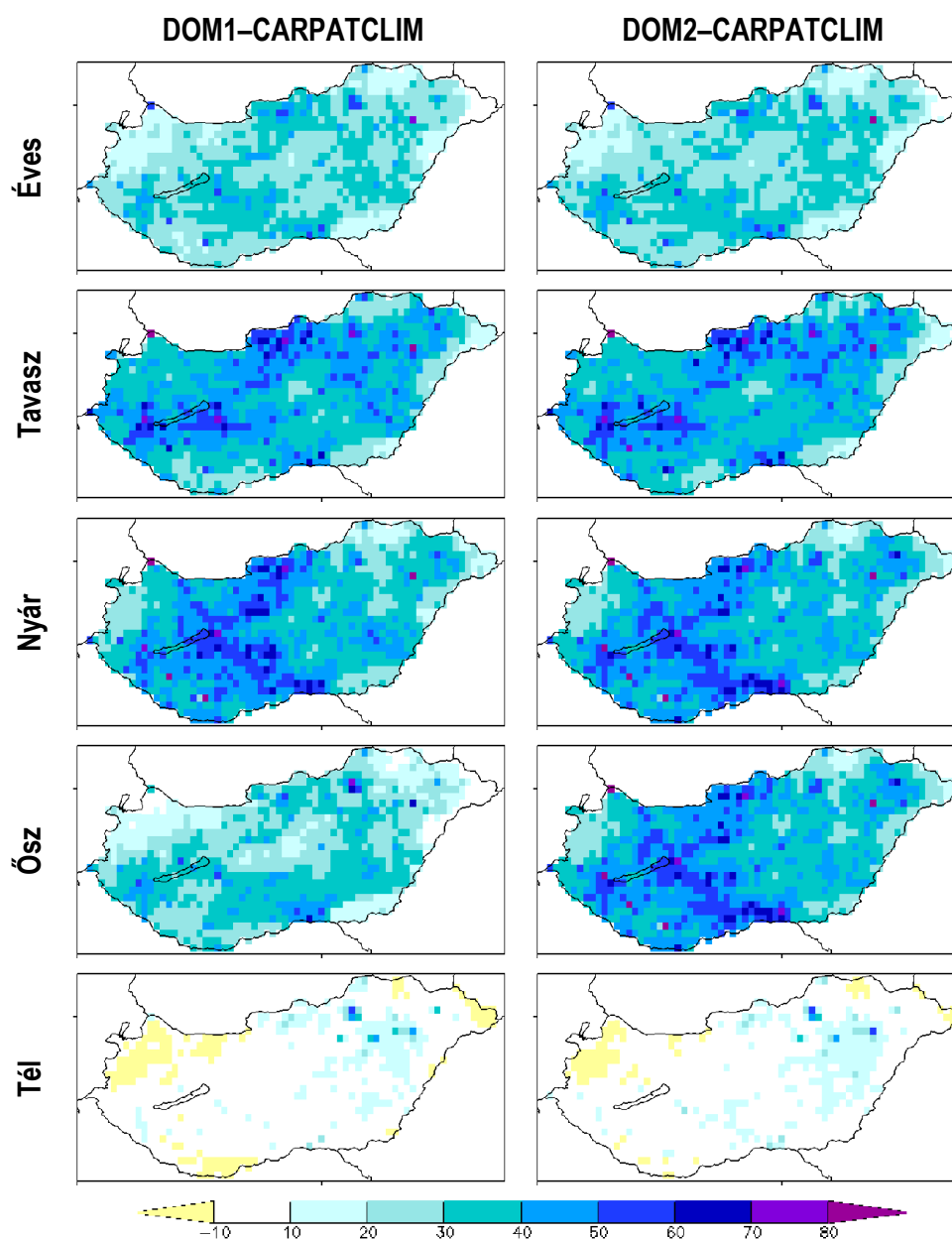
Ha a napi csapadékösszegre vonatkozó modelleredményeket vizsgáljuk, akkor megállapíthatjuk, hogy a kisebb (10 mm alatti) mennyiséggel járó csapadékesemények számát az ALADIN modell a CARPATCLIM adatokhoz képest felülbecsli. Ennek mértéke országos átlagban elérheti a 40 százalékot (**4. táblázat**), kivéve télen, amikor a hiba elhanyagolható nagyságú. A megfigyelésektől vett eltérés területi eloszlását tekintve, az ország nyugati-délnyugati tájain gyakran nagyobb hibák tapasztalhatók (**11. ábra**).

4. táblázat: Az adott napi csapadékmennyiséggel járó események átlagos évszakos magyarországi gyakoriságértékeinek eltérése (%) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és a CARPATCLIM adatok között az 1971–1980 időszakban. Színezés jelöli, ahol a két kísérlet között a relatív eltérés meghaladja a 10 %-ot: zöld szín esetén a hibák a nagyobb (DOM2) tartomány alkalmazásával kisebbek, mint a kisebb (DOM1) tartomány esetében, sárga szín esetén fordítva.

