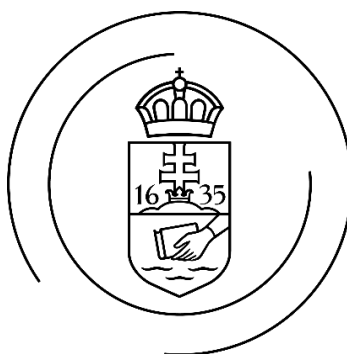


A Kárpátokban detektált éghajlati változások az 1951-2020-as időszakban

TDK DOLGOZAT



Készítette:

Fritz Petra

Meteorológus mesterszak

Témavezető:

dr. Kis Anna

ELTE TTK FFI, Meteorológiai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Földrajz- és Földtudományi Intézet

Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2025

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. Klímaváltozás a hegyvidékeken.....	4
3. Kárpátok	6
4. Adatok és módszertan	8
4.1. Felhasznált adatbázisok.....	8
4.1.1. E-OBS adatbázis.....	8
4.1.2. CARPATCLIM adatbázis	10
4.1.3. FORESEE adatbázis	10
4.2. Módszertan	11
5. Eredmények.....	13
5.1. Az elmúlt évtizedekben detektált változások az E-OBS adatbázis alapján	13
5.1.1. Hőmérséklet.....	13
5.1.2. Csapadék.....	18
5.1.3. Éghajlati indexek	21
5.2. A különböző adatbázisok eredményeinek összehasonlítása	23
6. Összegzés és jövőbeli tervek.....	29
Köszönetnyilvánítás	31
Irodalomjegyzék	32
Függelék.....	35

1. Bevezetés

Az IPCC (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) 2021–2022-ben adta ki a legújabb jelentését az éghajlat állapotáról és a klímaváltozás hatásairól. Az antropogén hatás jelentősége egyértelműen kijelenthető, az emberi tevékenységekből fakadó üvegházgáz-kibocsátások miatt egyre melegszik a Föld és szélsőségesebbé válik az időjárás (IPCC, 2021). Az éghajlat jelenlegi és a jövőben várható változásai egyre inkább jelentős és káros hatással lesznek az emberi társadalomra és a természeti rendszerekre nézve egyaránt.

A globális felszíni hőmérséklet nagyjából 1,3 °C-ot emelkedett napjainkra az iparosodás előtti időszakhoz képest (WMO, 2024). A legoptimistább forgatókönyv szerint is, már a 21. század során meghaladhatjuk a 1,5 °C-os felmelegedést (IPCC, 2021).

Az éghajlatváltozás hatásai egyre nagyobb veszélyt jelentenek a társadalomra. A szimulációk szerint intenzívebbé és gyakoribbá válnak a hőhullámok, ami különösen nagy veszélyt jelent a városi területeken, ahol az épített környezet tovább fokozza a hőstresszt. Az esőzések várhatóan hevesebbek lesznek, mivel a légkör több nedvességet képes befogadni a hőmérséklet emelkedésével és ez szélsőséges csapadékmennyiségeket okozhat. Továbbá ezek az extrém esőzések növelik a villámárvizek előfordulásának esélyét is. Egyes régiókban, különösen a mediterrán és a szubtrópusi térségben gyakoribb és tartósabb szárazságra lehet számítani a szimulációk szerint, emiatt egyre több régió fog vízhiánnyal küzdeni. Mindezek mellett a megváltozó időjárási körülmények miatt az erdőtüzek is egyre többször okoznak majd pusztítást a becslések alapján, ami nemcsak közvetlenül a növényzetet érinti, hanem például jelentős mennyiségű szén-dioxidot és más szennyezőanyagokat bocsát a levegőbe (IPCC, 2021).

Az éghajlatváltozás a Föld különböző régióiban mást jelenthet, nem minden területre gyakorol azonos hatást a globális felmelegedés. A leginkább érintett területek közé tartoznak a hegyvidéki régiók, mivel ezek földrajzi elhelyezkedésük és környezeti adottságaik miatt különösen sérülékenyek (IPCC, 2021).

Dolgozatom célja, hogy rávilágítson a hegyvidékeket érintő klímaváltozás fontosságára, és bemutassa a hazánkat körülölelő Kárpátokat érintő változásokat a hőmérséklet és a csapadékmennyiség tekintetében, az elmúlt évtizedekre vonatkozóan.

2. Klímaváltozás a hegyvidékeken

A hegyvidéki területek különösen érzékenyek a felmelegedésre. A Föld felszínének nagyjából 10%-át borítják gleccserek, azonban becslések alapján, 1,5 °C-os globális felmelegedés esetén a világ számos alacsonyan fekvő és kisebb gleccsere elveszítheti a teljes tömegének nagy részét (*Adler et al.*, 2022; *IPCC*, 2022). Ezzel pedig továbbra is a tengerszint emelkedésének egyik fő okozói maradnak. Mind a regionális, mind a globális tanulmányok arra utalnak, hogy a 21. század eleje és 2100 között mérsékelt felmelegedés (azaz az RCP2.6 és RCP4.5 scenáriók szerint; *van Vuuren et al.*, 2011) esetén a gleccserek mennyisége várhatóan 65–80%-kal csökkenni fog, míg melegebb körülmények között (az RCP8.5 forgatókönyv alapján) szinte teljesen eltűnnek (*Zekollari et al.*, 2019). A gleccserek területének csökkenésével egyre inkább csökken a szárazföldek stabilitása is, ami a természeti katasztrófák gyakoriságára is hatással van. A legnagyobb veszélyeket többek között a permafroszt olvadása okozza, ami földcsuszamlásokat és kőomlásokat eredményezhet, és a szélsőséges időjárási események is növelik a kockázatokat a magashegyi területeken (*Ignacio*, 2017).

Az utóbbi 40 évben világszerte megnőtt a morénák által határolt tavak száma, ami a gleccserek visszahúzódásának következménye. A gleccsertavak hirtelen és extrém gyorsasággal képesek vizet kibocsátani (*glacial lake outburst flood, GLOF*) a gleccser belsejében vagy a felszínén is, ezzel nagy intenzitású árvizeket okozva, amik nagymértékben veszélyeztetik az ott élő emberek életét, megélhetését, illetve a regionális infrastruktúrát. A Himalája, a trópusi Andok és Patagónia területén növekvő tendenciát figyeltek meg ezen jelenségek számában (*Anaconda et al.*, 2015).

A gleccserek és a hótakaró csökkenése már több évtizede tart és a jövőben is folytatódni fog a szimulációk szerint. Azonban nagyon alacsony kibocsátás mellett akár már 2040 körül elkezdhet lassulni a folyamat, de a legtöbb gleccser csak 2200 környékén stabilizálódhat (*ICCI*, 2022).

A hegyvidékeket érintő éghajlatváltozás hatásai az elmúlt évtizedekben egyre fokozódtak, és számos hegyvidéki régióban súlyos következményekkel járnak az emberekre és az ökoszisztémákra nézve egyaránt (*Adler et al.*, 2022). Az egyre erősödő felmelegedés és a csapadékeloszlás változása valószínűleg további hatásokkal jár majd a jövőben is. Ezek közé tartozik az erdőtüzek intenzitásának növekedése, a szárazság és a kártevők okozta növénypusztulás, valamint a vízi élővilág hőmérséklet okozta változásai (*Rangwala és Miller*, 2012).

Az árvizek és a földcsuszamlások gyakoriságában, valamint a vízkörforgásban valószínűsíthető változások számos hegyvidéki régióban súlyos kockázatokkal járhatnak az emberekre, az infrastruktúrára és a gazdaságra nézve. A mezőgazdaságot negatívan érintik az olyan veszélyeknek való fokozott kitettség, mint az aszályok és árvizek, az évszakok kezdetének, a víz elérhetőségének változásai, a kártevők számának növekedése és a beporzók sokféleségének csökkenése. Ez utóbbi negatívan befolyásolja az általános élelmiszertermelést, a táplálkozás sokféleségét és az élelmiszerek tápértékét is (*Adler et al.*, 2022).

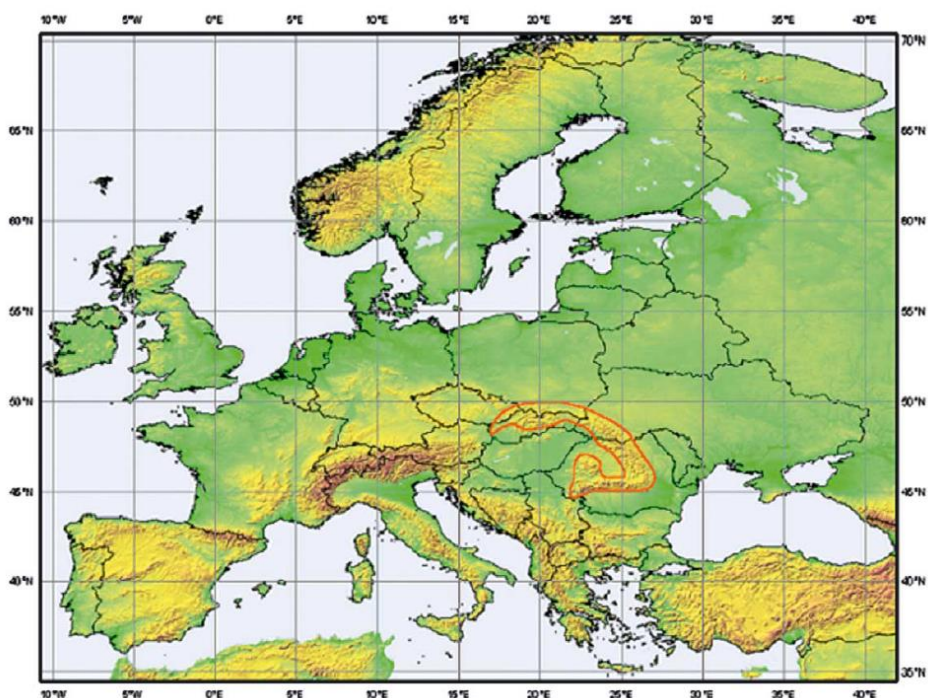
Az éghajlatváltozás okozta változások a csapadékban, a folyók áramlási rendszerében és a földcsuszamlásokban hatással vannak a hegyvidéki régiók energiatermelésére és -felhasználására, különösen a vízenergiára. A klímaváltozás befolyásolja a téli turizmust, illetve sporttevékenységeket is. Például a sísélés esetében a havazás csökkenése jelent kihívást, különösen az alacsonyabban fekvő területeken. Az egyes veszélyek, pl. a földcsuszamlás, az árvíz negatívan befolyásolják a hegymászó és túraútvonalakat is (*Adler et al.*, 2022).

Tanulmányok szerint a hegyvidéki felmelegedés magasságfüggő, de ez nem minden esetben jelenti azt, hogy a hegyvidéki területek melegedése gyorsabb a síkvidékekhez képest, inkább utal arra, hogy rendszerszintű különbség következik be a melegedés mértékében a magasság emelkedésével (*Pepin et al.*, 2022).

Az éghajlatváltozás valószínűleg jelentős hatással lesz a hegyvidéki területek vegetációjára is. A növények többféle módon reagálhatnak a változásokra; növekedhet a populációjuk mérete, vagy maga a növény, esetleg csökkenhet a növekedése vagy akár lokális kihalás is bekövetkezhet (*Sykes*, 2009). Az éghajlatváltozással szembesülő növények vagy megtanulnak alkalmazkodni a megváltozott éghajlati feltételekhez és az adott helyükön maradnak, vagy számukra kedvezőbb élőhelyeken jelennek meg, vagy kipusztulnak. Mindenesetre, azáltal, hogy egyre magasabbra tolódnak az egyes populációk, az élőhelyük egyre szűkül (*Walther et al.*, 2005).

3. Kárpátok

A Kárpátok Európa leghosszabb hegyvonulata, mely Közép-Európában húzódik (*1. ábra*), az Alpoktól a Balkán-hegységig, mintegy 1500 km-en keresztül (*Futó, 1979*). Nyolc ország területét érinti, ezek a következők: Ausztria, Szlovákia, Csehország, Magyarország, Lengyelország, Ukrajna, Románia és Szerbia. A hegységrendszer területe kb. 190 000 km², legmagasabb pontja a Gerlachfalvi-csúcs (2655 m). Szembetűnő különlegessége, hogy alpesi területek is jellemzik, ilyen pl. a Tátra vagy a Fogarasi-havasok (*Gurung et al., 2009*). A Kárpátok hegyvonulatai elhatárolják egymástól Közép-Európa eltérő éghajlatú területeit, ezáltal három különböző éghajlati típust (kontinentális éghajlat hosszabb meleg évszakkal, kontinentális éghajlat rövidebb meleg évszakkal, mediterrán) választva el (*Spinoni et al., 2014*).



1. ábra: A Kárpátok elhelyezkedése Európában Grodzińska et al. (2003) alapján

Az Eurázsiai-hegységrendszer tagja, az újidő harmadidőszakában gyűrődött fel. A hegység nagyrészt közrezárja a Kárpát-medencét (*Futó, 1979*). A magyar szakirodalom alapján négy fő részre tagolhatjuk a hegyláncot az eltérő szerkezeti, éghajlati és vízrajzi tulajdonságai alapján: Északnyugati-, Északkeleti-, Keleti- és Déli-Kárpátok. Az Északnyugati-Kárpátok a hegység legszélesebb része, melynek külső kristályos vonulatát jég által formált képződmények gazdagítják és a gleccservájta völgyeket tengerszemek díszítik. Az Északkeleti-Kárpátok a legkeskenyebb része a hegységnek, központja igen csapadékos. Itt található például a

Máramarosi-havasok, ami a hegység legcsapadékosabb része. A Keleti-Kárpátok szabályosnak tekinthető vonulata ismét szélesebb, de az Északnyugati-Kárpátok szélességét nem éri el. A Déli-Kárpátok a legkevésbé tagolt része a hegységrendszernek; itt a legnagyobb az átlagmagasság, a hegycsúcsok legtöbbje 2000 m fölé magasodik (*Balogh et al.*, 1975).

Fontos még megemlíteni, hogy a régió kiemelkedő a biológiai sokféleség szempontjából is, ami főként a nagy geodiverzitásnak köszönhető, illetve, hogy a történelem során változott az éghajlat. Európa legnagyobb farkas- és barnamedve populációi fedezhetők fel ezeken a területeken, illetve itt találhatók Nyugat- és Közép-Európa legnagyobb, érintetlen erdősegei is, számos endemikus fajnak (pl. zerge, vaddisznó, gímszarvas, eurázsiai hiúz) élőhelyként szolgálva (*Gurung et al.*, 2009).

A Kárpátok régiójában nyáron jellemző a csapadékmaximum (június, július) és télen a csapadékminimum (december, január) (*Torma*, 2019). A hegység éghajlatának további jellemzésére az „Eredmények” fejezetben fogok kitérni, saját vizsgálatok alapján.

4. Adatok és módszertan

A dolgozat elkészítéséhez három adatbázis adatait használtam fel, ezek az E-OBS, a CARPATCLIM és a FORESEE. A vizsgálatnak két fő célja volt: (1) az elmúlt évtizedekben detektált változások elemzése, (2) a különböző adatbázisok összehasonlítása a célterületre.

4.1. Felhasznált adatbázisok

Azért ezt a három adatbázist választottam, mert különböző lefedettséggel, különböző időszakokra állnak rendelkezésre, így részletesebben vizsgálható a terület.

Az E-OBS és a FORESEE előnye, hogy hosszú időszakra rendelkezésre állnak, és egyszerűen hozzáférhetünk a naprakész adatokhoz. Mivel mindkét adatbázis elérhető az 1951–2020-as időszakra, de a CARPATCLIM csak az 1961–2010-es intervallumra, így közös metszetként ez utóbbit jelöltem ki a három adatbázis összehasonlítására. A CARPATCLIM előnye, hogy több állomási adatot használ, s a térbeli lefedettsége is homogénebb.

4.1.1. E-OBS adatbázis

Az E-OBS adatbázist az éghajlat megfigyelésére és a modellek validálására használják Európára vonatkozóan, mely konzisztens módon lefedi a kontinentális régiókat, nagy térbeli felbontással. Napi léptékű, egyszerűen hozzáférhető adatsorok állnak rendelkezésre (*Cornes et al.*, 2018).

Az adatkészlet 1950-től áll rendelkezésre és kezdetben csak a napi közép-, minimum- és maximum-hőmérsékleti értékekből, valamint napi csapadékösszegekből állt. Később bővült a következő változókkal: relatív nedvesség, tengerszint feletti nyomás, felszínre érkező rövidhullámú sugárzás és szélsébség. Az adatbázis folyamatosan frissül és egyre több mérőállomással egészül ki. *Haylock et al.* 2008-as tanulmánya óta a hőmérséklet esetében kb. 1200-ról 3700 állomásra, a csapadék esetében pedig nagyjából 2500-ról 9000 állomásra bővült a megfigyeléseket szolgáltató lista. Az állomások egyenetlenül helyezkednek el Európa szerte, régióként is változó sűrűséggel (*Cornes et al.*, 2018), ezért az éghajlati elemzés során interpolációra van szükség. Ez azért fontos, mert így átfogóbb képet kaphatunk a helyi éghajlatról az adatszegény térségekben is (*Haylock et al.*, 2008).