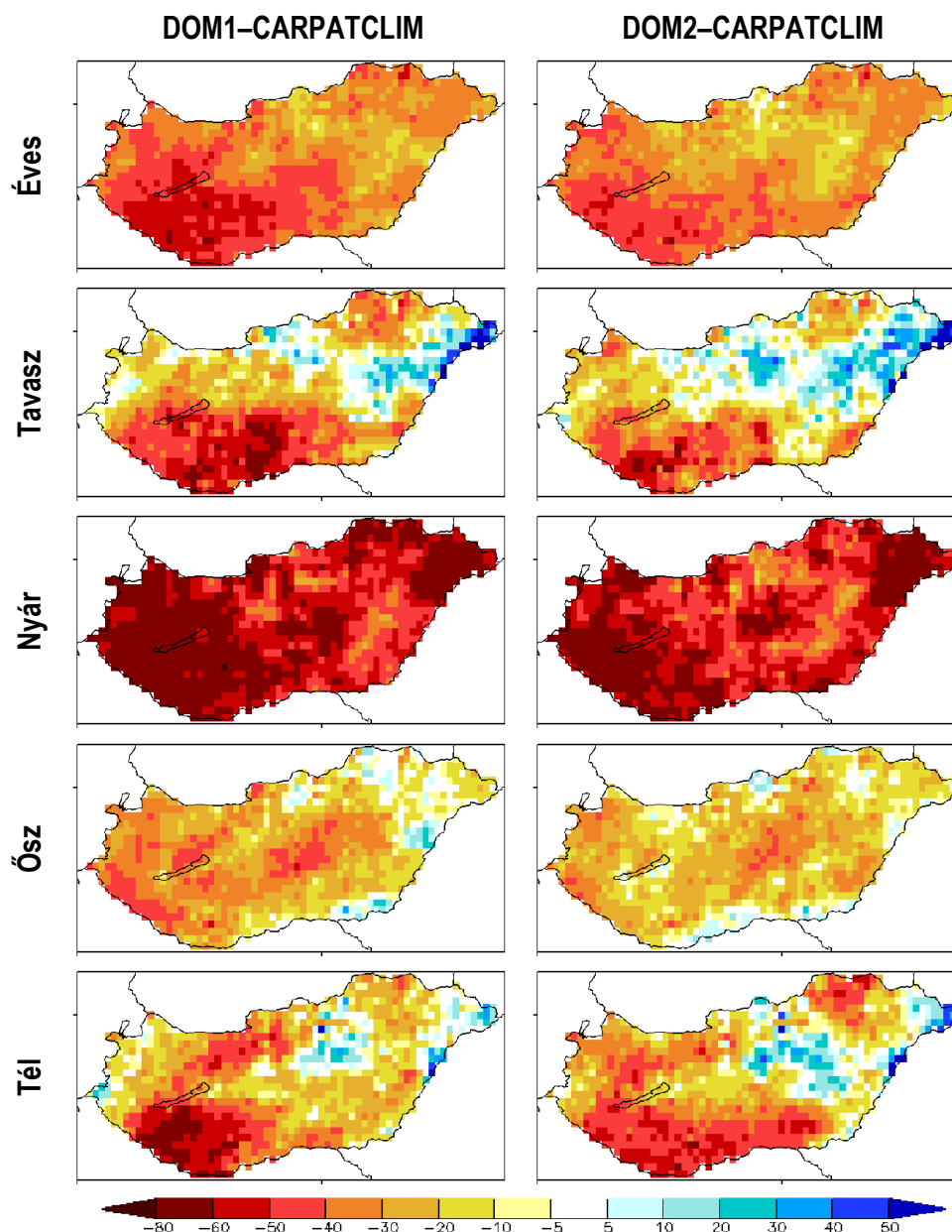
		Tavas	Nyár	Ősz	Tél
0,1 mm fölött	DOM1	39	38	27	0,4
	DOM2	39	40	28	1,8
0,1 és 10 mm között	DOM1	45	55	35	2,6
	DOM2	45	55	35	4,0
10 mm fölött	DOM1	-27	-60	-25	-29
	DOM2	-17	-55	-20	-27
10 és 20 mm között	DOM1	-21	-54	-29	-22
	DOM2	-9	-47	-21	-20
20 mm fölött	DOM1	-54	-80	-11	-69
	DOM2	-52	-79	-18	-66

A 10 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékú napok előfordulását a modell az ország nagy részén alulbecsli, különösen a nyári évszakban, ugyanakkor főként a keleti területeken fölébecsli is megfigyelhetünk (12. ábra). A 20 mm-nél nagyobb csapadékösszegű napok számában az alúbecsítés átlagosan 70-80 %-os is lehet, azonban mivel ezek az események ritkán fordulnak elő, napokban kifejezve ez mindössze 1-2 napos eltérést jelent a megfigyelésektől.

A napi csapadéértékek összehasonlításával nagyobb eltéréseket kapunk a különböző tartományokon készített kísérletek eredményei között, mint az évszagos átlaghőmérséklet és az átlagos havi csapadékösszeg vizsgálatánál, a különbség némely évszakban akár 10 % is lehet. A CARPATCLIM referencia-adatbázissal összevetve a nagyobb integrálási terület alkalmazásával kapott eredmények többnyire kisebb hibával terheltek, mint a kisebb tartomány esetében.