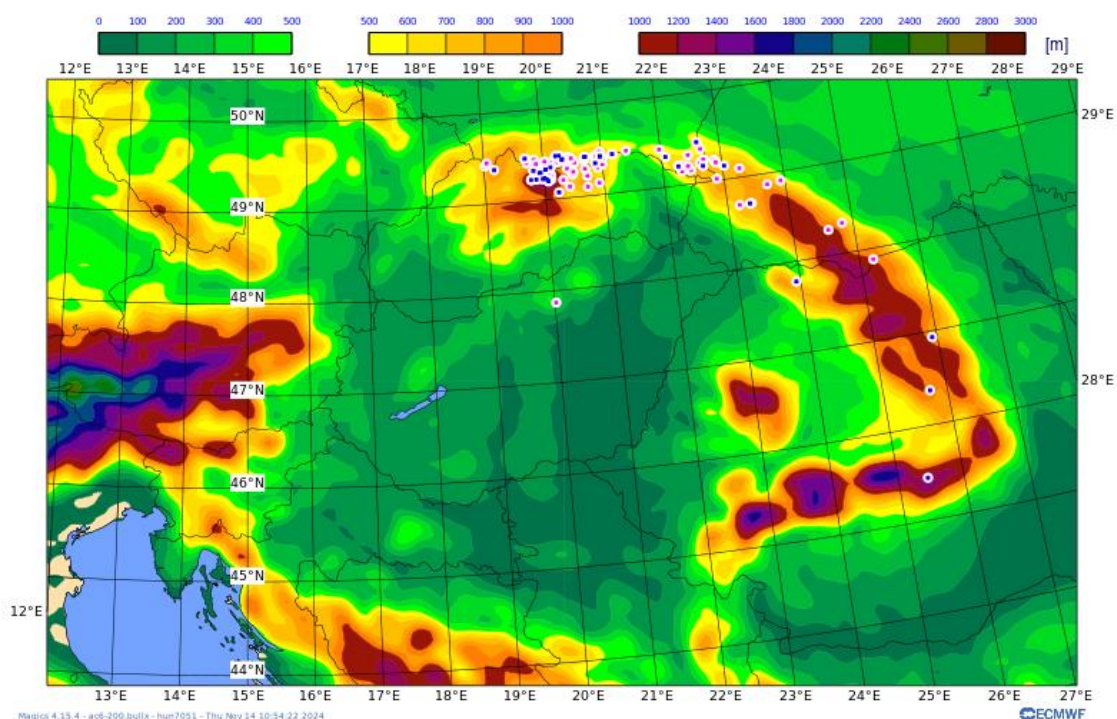
Az 1. táblázat összefoglalja, hogy a Kárpátokat érintő országokból mennyi állomást használnak fel az E-OBS adatbázis létrehozásához az átlaghőmérséklet és a csapadék esetén [1].

1. táblázat: Átlaghőmérséklet és csapadék mérést végző állomások száma, amelyek felhasználásra kerültek az E-OBS adatbázis összeállításához

Ország	Hőmérsékletet mérő állomások száma	Csapadékot mérő állomások száma
Ausztria	768	757
Szlovákia	9	16
Csehország	99	113
Magyarország	5	16
Lengyelország	348	1246
Ukrajna	22	175
Románia	26	29
Szerbia	31	29

Kutatásom során a 27.0e verzió, 0,1°-os finom felbontású adatait (csapadék, minimum-, maximum-, és középhőmérséklet) dolgoztam fel.

A 2. ábrán bemutatom, hogy az általam vizsgált területen hol találhatók az E-OBS adatbázis létrehozásához felhasznált mérőállomások. A térkép alapján jól látható, hogy a Kárpátok északnyugati, északi részein jó a lefedettség, azonban például a Déli-Kárpátokban nagyon kevés a mérőállomás.

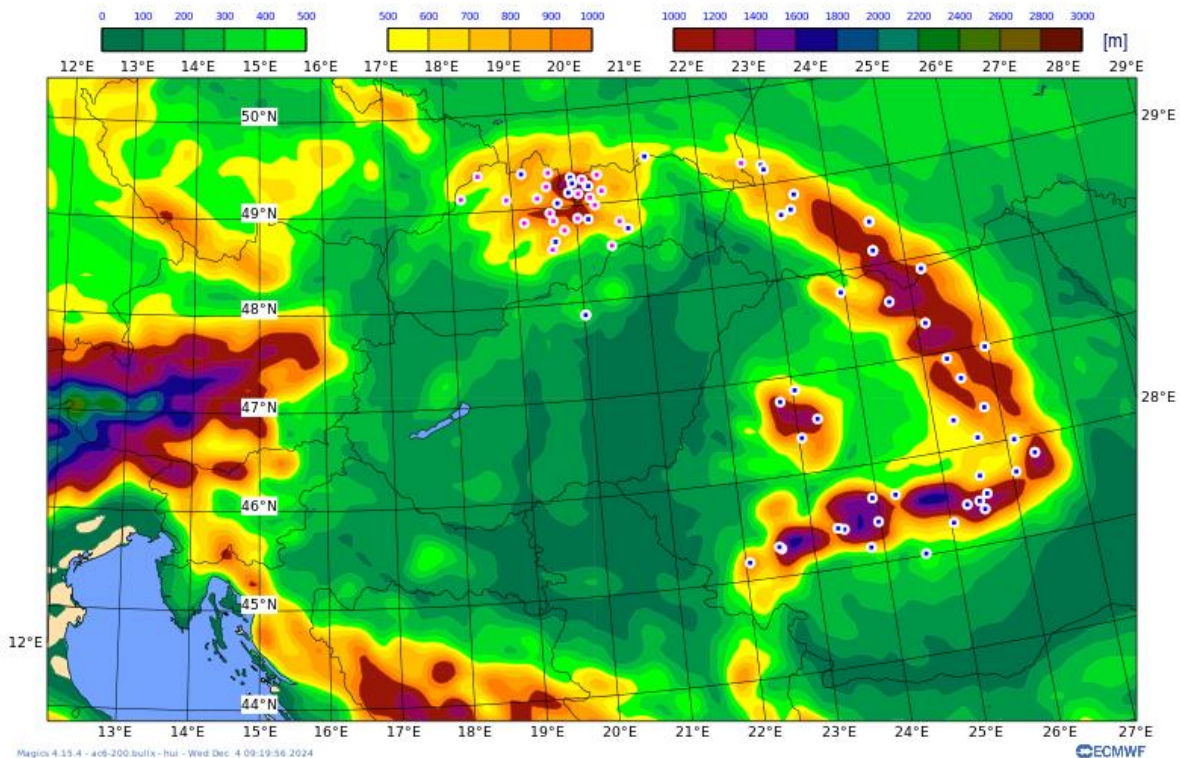


2. ábra: 500 méter feletti mérőállomások (kék szimbólum jelöli a hőmérsékletet mérő állomásokat, míg a lila a csapadékmérő állomásokat), amelyeket felhasználtak az E-OBS adatbázis összeállításához

4.1.2. CARPATCLIM adatbázis

A CARPATCLIM adatbázist homogenizációs és interpolációs módszerek alkalmazásával állították elő egy nagy felbontású rácson (Lakatos *et al.*, 2013). Lefedi a Kárpátokat és a Kárpát-medence nagy részét is, pontosabban az é.sz. 44–50° és k.h. 17–27° által határolt területet (Spinoni *et al.*, 2014). Többek közt hőmérsékleti és csapadék adatokat szolgáltat 0,1° × 0,1° felbontással (megközelítőleg 10 × 10 km) az 1961–2010 közötti időszakra. Az adatkészlet 16 változó napi idősorait, valamint 37 mutató havi idősorait tartalmazza [2].

A 3. ábra bemutatja, hogy a CARPATCLIM-hez felhasznált mérőállomások hol helyezkednek el az általam vizsgált területen. Jól látszik, hogy az állomások elhelyezkedése egyenletesebb, és a Déli-Kárpátokban jobb a lefedettség, mint az E-OBS esetén (2. ábra).



3. ábra: 500 méter feletti mérőállomások (kék szimbólum jelöli a hőmérsékletet mérő állomásokat, míg a lila a csapadékmérő állomásokat), amelyeket felhasználtak a CARPATCLIM adatbázis összeállításához

4.1.3. FORESEE adatbázis

A FORESEE adatbázis egy szabadon felhasználható, finom felbontású meteorológiai adatbázis, amely Közép-Európa térségét fedi le (Dobor *et al.*, 2014; Kern *et al.*, 2024). A

megfigyelt és projektált napi adatok az 1951–2100 közötti időszakra érhetők el. 2023-ig megfigyelések alapján tartalmaz adatokat, a jövőre vonatkozóan pedig hibakorrigált regionális klímamodell-szimulációk alapján, melyek két scenáriót használnak (RCP4.5 és RCP8.5). Az adatbázis interpolált hőmérséklet és csapadék adatokat tartalmaz $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ térbeli felbontásban (minimum-, és maximum hőmérséklet [$^\circ\text{C}$], csapadék [mm]), illetve további származtatott éghajlati változók (nappali átlaghőmérséklet [$^\circ\text{C}$], telítési hiány [Pa], átlagos rövidhullámú sugárzási fluxus [W/m^2]) is elérhetők. Jelenlegi kutatásban a FORESEE adatbázis v.4.2-es verzióját használtam fel.

4.2. Módszertan

A Kárpátok határait a különböző források valamelyest eltérően definiálják (pl. *Cheval et al.*, 2014, *Spinoni et al.*, 2014). A jelen kutatás során vizsgált területet a következők szerint határoztam meg a szakirodalom figyelembevételével: lehatároltam a hegységet lefedő téglalapot (é.sz. $43,1^\circ$; é.sz. $51,0^\circ$; k.h. $15,9^\circ$; k.h. $28,3^\circ$), majd figyelembe vettem a domborzatot és az 500 m feletti pontokat válogattam le. Ily módon egy maszkot készítettem a Kárpátok területére, amelynek segítségével az általam letöltött meteorológiai adatfájlokból lehatároltam a célterületet.

Az elmúlt évtizedekben történt változások vizsgálatához az 1951–1980-as és az 1991–2020-as, míg a három adatbázis összehasonlításához az 1961–2010-es időszakot választottam. Kivágtam a vizsgált időszakokat, majd havi bontásban kiszámítottam az átlagos hőmérsékleteket és csapadékösszegeket. Miután feldolgoztam az adatsorokat, grafikonokat és térképeket készítettem a hőmérsékletekre, valamint a csapadéokra vonatkozóan; az átlagos értékeket, valamint a két tanulmányozott időszak különbségeit vizsgáltam havi bontásban.

Különböző éghajlati indexeket is elemeztem; nevezetesen a téli napok, a fagyos napok, a zord napok és a nyári napok számát. A 2. táblázatban foglaltam össze az egyes éghajlati indexek definícióját.

2. táblázat: A vizsgált éghajlati indexek listája

Index	Név	Definíció	Mértékegység
FD	Fagyos napok száma	$T_{\min} < 0\text{ }^\circ\text{C}$	nap
TN-10LT	Zord napok száma	$T_{\min} < -10\text{ }^\circ\text{C}$	nap
TX0LT	Téli napok száma	$T_{\max} < 0\text{ }^\circ\text{C}$	nap
SU	Nyári napok száma	$T_{\max} > 25\text{ }^\circ\text{C}$	nap

Az adatok leválogatásához és a számításokhoz perl scriptbe ágyazott CDO (Climate Data Operators) parancsokat alkalmaztam. Majd az elemzésekhez a következő szoftvereket és programnyelveket használtam: Excel, Fortran, Magics és R.

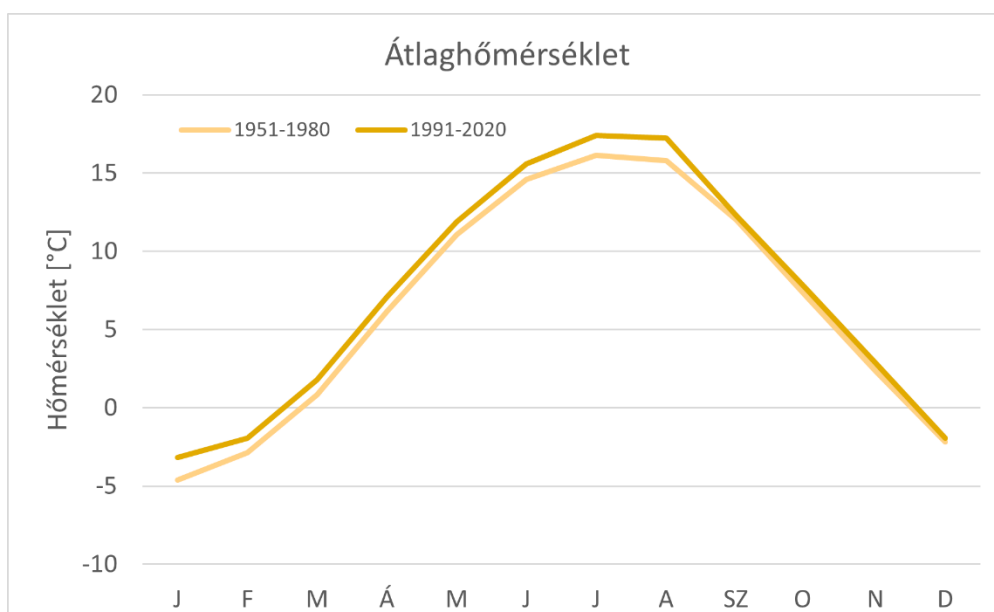
5. Eredmények

A következő alfejezetekben a különböző adatbázisok adataiból számított eredményeimet mutatom be, havi bontásban.

5.1. Az elmúlt évtizedekben detektált változások az E-OBS adatbázis alapján

5.1.1. Hőmérséklet

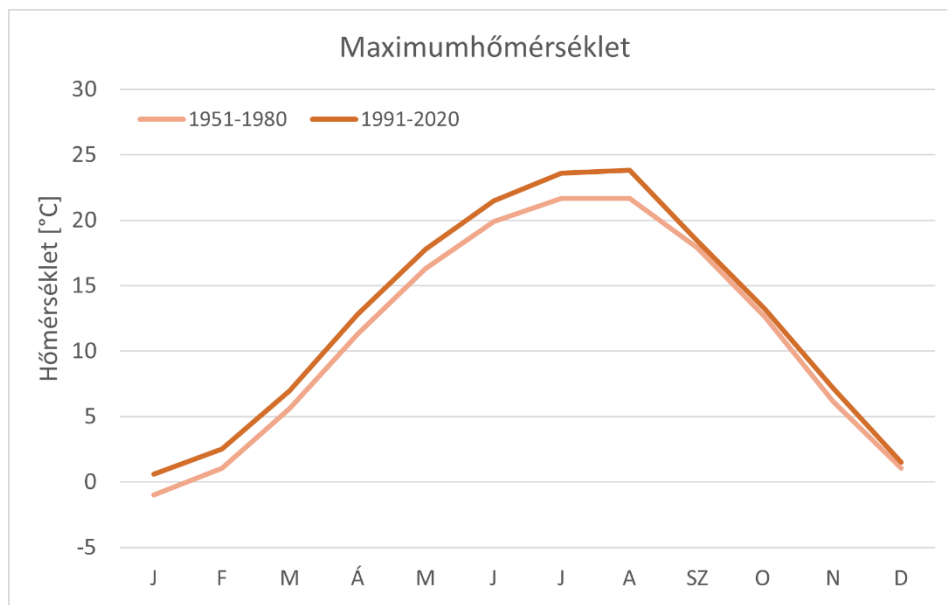
A 4. ábra mutatja be az átlaghőmérséklet alakulását az egyes hónapokban. Az 1951–1980-as időszakban a leghidegebb hónapban, januárban $-4,6^{\circ}\text{C}$, a legmelegebb hónapban, júliusban pedig $16,1^{\circ}\text{C}$ volt az átlagos érték. Ehhez képest az 1991–2020-as időszakban $1,4^{\circ}\text{C}$ -kal volt melegebb a január és $1,3^{\circ}\text{C}$ -kal a július. Az átlaghőmérséklet éven belüli eloszlása azonban nem változott a két időszakot tekintve: továbbra is a január a leghidegebb és a július a legmelegebb hónap a területen. Január mellett a nyári hónapokban volt még a legnagyobb a melegedés mértéke, ez átlagosan $1,0$ – $1,4^{\circ}\text{C}$ -nak adódott. Szeptember és december között pedig szinte nem is volt változás, $0,5^{\circ}\text{C}$ alatt mozognak a különbség-értékek.



4. ábra: Az átlaghőmérsékletek alakulása havi bontásban a Kárpátokban, a vizsgált 30 éves időintervallumokban

A maximumhőmérsékletben (5. ábra) szintén eltérést tapasztalhatunk a vizsgált időszakok között. A legmelegebb hónap (augusztus) az 1991–2020-as időszakban kb. 2°C -kal volt melegebb az 1951–1980-as periódushoz képest. Érdekes továbbá, hogy az év első nyolc hónapjában legalább $1,4^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett az átlagos maximumhőmérséklet, míg (az

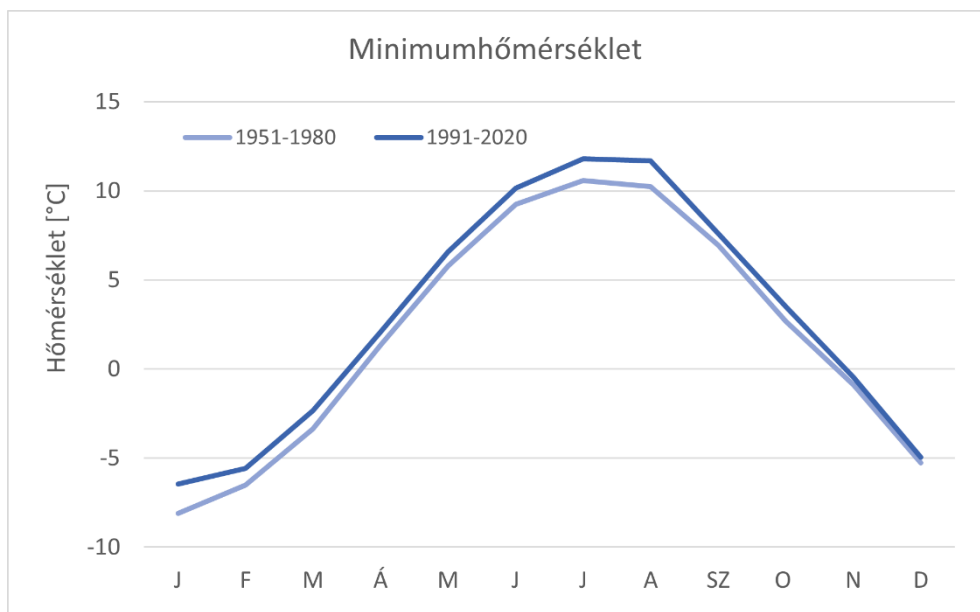
átlaghőmérséklethez hasonlóan) a szeptembertől decemberig tartó időszakban sokkal kisebb (legfeljebb 1,0 °C) a különbség a két 30 éves időszak között.



5. ábra: Az átlagos maximumhőmérsékletek alakulása havi bontásban a Kárpátokban, a vizsgált 30 éves időintervallumokban

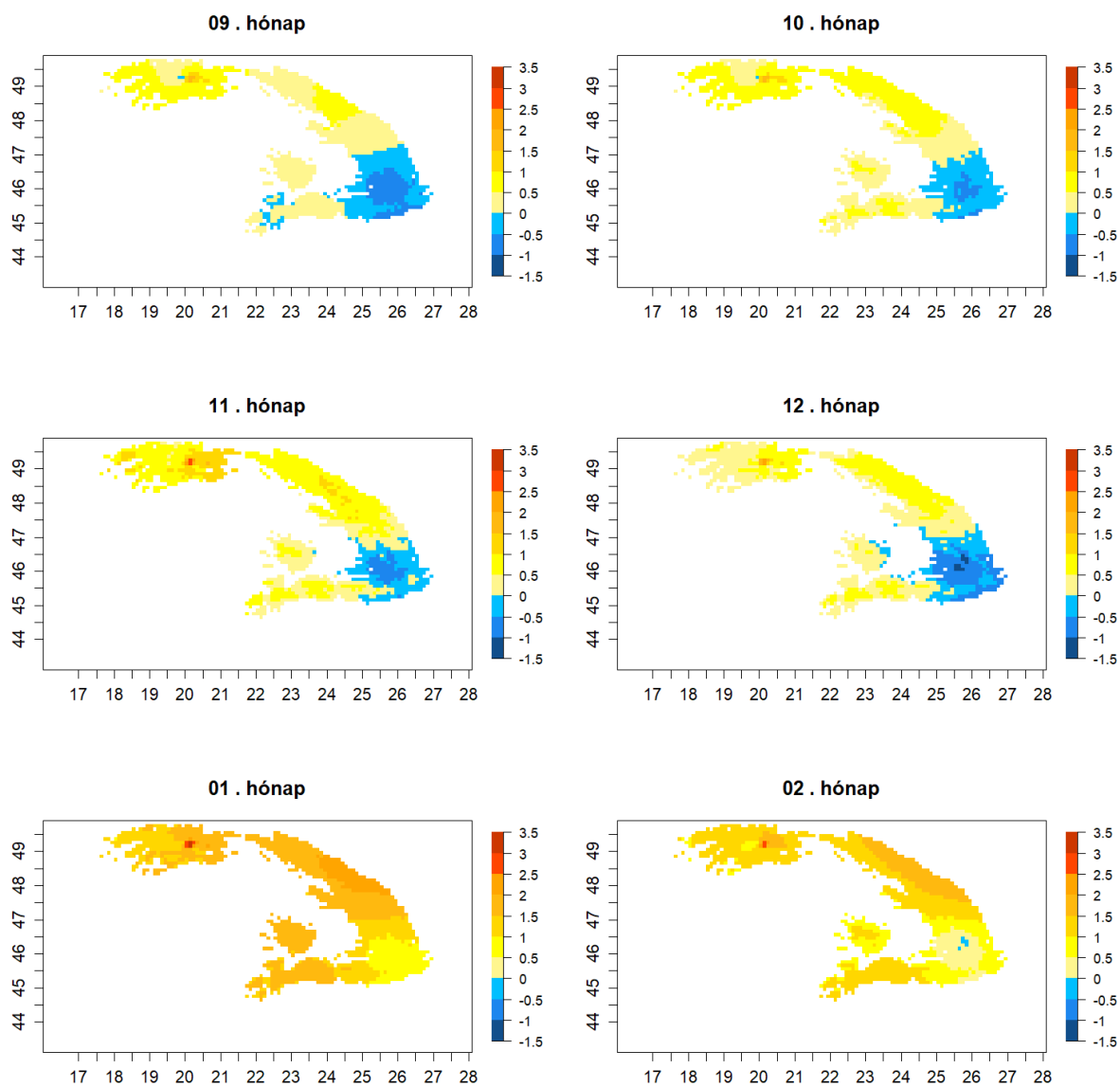
A minimumhőmérsékleti adatok (6. ábra) azt mutatják, hogy a leghidegebb hónap hőmérséklete az 1951–1980-as időintervallumban -8,1 °C volt, míg az 1991–2020-as időszakban -6,4 °C. Emellett, akárcsak az előző két változó esetén is, a nyári hónapoknál látunk még szembetűnő eltérést a két periódus között. Júliusban és augusztusban a melegedés mértéke 1,2 °C és 1,4 °C között volt.

A melegedő tendencia nemcsak a hőmérsékletek emelkedésével jár, hanem a téli csapadék halmazállapotára is hatással lehet. A téli hótakaró vastagsága a 21. század első évtizedében már nem a napi hómennyiségek felhalmozódásának köszönhető, hanem sokkal inkább a nagy havazást okozó szélsőséges eseményeknek (Fasko et al., 2009).

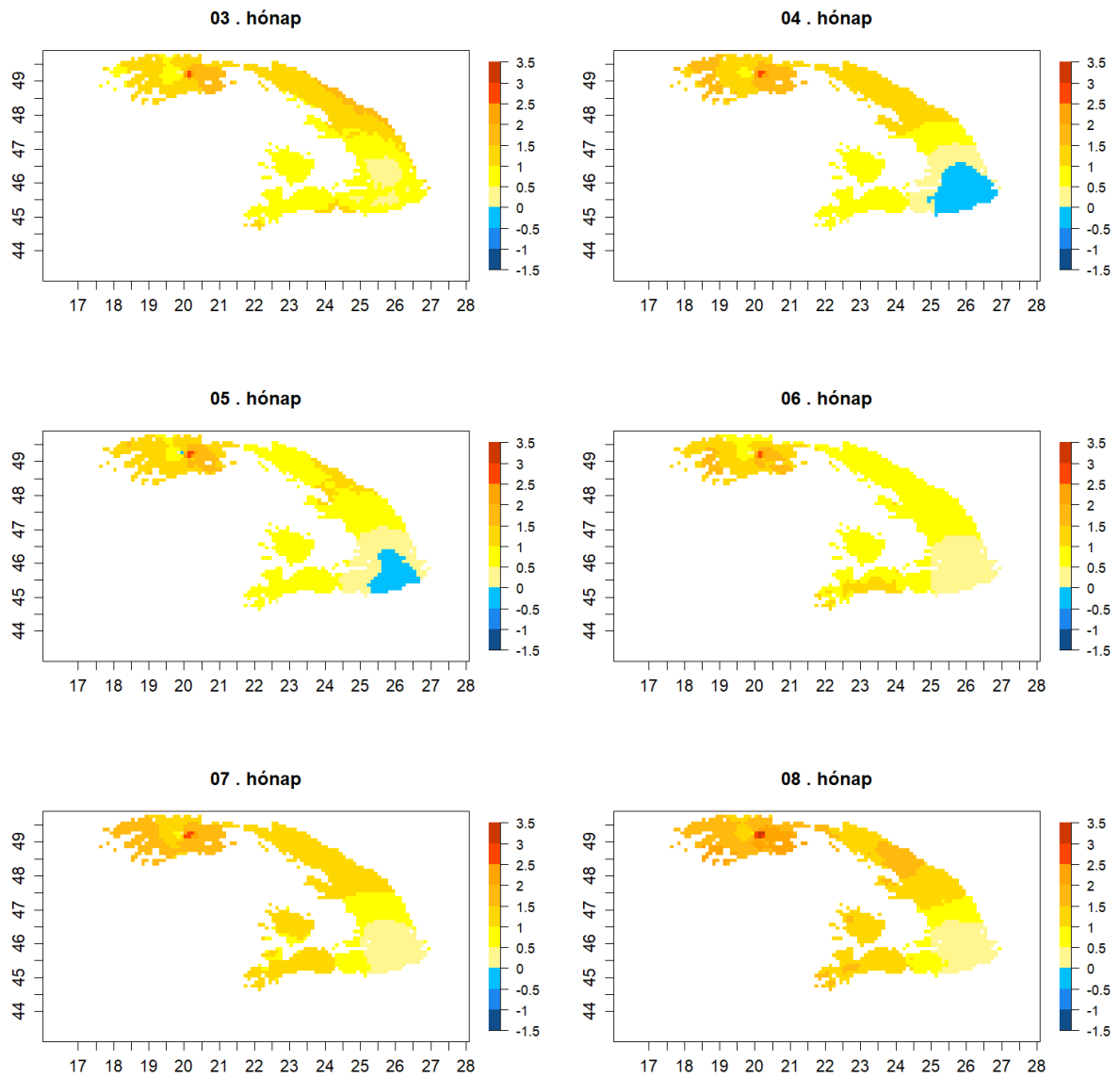


6. ábra: Az átlagos minimum hőmérsékletek alakulása havi bontásban a Kárpátokban, a vizsgált 30 éves időintervallumokban

Ábrázoltam az 1951–1980 és 1991–2020-as időszakokra vonatkozó átlaghőmérsékletek különbségének területi eloszlását, ez látható a 7-8. ábrákon. Átlagosan $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ közé esnek a különbség-értékek. Megfigyelhető, hogy minden hónap esetében a Kárpátok délkeleti területein alacsonyabbak a változások, sőt, egyes hónapokban a hőmérséklet csökkenése is előfordul ebben a régióban, de itt ismét megjegyezném, hogy a Déli-Kárpátokban nagyon kevés az E-OBS adatbázishoz felhasznált mérőállomások száma (2. ábra), ebből fakadóan itt nagyobb az interpolációból eredő bizonytalanság. Ezzel szemben a hegység északnyugati-északi részein $+2\text{-}3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal is növekedtek a hőmérsékleti értékek.



7. ábra: Az 1991–2020-as és az 1951–1980-as időszakok átlaghőmérsékleteinek [°C] különbsége az őszi és téli hónapokban



8. ábra: Az 1991–2020-as és az 1951–1980-as időszakok átlaghőmérsékleteinek [°C] különbsége a tavaszi és nyári hónapokban

A 3. táblázat bemutatja az egyes hónapokra vonatkozó szórást, amely 1,1 °C és 2,7 °C között mozog. A két időszakot összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy novemberben és decemberben megnövekedett a szórás, a nyári hónapokban pedig csökkenés következett be.

3. táblázat: Az átlaghőmérséklet szórásai [°C] a vizsgált intervallumokra, az E-OBS adatbázis alapján

	1951–1980	1991–2020
január	2,36	1,94
február	3,11	2,70
március	2,14	1,98
április	1,63	1,71
május	1,48	1,51
június	1,48	1,10
július	1,45	1,10
augusztus	1,66	1,25
szeptember	1,53	1,64
október	1,49	1,49
november	1,89	2,16
december	1,79	2,16

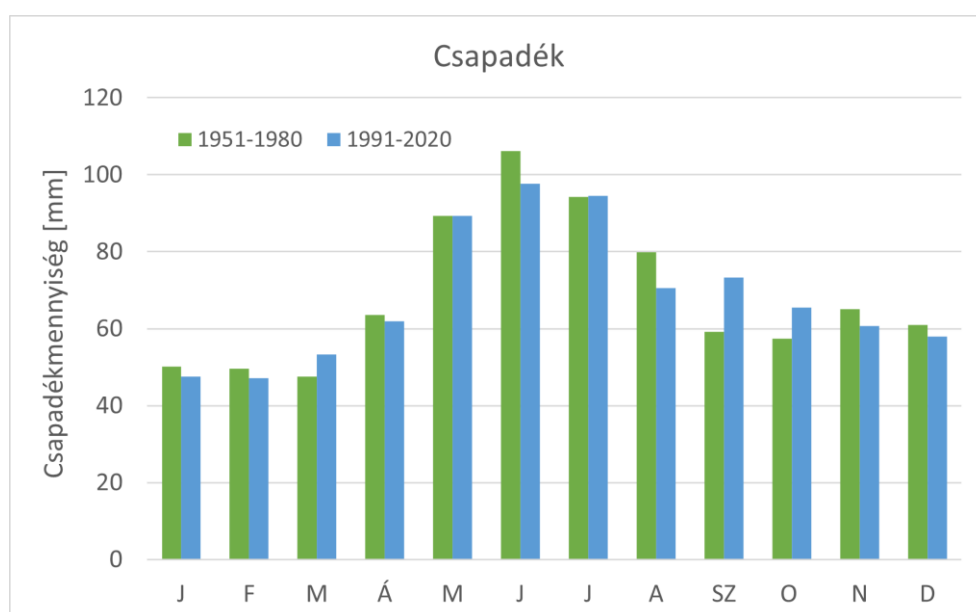
5.1.2. Csapadék

A 9. ábrán látható a Kárpátokban hullott csapadék mennyisége havi bontásban a vizsgált időszakokban. Az eredményekből – a vártak alapján – látható, hogy a nyári hónapok voltak a csapadékosabbak. Mindkét vizsgált periódusban júniusban hullott a legtöbb csapadék, az 1951–1980-as időszakban átlagosan 106 mm, 1991–2020 között valamelyest kevesebb, 98 mm.

A 4. táblázat bemutatja évszakokra bontva a csapadékmennyiség alakulását, összehasonlítva a két vizsgált 30 éves időintervallumot. A leginkább szembetűnő a nyári csapadékmennyiség csökkenése, amely az 1951–1980-as időszakban átlagosan 280 mm volt, míg az 1991-2020-as periódusban 263 mm. Az őszi hónapokban nőtt a csapadék mennyisége a vizsgált időszakok során.