11. ábra: A 0,1 mm-t meghaladó csapadékú napok éves és évszagos számának eltérése (%) a különböző ALADIN-Climat modellszimulációk eredményei és a CARPATCLIM adatok között az 1971–1980 időszakban.



12. ábra: A 10 mm-t meghaladó csapadékú napok éves és évszakos számának eltérése (%) a különböző ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei és a CARPATCLIM adatok között az 1971–1980 időszakban.

Összefoglalás

A bemutatott vizsgálatban két integrálási területet teszteltünk abból a célból, hogy megfelelő modelltartományt válasszunk az ALADIN-Climate modell további kísérleteihez. A modellt 10 km-es felbontáson futtattuk az 1971–1980 időszakon, amihez a határfeltételeket egy 50 km-es felbontású ALADIN-Climate szimuláció eredményei szolgáltatták. Az eredményeket mérésekkel vetettük össze, és a validáció alapján többféle összehasonlítást végeztünk:

1. A korábban elvégzett szimulációk eredményeivel, hogy lássuk a tartomány méretének és elhelyezkedésének megfelelő beállításával elérhető javulást;

2. A peremfeltételeket szolgáltató 50 km-es kísérlet eredményeivel, hogy számszerűsítsük a határfeltételekből eredő hibákat;
3. A két kísérlet eredményeit egymással is összevetettük, hogy eldöntsük, melyik tartományt célszerű választani az éghajlati projekciókhoz.

Összegzésként elmondható, hogy a vizsgált 10-éves időszakon a tartomány méretének növelésével csökkent a modelleredmények eltérése a megfigyelésektől. Ha nagyobb területen hajtjuk végre az integrálást, akkor a számunkra érdekes terület (azaz a Kárpát-medence) felett a határfeltételek kezeléséből eredő zajok már nem rontják el az eredményeket és a hibák leginkább a meghajtó mezőből származnak (ami a globális ARPEGE-Climat modellig visszavezethető). Az érzékenységvizsgálathoz végzett két kísérlet eredményei között többnyire csak kis különbségeket tapasztaltunk. A vizsgált változók közül a tartományválasztásra a legnagyobb érzékenységet a napi csapadékeredmények mutatták, s ez alapján hoztuk meg a döntést is: a további éghajlati szimulációkat a referenciaértékeket jobban visszatükröző, nagyobb tartományon (azaz a DOM2-n) végezzük el.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Boros-Törék Orsolyát a térképek előállításáért.

Irodalom

- Bougeault, Ph., 1985: A simple parametrization of large-scale effects of cumulus convection. *Mon. Wea. Rev.* 113, 2108–2121.
- Csima, G., Horányi, A., 2008: Validation of the ALADIN-Climate regional climate model at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás* 112, 3–4, 155–177.
- Davies, H.C., 1976: A lateral boundary formulation for multi-level prediction models. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 102, 405–418.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. (Atmospheres)* 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201.
- Horányi, A., Kertész, S., Kullmann, L., Radnóti, G., 2006: The ARPEGE/ALADIN mesoscale numerical modeling system and its application at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás* 110, 3–4, 203–227.
- Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z., Szalai, S., 2013: Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. *Időjárás* 117, 1, 143–158.
- Le Moigne, P., 2009: SURFEX Scientific Documentation. Note de centre (CNRM/GMME), Météo-France, Toulouse, France.
- Mlawer, E.J., Taubman, S.J., Brown, P.D., Iacono, M.J., Clough, S.A., 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.* 102D, 16663–16682.

- Ricard, J.L., Royer, J.F., 1993: A statistical cloud scheme for use in an AGCM. *Annales Geophysicae* 11, 1095–1115.
- Smith, R.N.B., 1990: A scheme for predicting layer clouds and their water content in a general circulation model. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 116, 435–460.
- Szépszó G., Bölöni G., Horányi A., Szűcs M., 2013: A numerikus időjárás modellek felépítése: tér- és időskála, adatasszimiláció, diszkretizáció, parametrizációk, valószínűségi előrejelzések, éghajlati modellezés. In: *Alkalmazott számszerű előrejelzés* (szerk.: Weidinger T., Gyöngyösi A.Z.), elektronikus egyetemi jegyzet, ELTE Meteorológiai Tanszék.
- Szentimrey, T., 2008: Development of MASH homogenization procedure for daily data. *Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases*, Budapest, Hungary, 2006, WCDMP-No. 71, WMO/TD-NO. 1493, 123–130.
- Szentimrey, T., Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). *Proceedings of the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology* (eds.: S. Szalai, Z. Bihari, T. Szentimrey, M. Lakatos) 2007, COST Office, Luxemburg, ISBN 92-898-0033-X, 17–28.
- van den Besselaar, E.J.M., Haylock, M.R., van der Schrier, G., Klein Tank, A.M.G., 2011: A European Daily High-resolution Observational Gridded Data set of Sea Level Pressure. *J. Geophys. Res.* 116, D11110, doi:10.1029/2010JD015468.