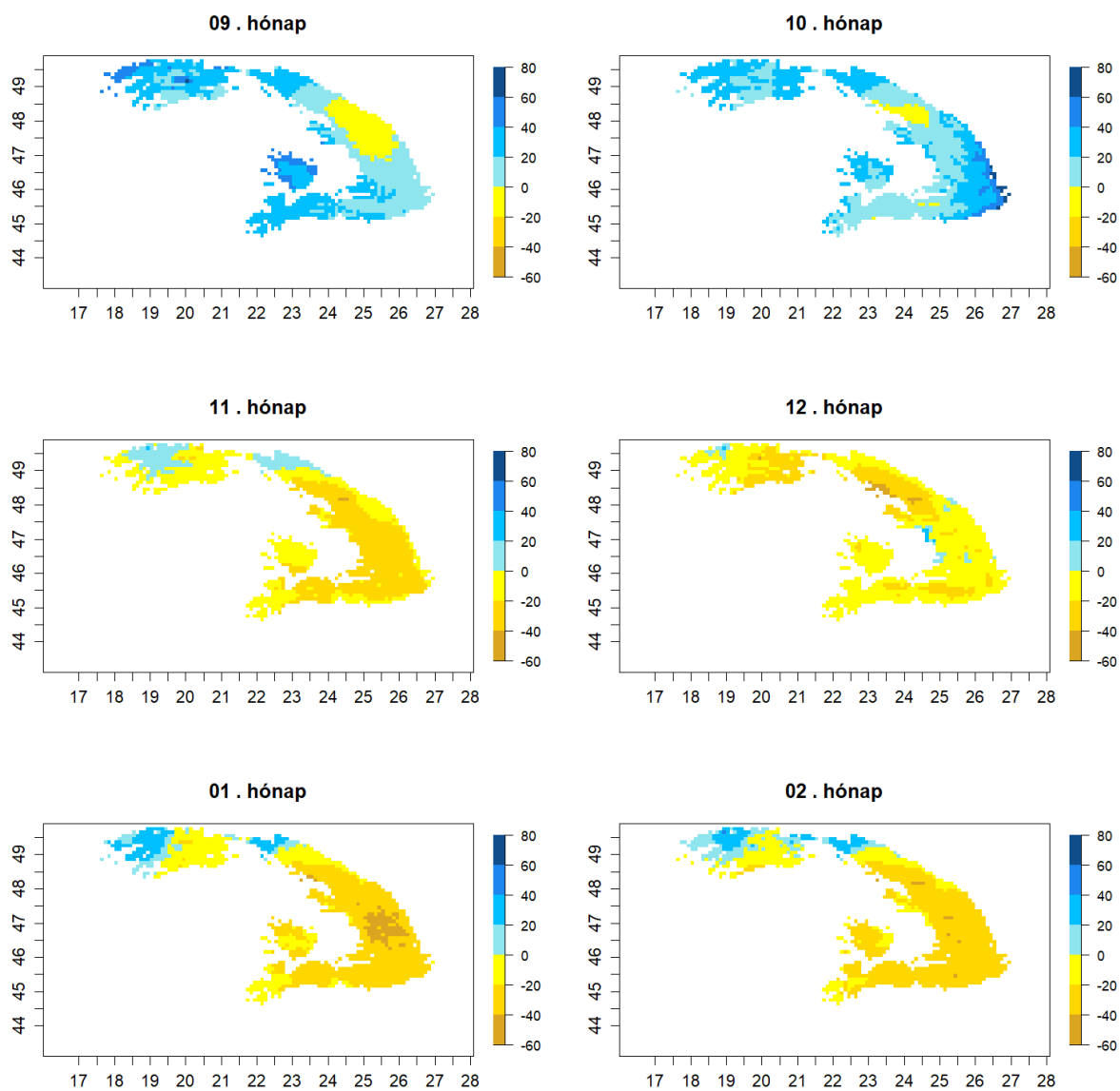
4. táblázat: A csapadékmennyiség alakulása évszakos bontásban, a Kárpátokban a vizsgált 30 éves időintervallumokban

Évszak	1951–1980	1991–2020
Tavas	200 mm	205 mm
Nyár	280 mm	263 mm
Ősz	182 mm	199 mm
Tél	161 mm	152 mm

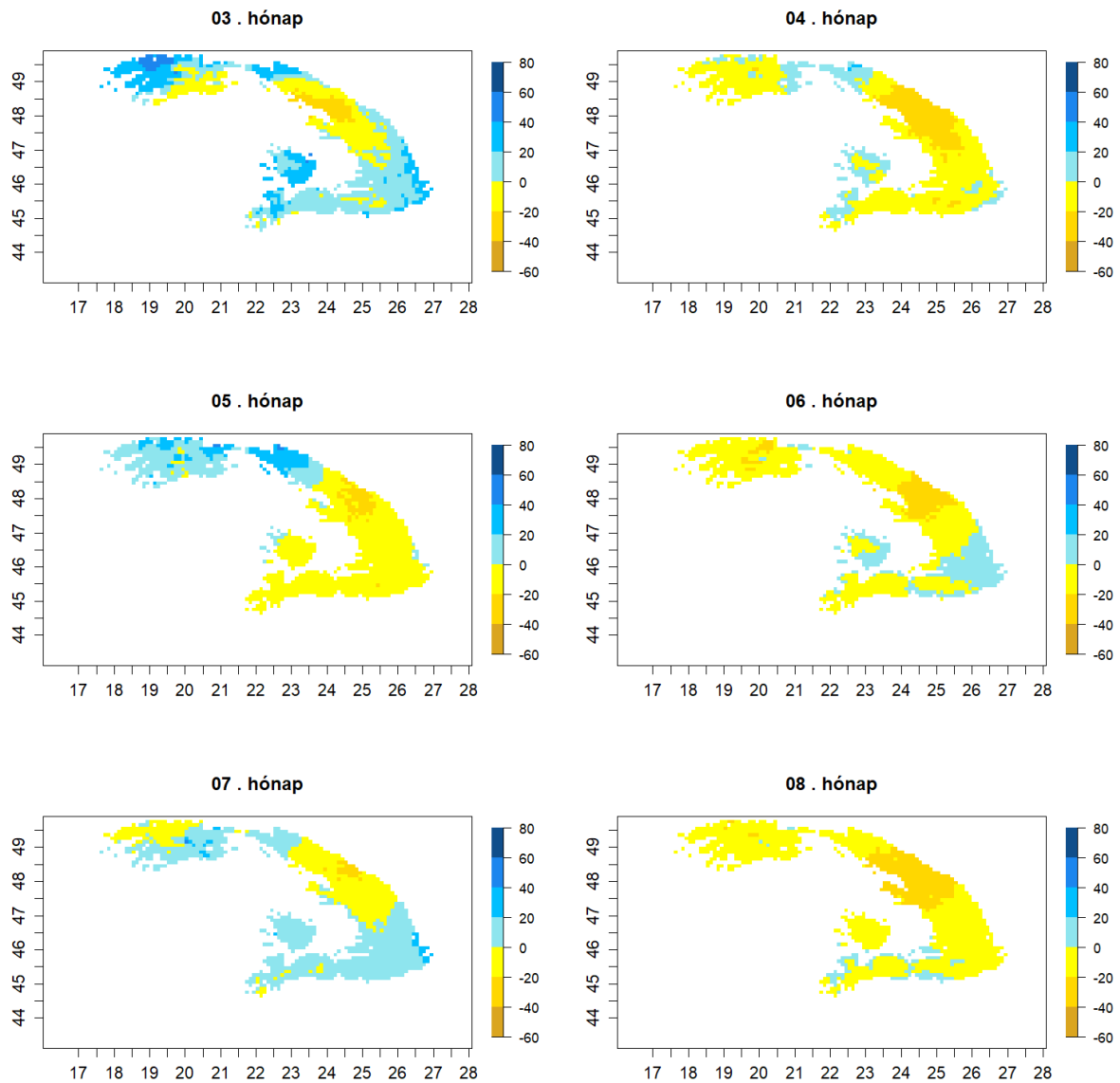


9. ábra: A csapadék alakulása havi bontásban a Kárpátokban, a vizsgált 30 éves időintervallumokban

A 10-11. ábrán látható a csapadékösszeg relatív változása. Ezek jól korrelálnak a 9. ábrán feltüntetett értékekkel, ugyanis megfigyelhető, hogy a terület nagy részén szeptemberben és októberben hullott több csapadék a második vizsgált időszakban; egyes régiókban a 40%-ot is meghaladta a változás. Júniusban, valamint augusztusban pedig alacsonyabb értékeket tapasztalhatunk, szintén ebben az intervallumban; az északkeleti területeken 20-40% közötti a csökkenés mértéke. A legnagyobb mértékű csapadékcsökkenést azonban nem nyáron, hanem januárban tapasztaltuk, amikor a Keleti-Kárpátok középső területén 40-60% volt a változás.



10. ábra: A csapadékösszegek relatív változása [%] az őszi és téli hónapokban, a vizsgált 30 éves periódusokban



11. ábra: A csapadékösszegek relatív változása [%] a tavaszi és nyári hónapokban, a vizsgált 30 éves periódusokban

5.1.3. Éghajlati indexek

Az E-OBS adatbázis felhasználásával különböző éghajlati indexeket is elemeztem; nevezetesen: FD, TN-10LT, TX0LT, SU (ezek magyarázatát a 2. táblázat foglalja össze).

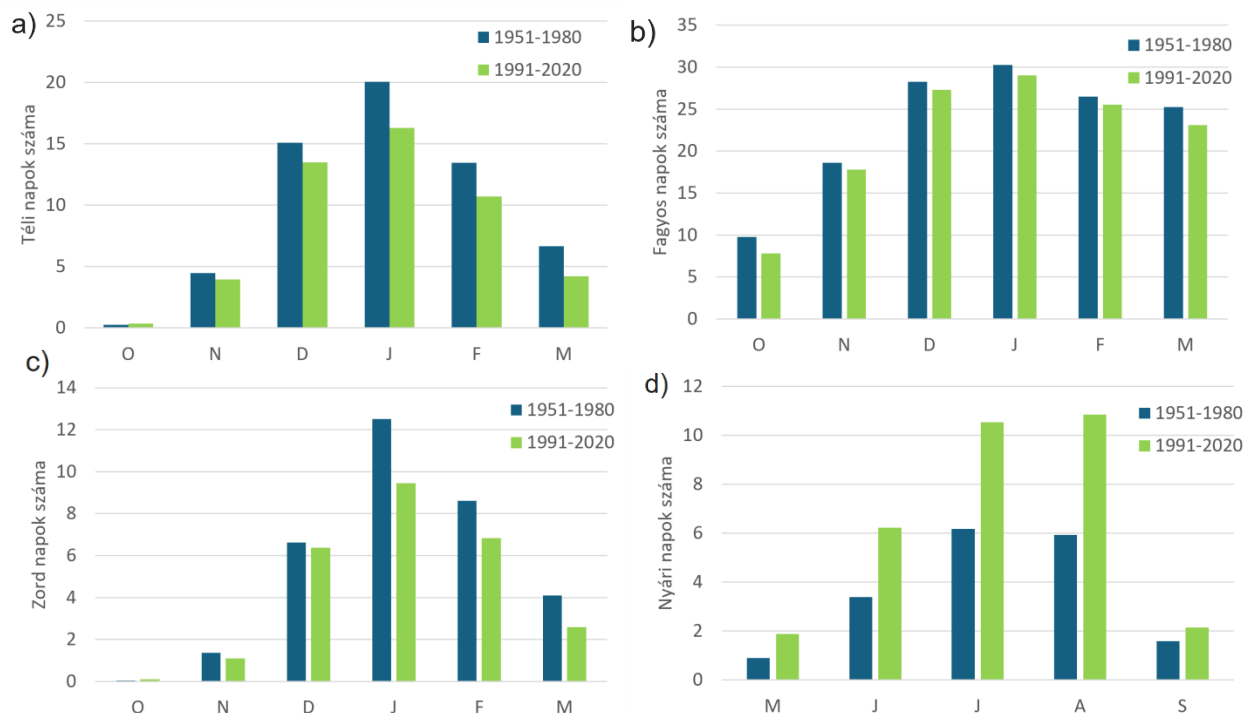
A téli, fagyos és zord napok száma szempontjából október, november, december, január, február és március hónapok voltak relevánsak. Mindegyik hónap esetében az 1991–2020-as időszakra csökkent a téli napok száma az 1951–1980-as időszakhoz képest. A legnagyobb eltérés januárban látható, átlagosan 4 nappal csökkent e napok száma (12.a ábra).

A vizsgált hónapok közül decemberben és januárban volt a legtöbb a fagyos napok száma (12.b ábra), azonban ezeknek a változásában kisebb eltérést láthatunk, mint a téli napok esetében.

Az 1951–1980-as időszakban nagyobb számban fordultak elő zord napok, pl. januárban átlagosan 12 ilyen nap volt. A legnagyobb csökkenést is itt figyelhetjük meg, nagyjából 3 nappal csökkent a zord napok száma az 1991–2020-as időszakra (12.c ábra).

Összességében a fagyos napok lényegesen gyakoribbak, mint a zord és a téli napok. Átlagosan 22 fagyos nap volt az 1991–2020-as időszak során, míg kb. 4 zord és 8 téli nap.

A nyári napokat május, június, július, augusztus és szeptember hónapokban vizsgáltam, hiszen ezekben a hónapokban jellemző leginkább, hogy a maximum hőmérséklet $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ fok felett alakul. Egyértelműen megállapítható, hogy a második vizsgált intervallumra gyakoribbá váltak a nyári napok, júliusban átlagosan 4, augusztusban 5, és bár csak 1 nappal, de szeptemberben is nőtt e napok száma (12.d ábra). Korábban megfigyelhettük a maximumhőmérséklet eredményeinek taglalásánál, hogy a szeptembertől decemberig tartó időszakban sokkal kisebb (legfeljebb $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) volt a 30 éves időszakok közötti változás, és ez a küszöbérték-meghaladás esetében is megmutatkozik.

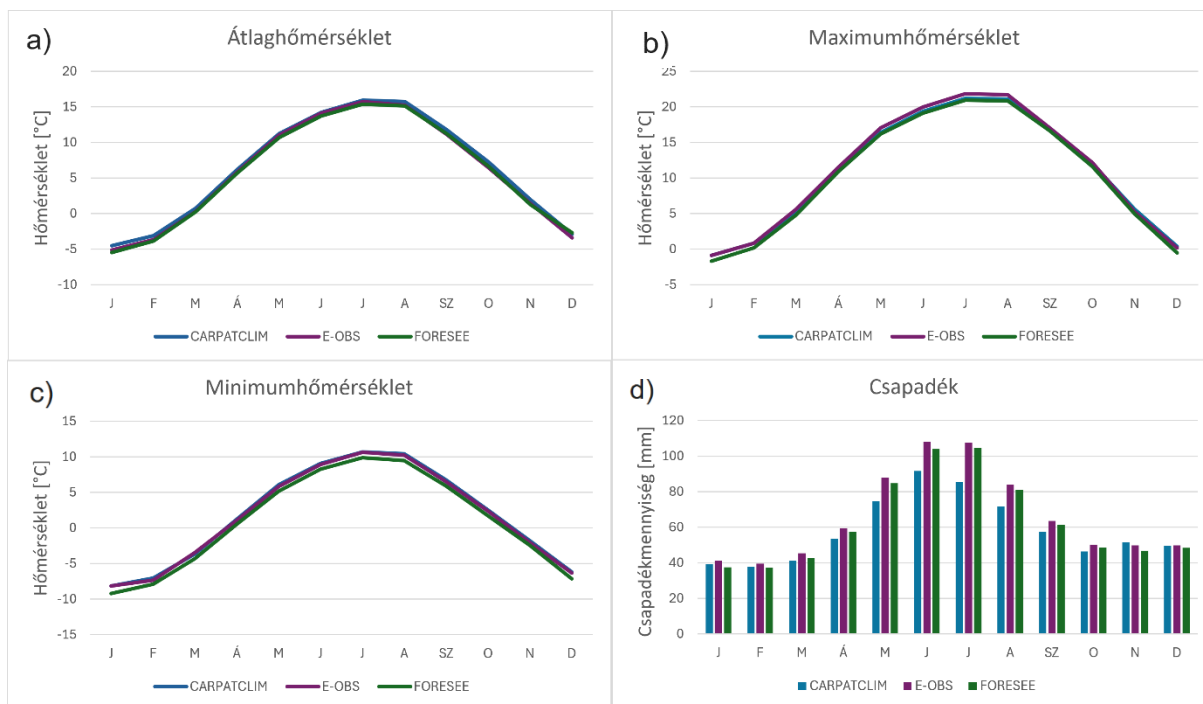


12. ábra: A téli napok száma (a), a fagyos napok száma (b), a zord napok száma (c) és a nyári napok száma (d) a Kárpátokban a vizsgált 30 éves időintervallumokban, havi bontásban

5.2. A különböző adatbázisok eredményeinek összehasonlítása

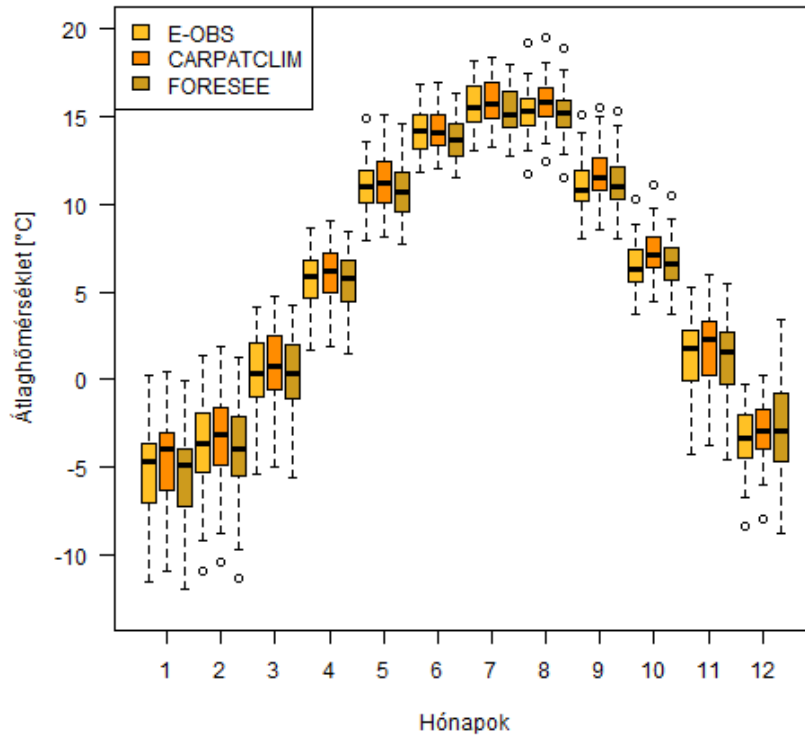
A CARPATCLIM adatbázis 1960–2010 között érhető el, így az E-OBS, valamint a FORESEE adatbázis adatait külön erre az időszakra is feldolgoztam, hogy összevethetőek legyenek az eredmények.

A 13. ábrán látható, hogy az egyes hőmérsékleti változók görbéi hogyan alakulnak a vizsgált időszakokban a különböző adatbázisok esetében. A három adatbázis közti legnagyobb különbség az átlaghőmérséklet (13.a ábra) esetében januárban tapasztalható, a CARPATCLIM alapján meghatározott érték kb. 0,9 °C-kal magasabb, mint a FORESEE adatbázishoz tartozó érték. A többi hónap esetében átlagosan 0,5 °C és 0,8 °C között mozognak az eltérések és a december kivételével mindegyik esetben a CARPATCLIM mutat magasabb hőmérsékleteket (decemberben a FORESEE). A maximumhőmérsékletnél (13.b ábra) tapasztalhatjuk, hogy májustól augusztusig vannak a legnagyobb különbségek és itt az E-OBS mutat magasabb értékeket. A minimumhőmérséklet (13.c ábra) esetében a CARPATCLIM és az E-OBS között nagyon kis eltérések mutatkoznak, pontosabban 0-0,3 °C közöttiek, ellenben a FORESEE-val összevetve az előbbi két adatbázist, már átlagosan 0,4-0,9 °C-os eltéréseket láthatunk, januárban ez az érték 1,1 °C. A csapadékmennyiség (13.d ábra) tekintetében nagyobb különbségeket láthatunk, főként az E-OBS és a FORESEE mutatnak magasabb havi összegeket, köztük átlagosan 2-4 mm-es különbség tapasztalható, azonban júliusban például 19-22 mm-rel többet mutatnak, mint a CARPATCLIM. Ugyanakkor a decemberi értékek szinte teljesen megegyeznek a három adatbázis alapján.

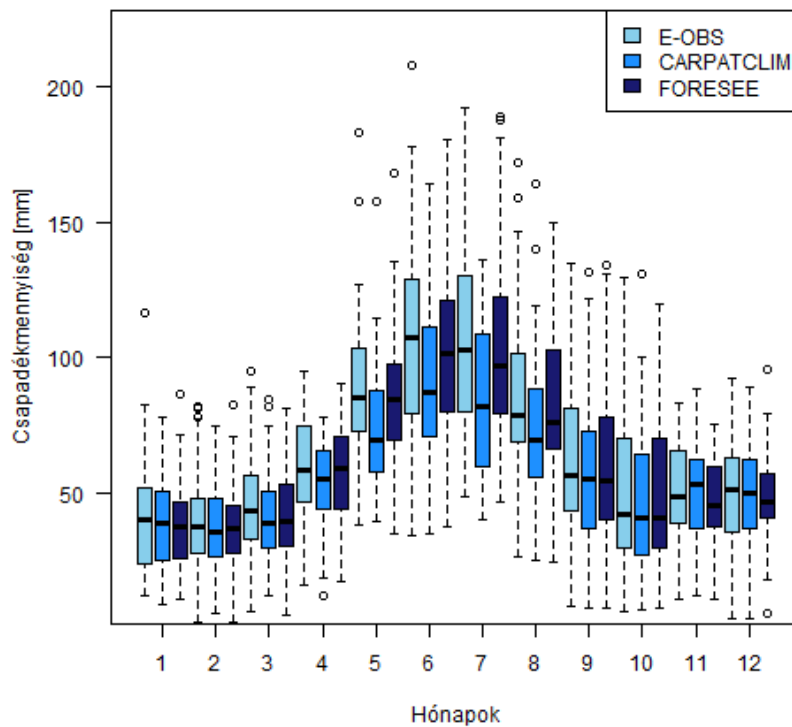


13. ábra: A havi átlag-, maximum-, és minimumhőmérsékletek (a, b, c), valamint a csapadékösszegek (d) a CARPATCLIM, az E-OBS és a FORESEE adatbázisok alapján az 1961-2010-es időszakra

A következő ábrákon az átlaghőmérsékletre (14. ábra), valamint a csapadékra (15. ábra) vonatkozó box-plot diagramokat mutatom be a három különböző adatbázis alapján. Megállapítható, hogy a nyári hónapokban kisebbek, míg télen nagyobbak a szórásértékek a hőmérséklet esetén. A három adatbázis hasonló értékeket mutat minden hónapban, a medián és a 25., valamint a 75. percentilis esetén is, bár a CARPATCLIM esetén valamelyest magasabb értékeket tapasztalhatunk. Az egyezés az év első felében erősebb, míg augusztus és október között valamelyest nagyobb eltérések lépnek fel. A csapadék esetében pedig júliusban és augusztusban láthatók nagyobb eltérések az adatbázisok között (a CARPATCLIM alapján alacsonyabb értékeket kaptunk), amely már a 13.d ábrán bemutatott eredményeknél is megállapítható volt.



14. ábra: Az átlaghőmérséklet box-plot diagramjai az 1961-2010-es időszakban, havi bontásban, az E-OBS, a CARPATCLIM és a FORESEE adatbázisok alapján



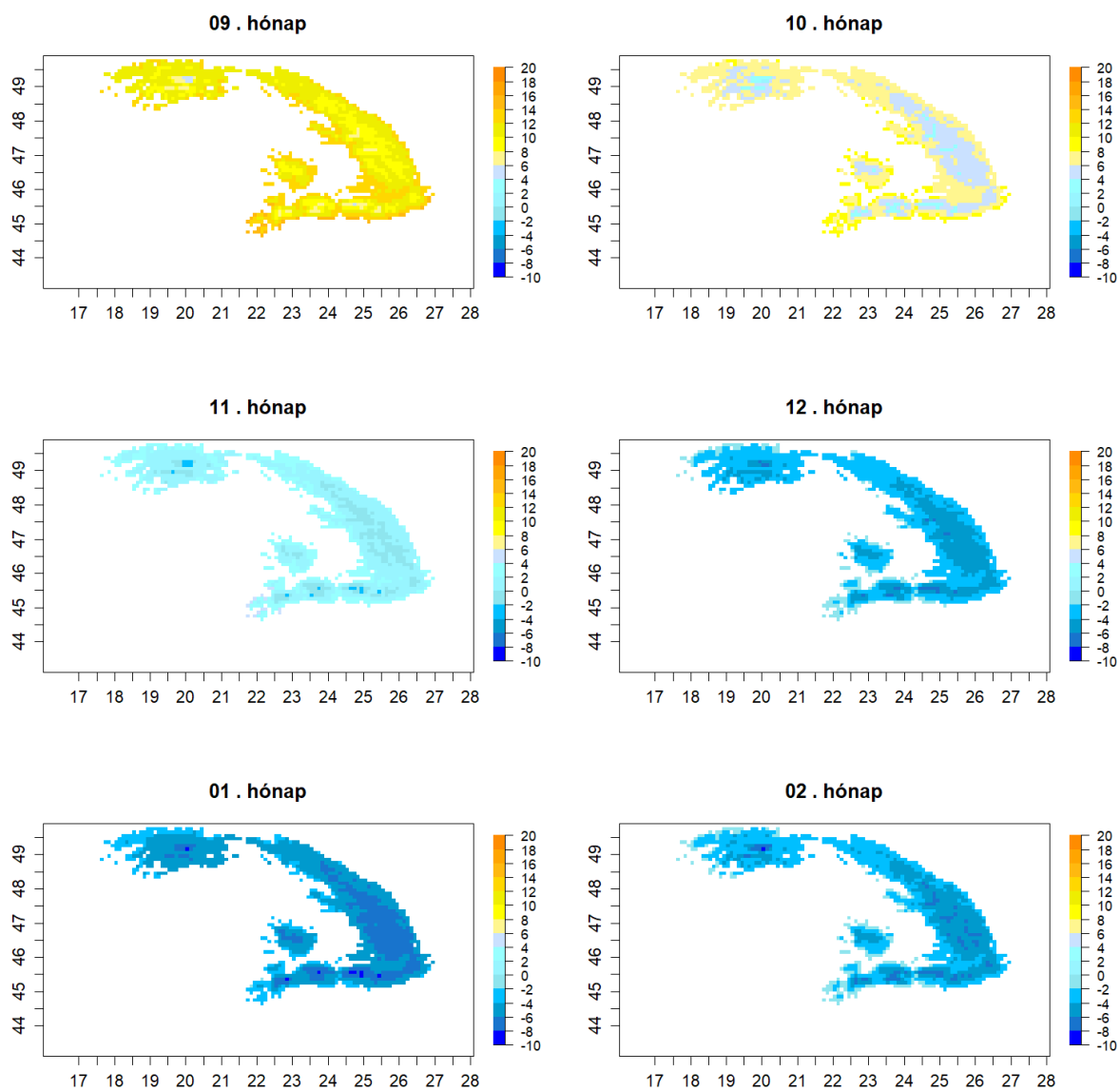
15. ábra: A csapadék box-plot diagramjai az 1961-2010-es időszakban, havi bontásban, az E-OBS, a CARPATCLIM és a FORESEE adatbázisok alapján

A 16. és 17. ábrák bemutatják az átlaghőmérséklet területi eloszlását az őszi–téli hónapokra, az E-OBS, valamint a CARPATCLIM adatbázisok alapján. A térképeken jól látszik, amit már

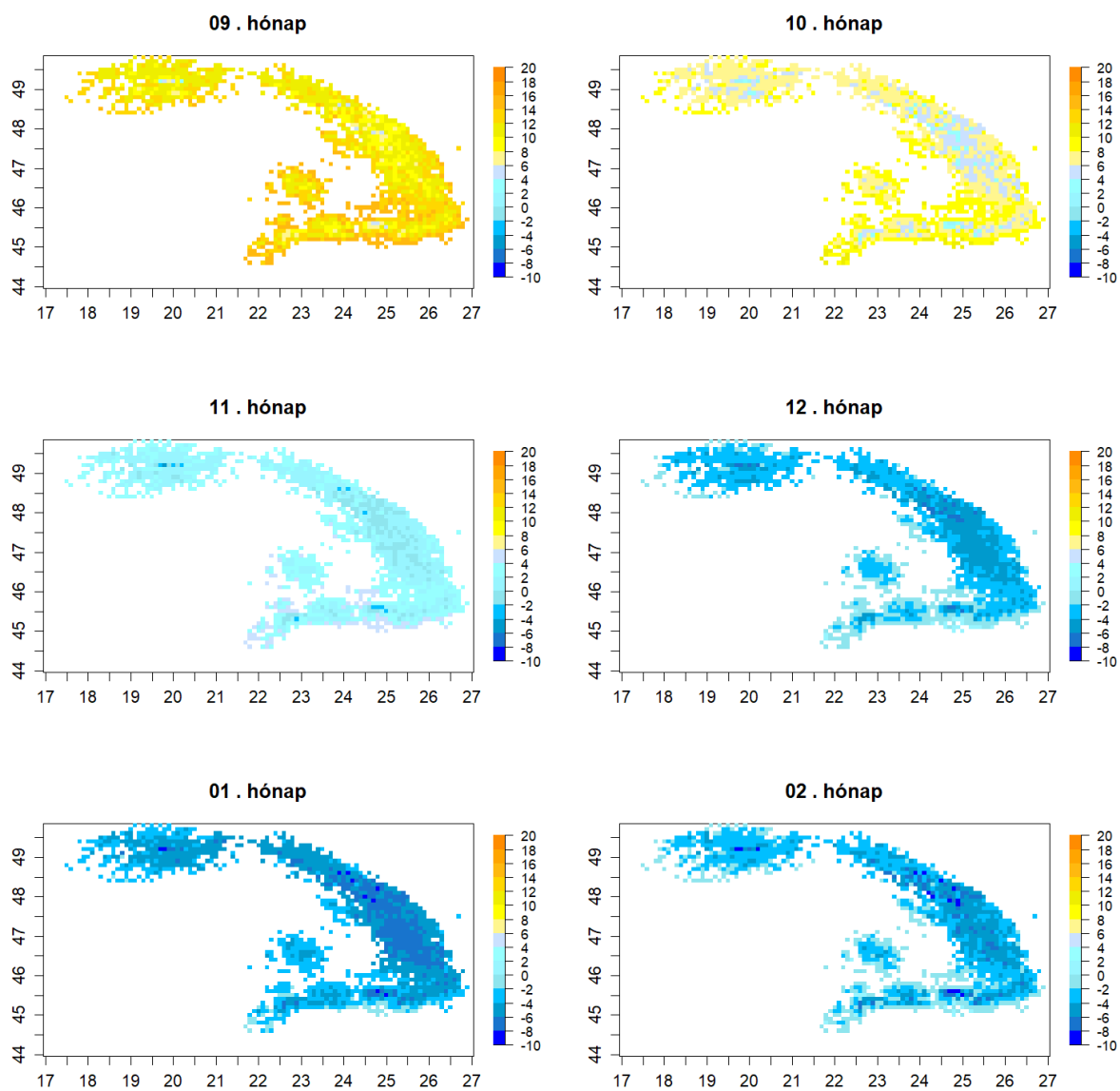
korábban is megjegyeztem, hogy a CARPATCLIM összeállításához használt mérőállomás-hálózat részletesebb, míg az E-OBS által figyelembe vett mérőállomások száma csekélyebb.

Az őszi és téli hónapok esetében jól látható, hogy a Kárpátok egészét tekintve a keleti területeken fordulnak elő a legalacsonyabb hőmérsékleti értékek. Ezen kívül egyértelműen látszik az is, ami a grafikonoknál is mutatkozott, hogy a január a leghidegebb hónap.

A minimum-, és maximumhőmérséklet területi eloszlását is ábrázoltam a két adatbázis alapján, ezek a „Függelék” részben találhatóak, az átlaghőmérséklet tavaszi és nyári hónapjaira vonatkozó térképekkel együtt (*F1-F10. ábra*). A Függelék tartalmazza továbbá a FORESEE adatbázis alapján elkészített hőmérsékleti térképeket is, az átlag-, minimum- és maximumhőmérsékletre (*F11-F16. ábra*).



16. ábra: Őszi és téli hónapok átlaghőmérsékletének [$^{\circ}\text{C}$] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, az E-OBS adatbázis alapján



17. ábra: Őszi és téli hónapok átlaghőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a CARPATCLIM adatbázis alapján

6. Összegzés és jövőbeli tervek

A kutatásom elején felmerült bennem a kérdés, hogy a hazánkat körülölelő Kárpátokat hogyan érintik a globális felmelegedés okozta változások.

Összehasonlítottam két 30 éves időszak (1951–1980 és 1991–2020) hőmérsékleti és csapadék adatait az E-OBS adatbázis alapján, hogy a Kárpátok térségében is megfigyelhetőek-e az éghajlatváltozás okozta eltérések.

Az adatok alapján láthatjuk, hogy a hőmérséklet emelkedett a vizsgált évtizedek során, de továbbra is a január a leghidegebb és a július a legmelegebb hónap. Átlagosan nagyjából 1 °C-os hőmérsékletemelkedést állapíthatunk meg a feldolgozott adatok alapján a Kárpátok területére.

A legnagyobb változások a következőképpen alakultak:

- Januárban és augusztusban az átlaghőmérséklet 1,4 °C-kal emelkedett az 1991–2020-as idősakra az 1951–1980-as időszakhoz képest
- A maximumhőmérséklet értékei augusztusban átlagosan 2,2 °C-kal növekedtek a második vizsgált periódusra
- A minimumhőmérsékleti értékek januárban 1,6 °C-kal nőttek az 1951–1980-as időintervallumhoz képest.

A csapadék adatokból továbbra is megfigyelhető, hogy a nyári hónapok csapadékosabbak, mint a téli hónapok; nem tapasztaltunk jelentős változást a két 30 éves időszakot összehasonlítva.

Azért, hogy a kapott eredményeket minél alaposabban meg lehessen vizsgálni, kiválasztottam még két adatbázist, hogy azokat összehasonlítva átfogóbb képet kaphassak a Kárpátokban történő változásokról. A három adatbázist egy közös metszetre, az 1961–2010-es időszakra hasonlítottam össze, ami adott volt, hiszen a CARPTACLIM kizárólag ezen időintervallumra érhető el. Az általam készített grafikonok mintázatán látszik, hogy a havi hőmérsékleti átlagértékek januártól júliusig folyamatosan nőnek, majd júliustól januárig csökkennek. A csapadék ugyanúgy alakult a vizsgált időszakban, mint az a Kárpátokra általában jellemző, a maximuma továbbra is nyáron, minimuma pedig télen van. A három különböző adatbázis alapján kapott eredmények viszonylag jó egyezést mutattak a vizsgált meteorológiai változókra vonatkozóan.

További terveim között szerepel, hogy régiókra bontva is megvizsgáljam a Kárpátokat érintő éghajlatváltozás hatásait, illetve, hogy klímamodell-szimulációk alapján is elvégezzem ezeket a vizsgálatokat a jövőre vonatkozóan.

Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozom témavezetőmnek, Kis Annának, akihez mindig fordulhattam, illetve fordulhatok segítségért, nemcsak a TDK dolgozatot illetően, hanem egyéb konferenciákon való részvétellel kapcsolatban is, és már évek óta segíti a kutatásban való előrehaladásomat, fejlődésemet. Nagyon köszönöm az állandó támogatást és türelmet.

Irodalomjegyzék

Adler, C., P.Wester, I. Bhatt, C. Huggel, G. E. Insarov, M.D. Morecroft, V. Muccione, and A. Prakash, 2022: Cross-Chapter Paper 5: Mountains. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2273–2318, doi: 10.1017/9781009325844.022

Anaconda, P. I., Mackintosh, A., Norton, K., 2015: Reconstruction of a glacial lake outburst flood (GLOF) in the Engaño Valley, Chilean Patagonia: Lessons for GLOF risk management. *Science of the Total Environment* 527–528 (2015), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.096>

Balogh, B. A., Bencze, I., Benede, E., Bora, Gy., Dudás, Gy., Enyedi, Gy., ... & V. Tajti, E., 1975: Európa koszorúja: a Kárpátok. In: *Európa. Gondolat Kiadó, Budapest.* pp.: 260–277.

Cheval, S., Birsan, M-V., Dumitrescu, A., 2014: Climate variability in the Carpathian Mountains Region over 1961-2010. *Global and Planetary Change* 118, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.04.005>

Cornes, R. C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., Jones, P. D., 2018: An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 42 123 (17), 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>

Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Havasi, Á., Horváth, F., Ittész, P., Bartholy, J., 2014: Bridging the gap between climate models and impact studies: The FORESEE Database. *Geosci Data J* 2, 1–11. <https://doi.org/10.1002/gdj3.22>

Fasko, P., Pecho, J., Mikulová, K., Nejedlík, P., 2009: Trends of selected characteristics of precipitation in the Northern Carpathians in the light of water supply for agriculture. In: *Impact of Climate Change and Adaptation in Agriculture. Extended Abstracts of the International Symposium, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) (Eitzinger, J., Kubu, G. (ed.)), Vienna.* pp.: 106–109.

Futó, J., 1979: A Kárpátok. In: *Kontinensek földrajza I. Tankönyvkiadó, Budapest.* pp.: 193–202.

Grodzińska, K., Godzik, B., Frączek, W., Badea, O., Oszlányi, J., Postelnicu, D., Shparyk, Y., 2003: Vegetation of the selected forest stands and land use in the Carpathian Mountains. *Environmental Pollution* 130, 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.10.031>

Gurung, A. B., Bokwa, A., Chelmicki, W., Elbakidze, M., Hirschmugl, M., Hostert, P., ... & Zebisch, M., 2009: Global Change Research in the Carpathian Mountain Region. *Mountain Research and Development* 29 (3), 282–288. <https://doi.org/10.1659/mrd.1105>

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 data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 113, D20119. <https://doi.org/10.1029/2008JD010201>

ICCI, 2022: State of the Cryosphere 2022 – Growing Losses, Global Impacts. 60p.

Ignacio, P., 2017: Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review. *Mountain Research and Development* 37 (2), 179–187. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00110.1>

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp. doi:10.1017/9781009325844

Kern, A., Dobor, L., Hollós, R., Marjanovic, H., Torma, Cs. Zs., Kis, A., Fodor, N., Barcza, Z., 2024: Seamlessly combined historical and projected daily meteorological datasets for impact studies in Central Europe: The FORESEE v4.0 and the nFORESEE-HUN v1.0. Climate Services 33, 100443. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100443>

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, Vol. 117., No. 1., pp.: 143-158.

Pepin, N. C., Arnone, E., Gobiet, A., Haslinger, K., Kotlarski, S., Notarnicola, C., ... & Adler, C., 2022: Climate Changes and Their Elevational Patterns in the Mountains of the World. Reviews of Geophysics 60, e2020RG000730. <https://doi.org/10.1029/2020RG000730>

Rangwala, I., Miller, R., J., 2012: Climate change in mountains: a review of elevation-dependent warming and its possible causes. Climatic Change 114, 527–547. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0419-3>

Spinoni, J., Szalai, S., Szentimrey, T., Lakatos, M., Bihari, Z., Nagy, A., ... & Vogt, J., 2014: Climate of the Carpathian Region in the period 1961–2010: climatologies and trends of 10 variables. International Journal of Climatology 35, 1322–1341. <https://doi.org/10.1002/joc.4059>

Sykes, M. T., 2009: Climate Change Impacts: Vegetation. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0021227>

Torma, Cs., Zs., 2019: Detailed validation of EURO-CORDEX and Med-CORDEX regional climate model ensembles over the Carpathian Region. Időjárás, 123 (2), 217–240. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2019.2>

van Vuuren, D., P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., ... & Rose, S., K., 2011: The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change 109, 5-31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>

Walther, G., R., Beißner, S., Pott, R., 2005: Climate Change and High Mountain Vegetation Shifts. In: Broll, G., Keplin, B. (eds) Mountain Ecosystems. Springer, Berlin, Heidelberg. pp.: 77–96. https://doi.org/10.1007/3-540-27365-4_3

World Meteorological Organization, 2024: State of the Global Climate 2023. World Meteorological Organization, Geneva, 48 p.

Zekollari, H., Huss, M., Farinotti, D., 2019: Modelling the future evolution of glaciers in the European Alps under the EURO-CORDEX RCM ensemble. The Cryosphere 13, 1125–1146. <https://doi.org/10.5194/tc-13-1125-2019>

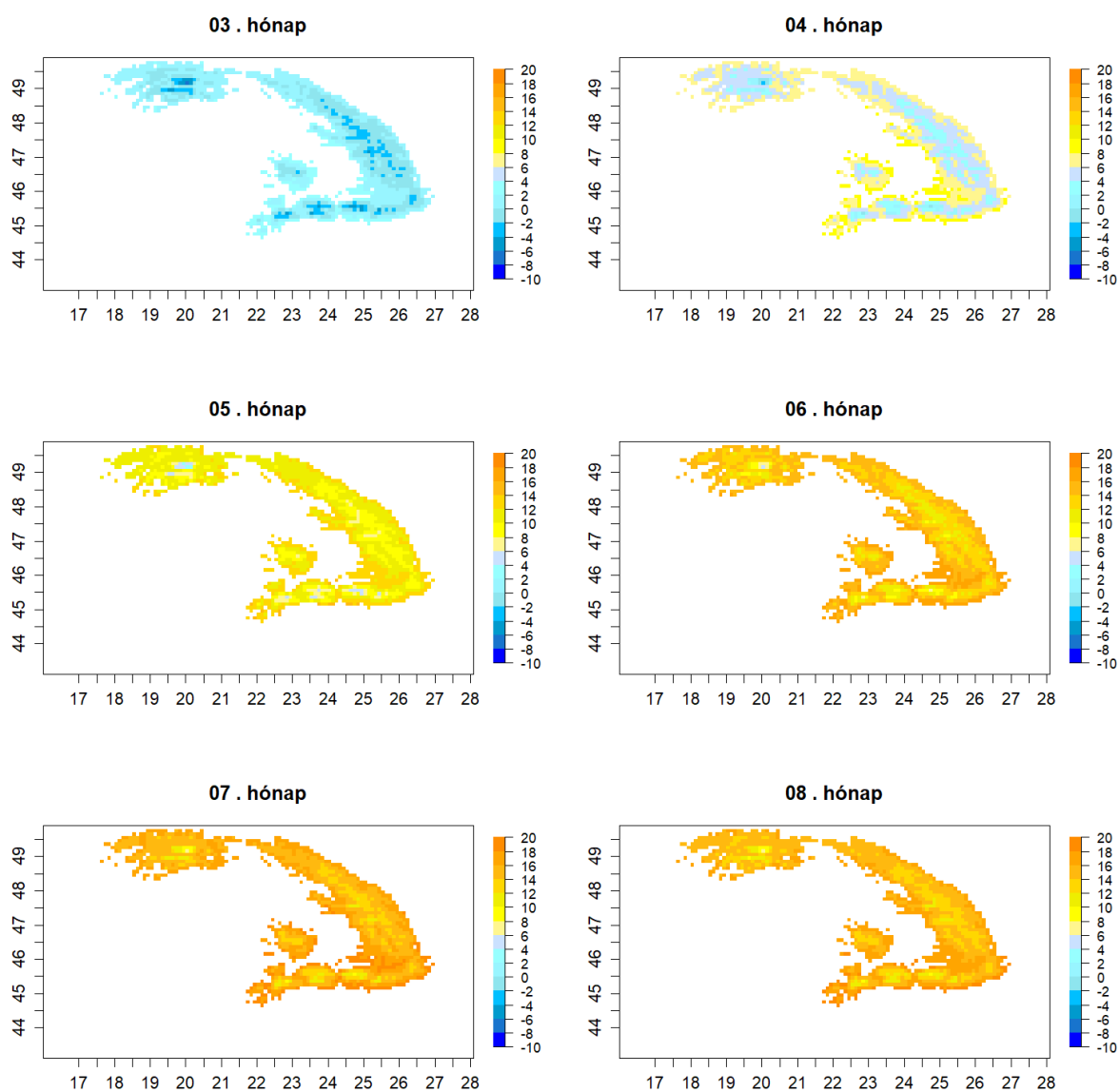
Internetes hivatkozások

[1] – Copernicus Climate Change Service, E-OBS data access, Meta data input stations.

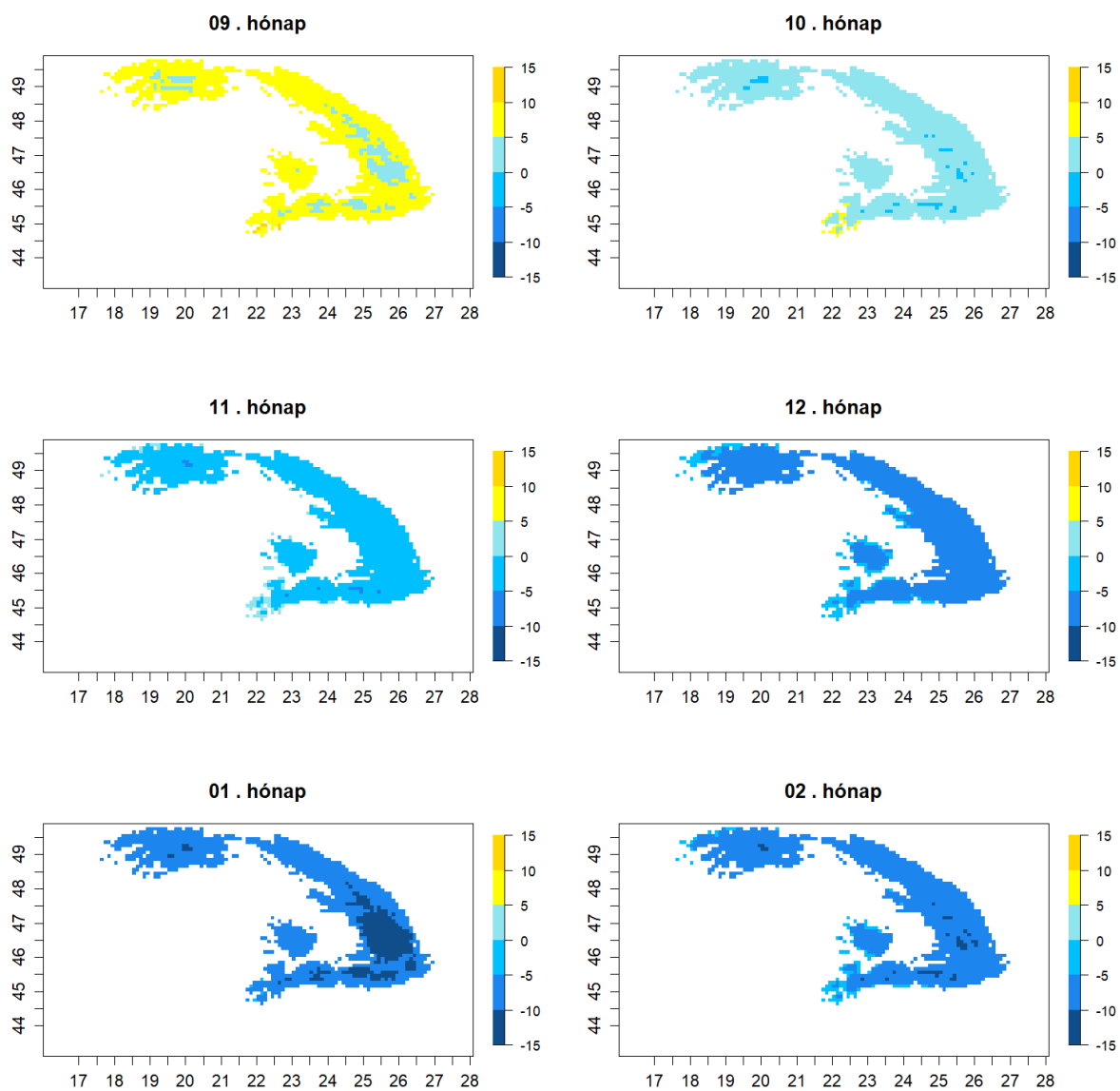
[https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php#datafiles]

[2] – carpatclim-eu.org

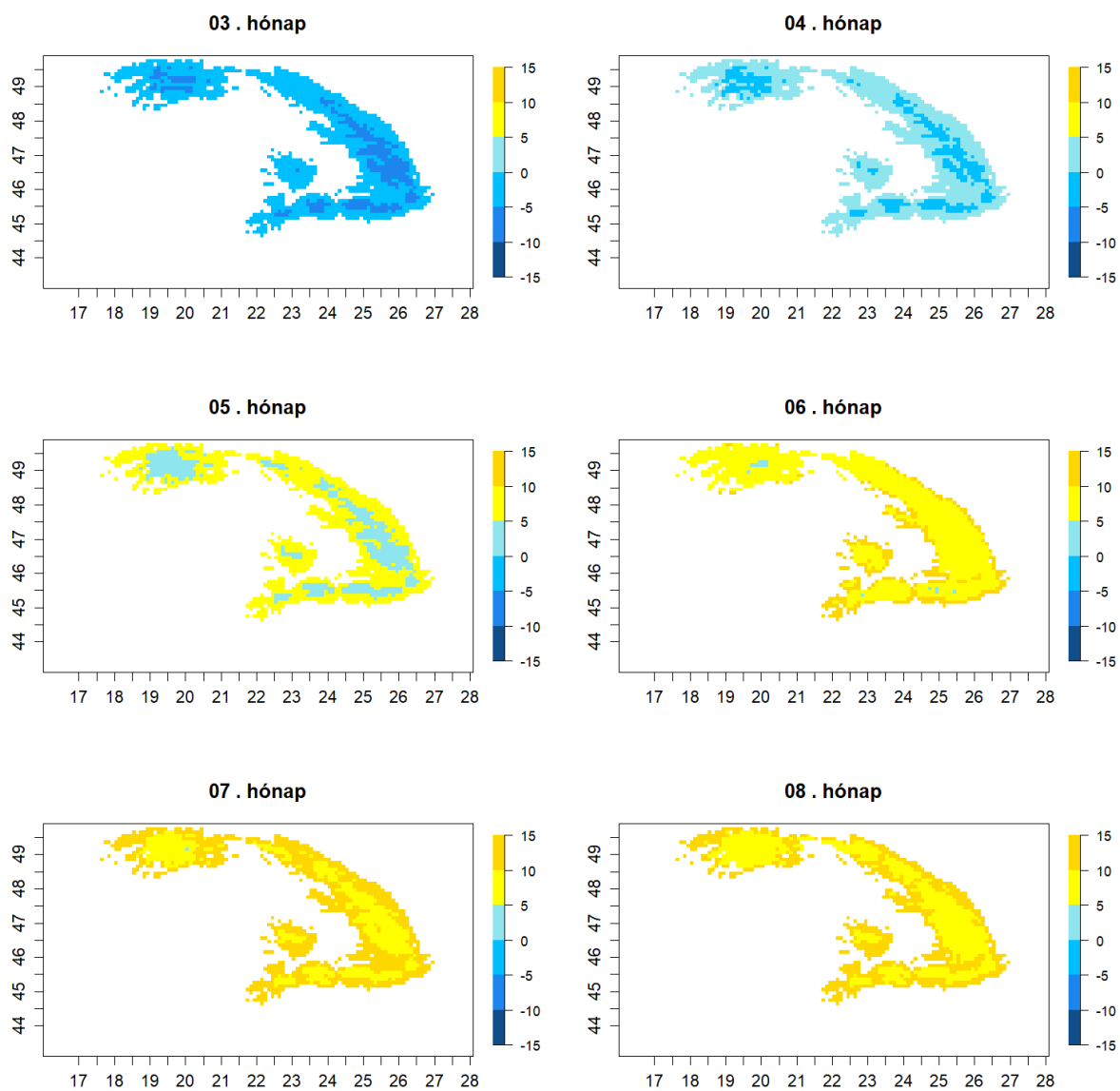
Függelék



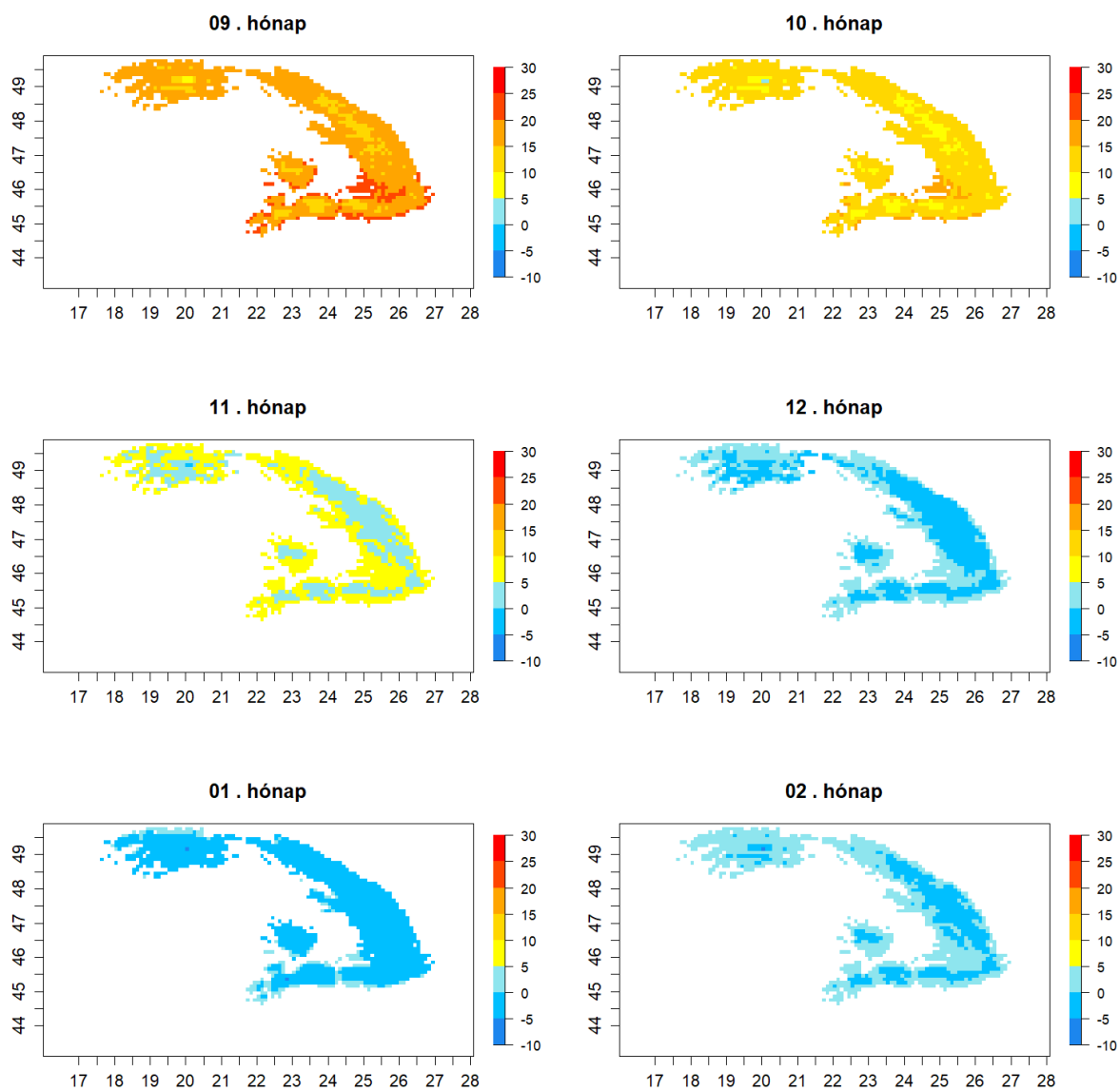
F1. ábra: Tavaszi és nyári hónapok átlaghőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, az E-OBS adatbázis alapján



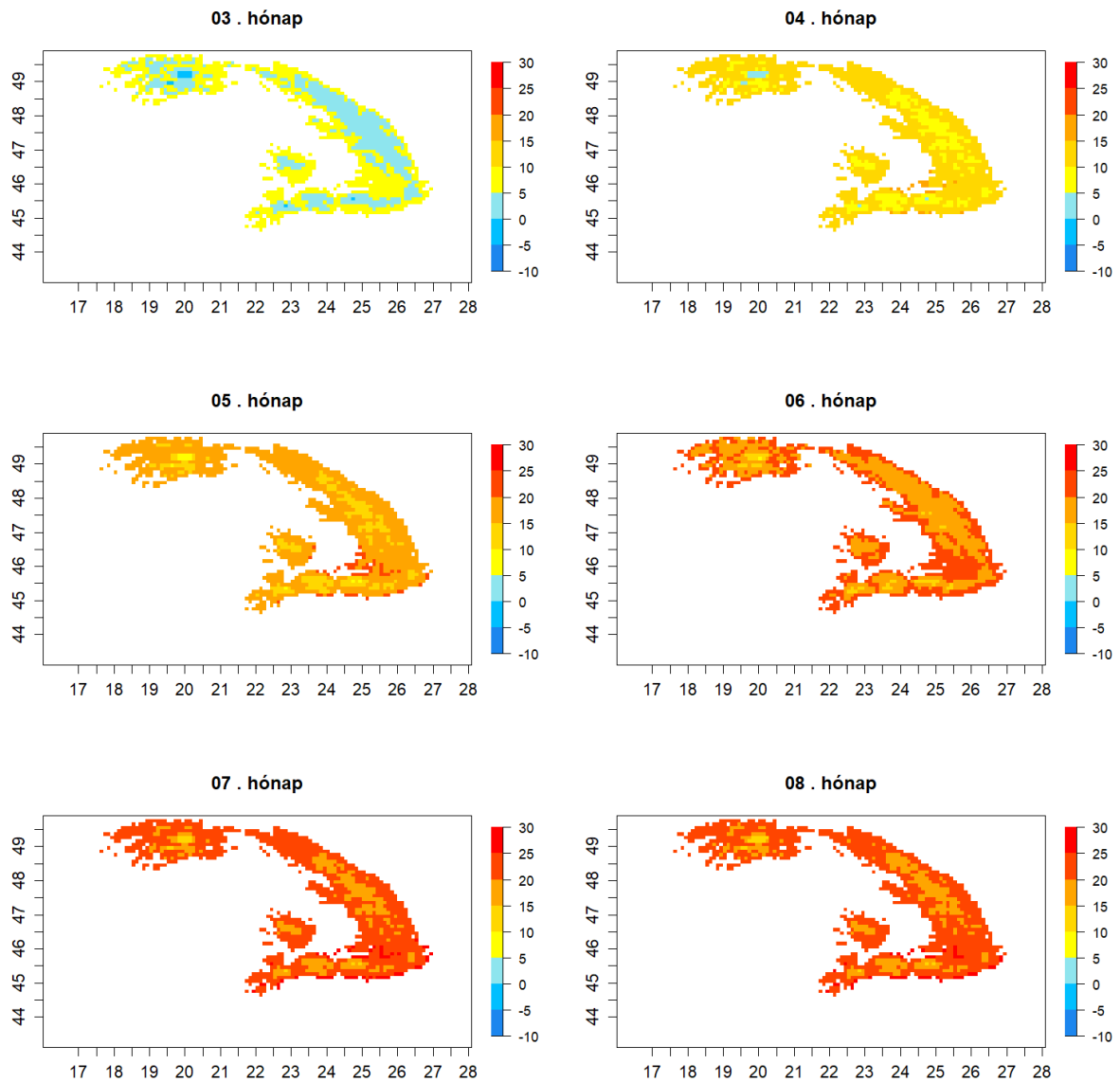
F2. ábra: Őszi és téli hónapok minimumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, az E-OBS adatbázis alapján



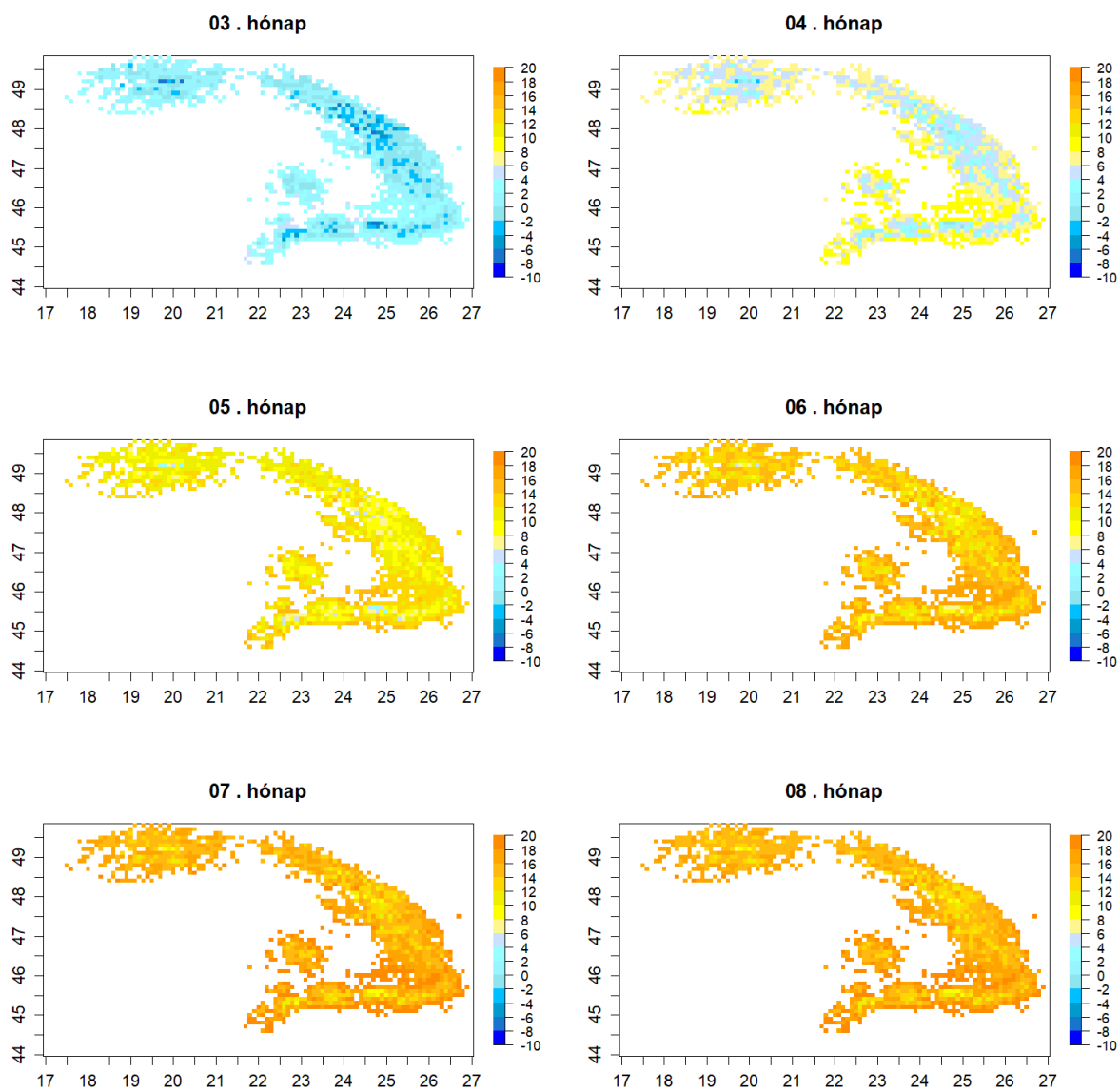
F3. ábra: Tavaszi és nyári hónapok minimumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, az E-OBS adatbázis alapján



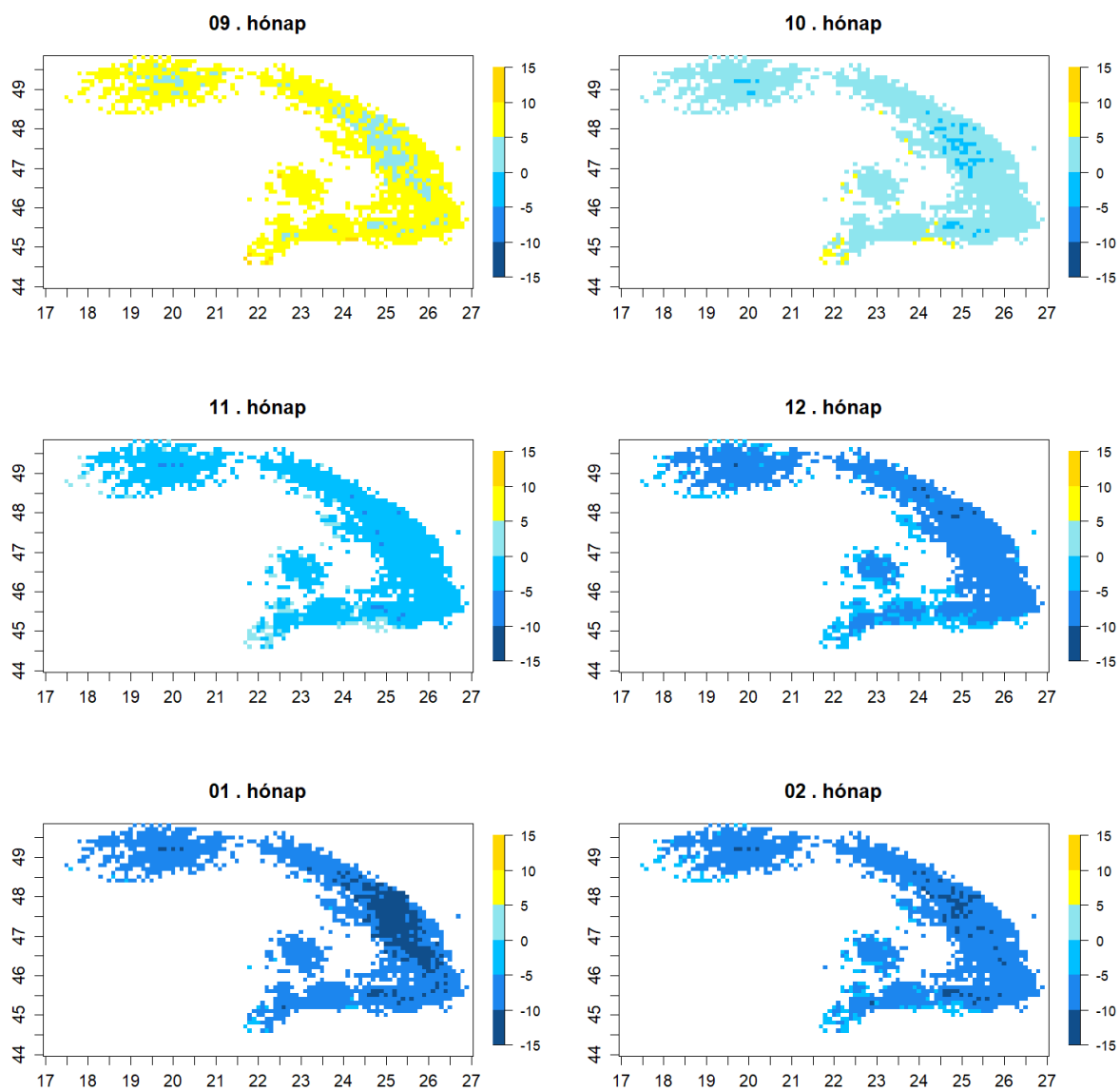
F4. ábra: Őszi és téli hónapok maximumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, az E-OBS adatbázis alapján



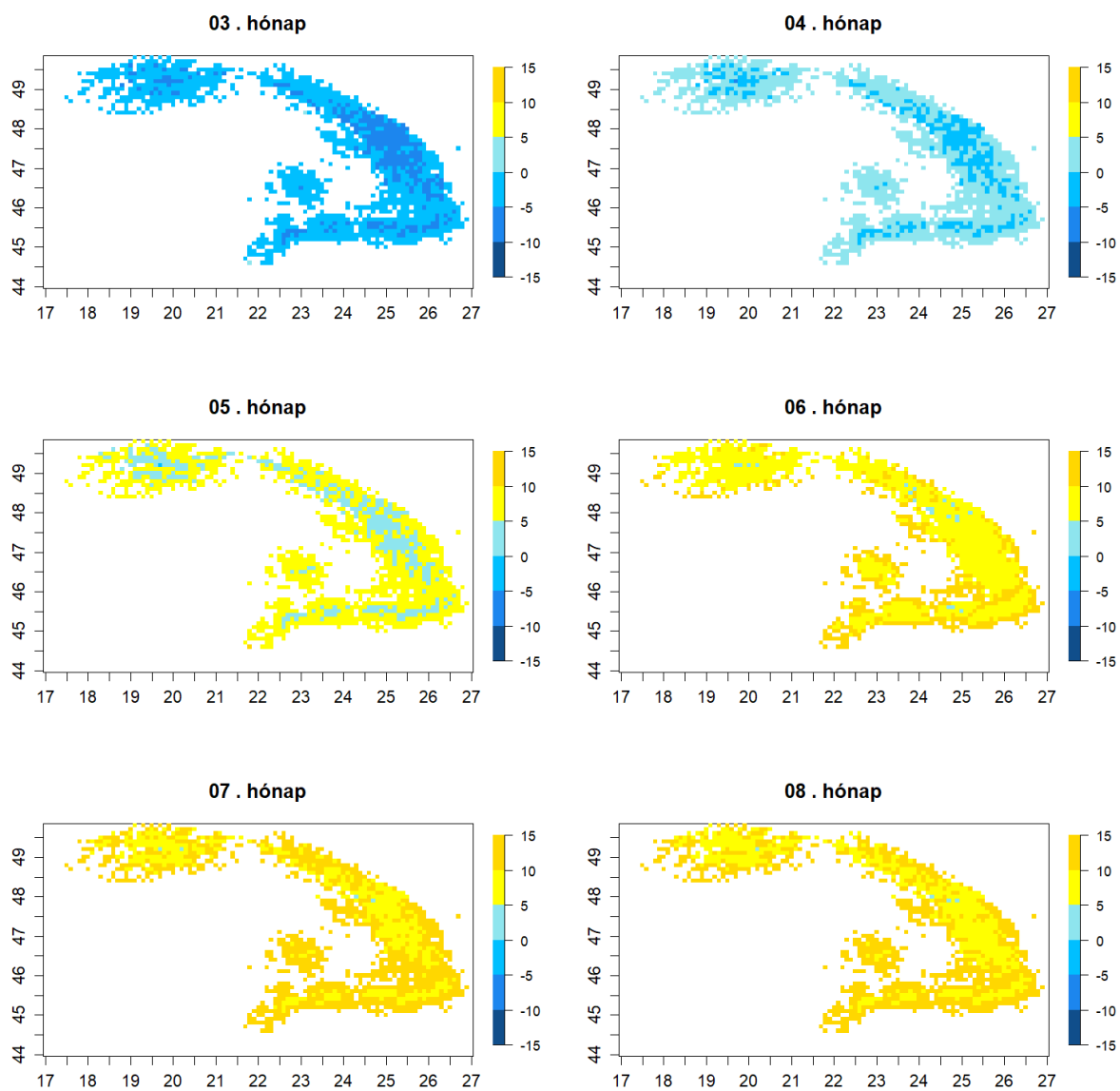
F5. ábra: Tavaszi és nyári hónapok maximumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, az E-OBS adatbázis alapján



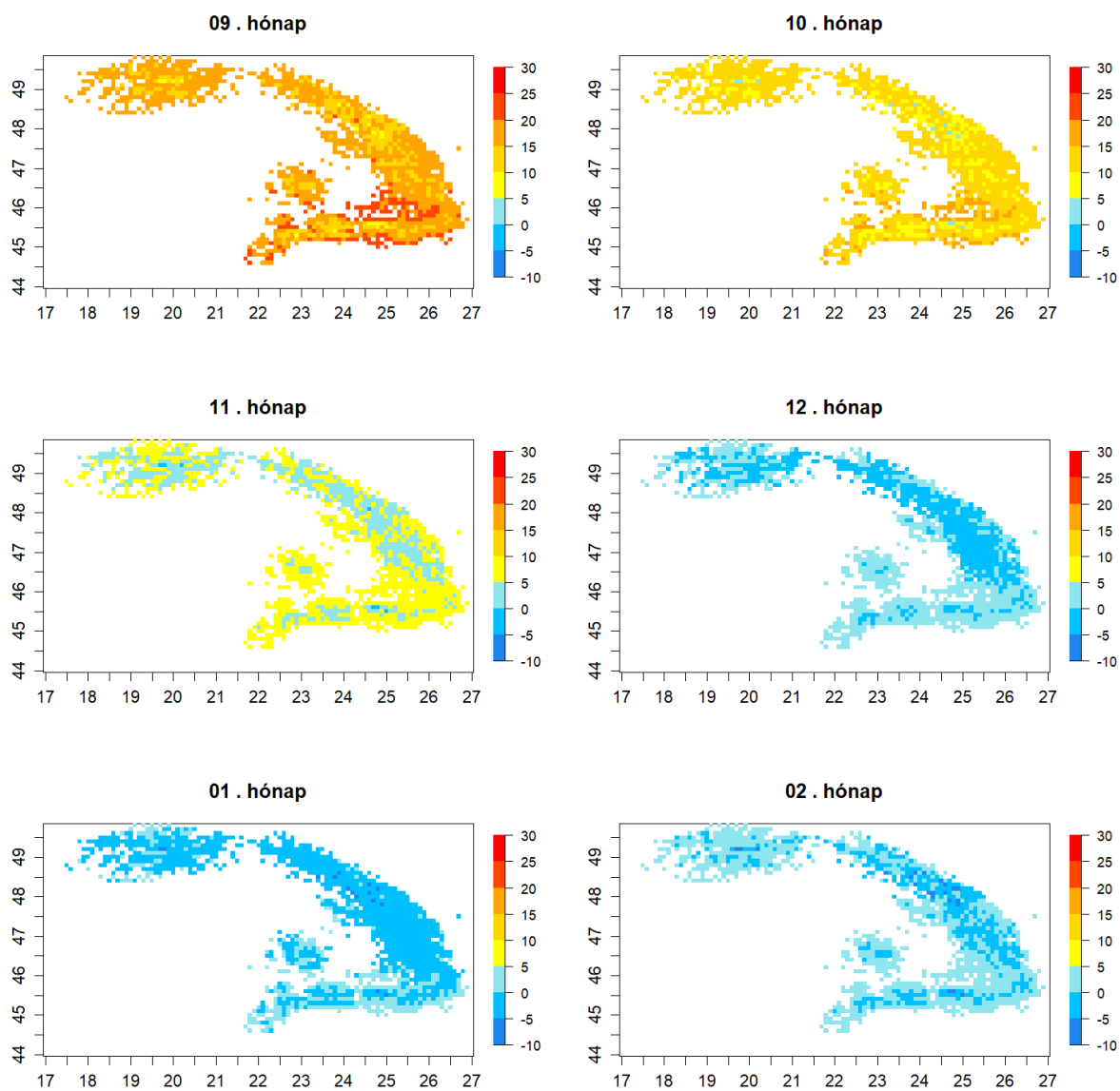
F6. ábra: Tavaszi és nyári hónapok átlaghőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a CARPATCLIM adatbázis alapján



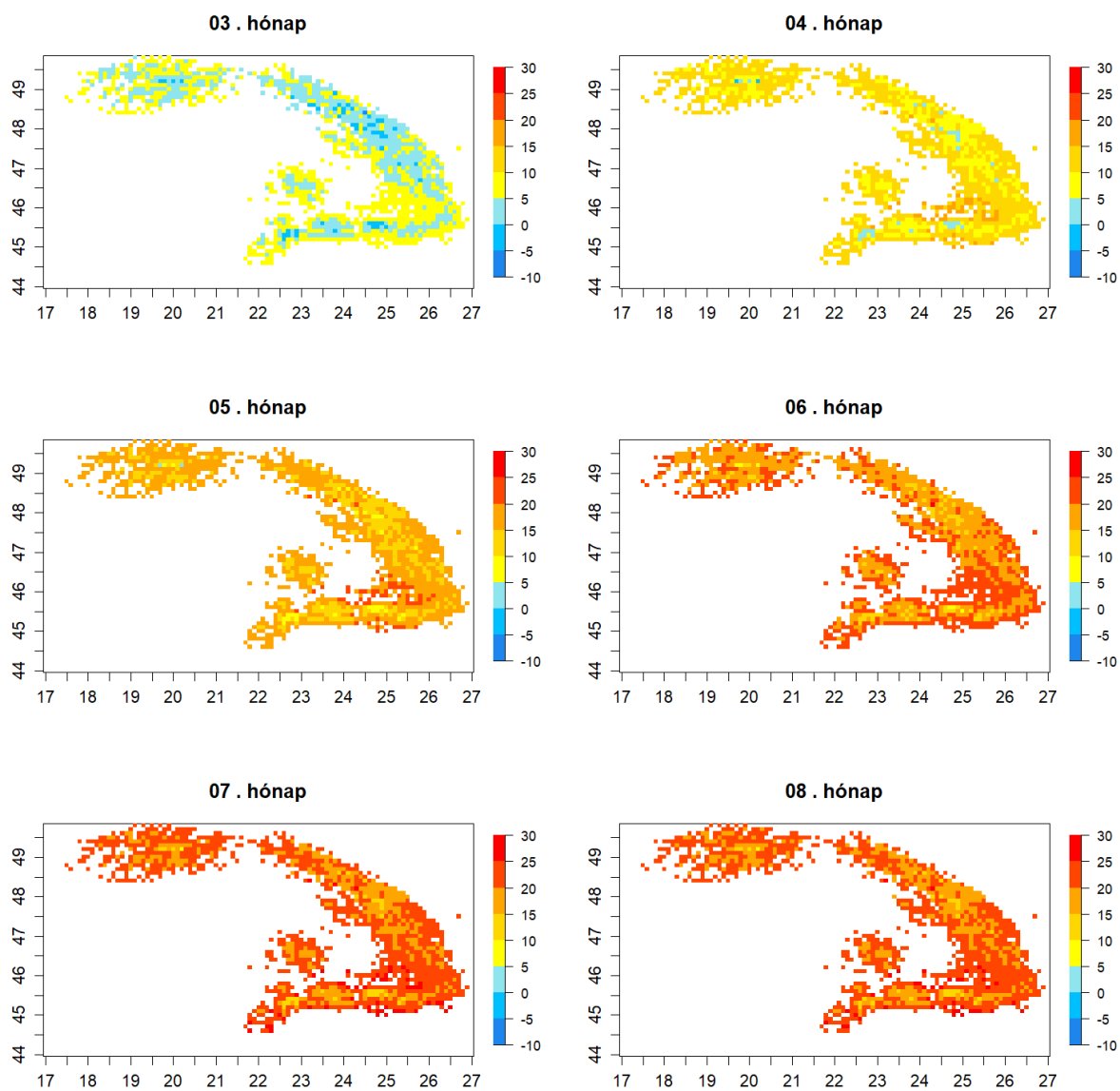
F7. ábra: Őszi és téli hónapok minimumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a CARPATCLIM adatbázis alapján



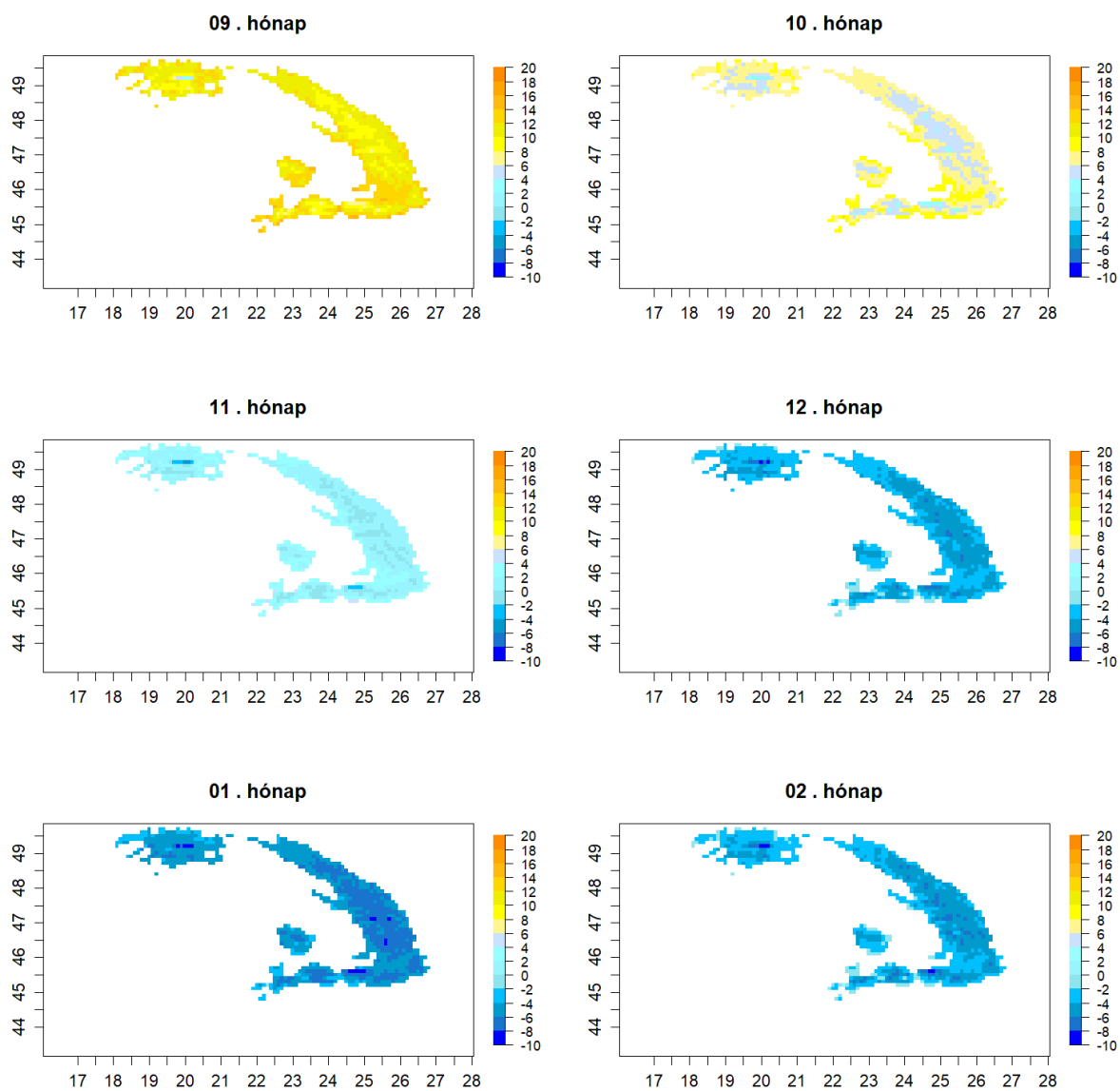
F8. ábra: Tavaszi és nyári hónapok minimumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a CARPATCLIM adatbázis alapján



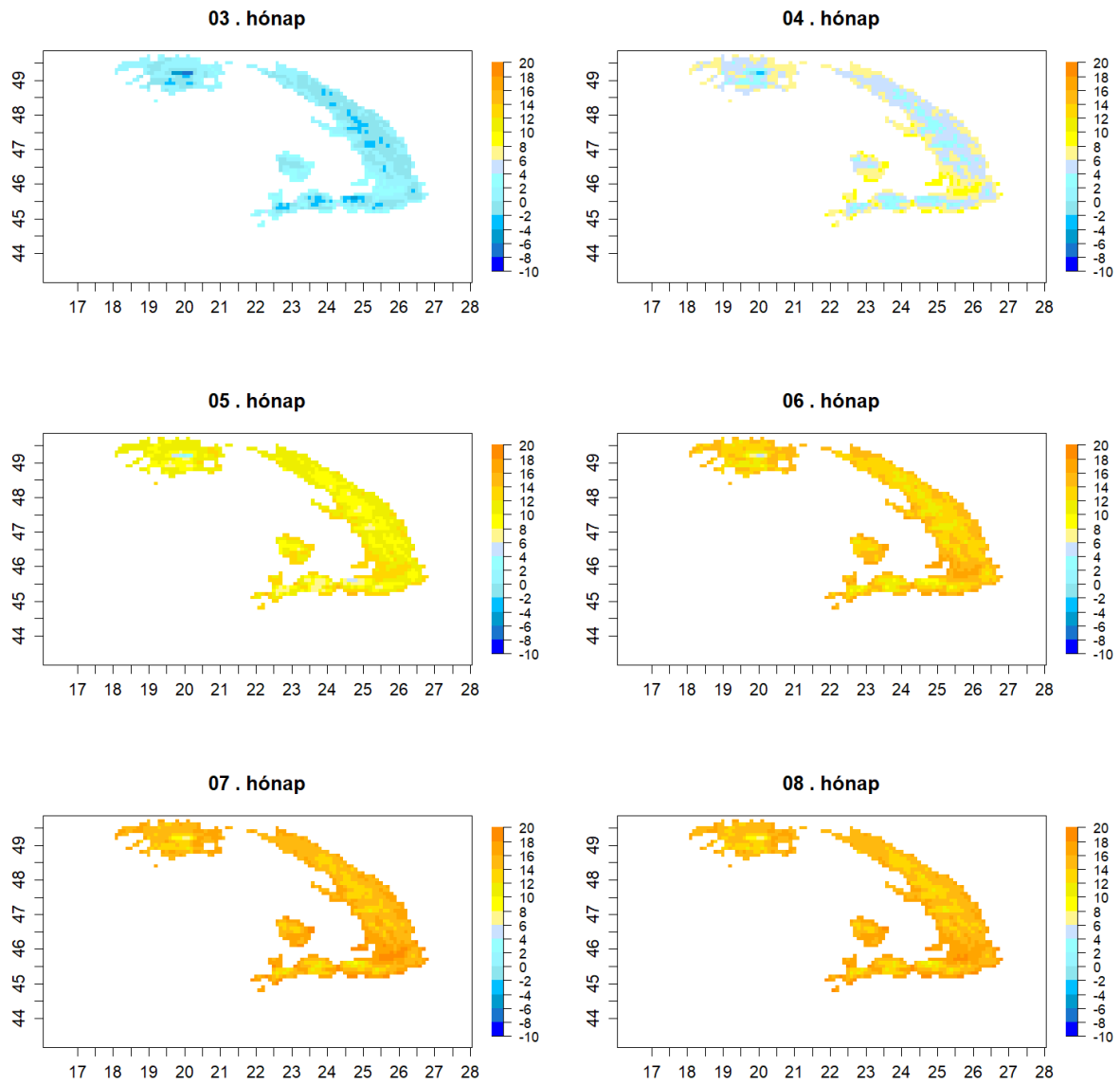
F9. ábra: Őszi és téli hónapok maximumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a CARPATCLIM adatbázis alapján



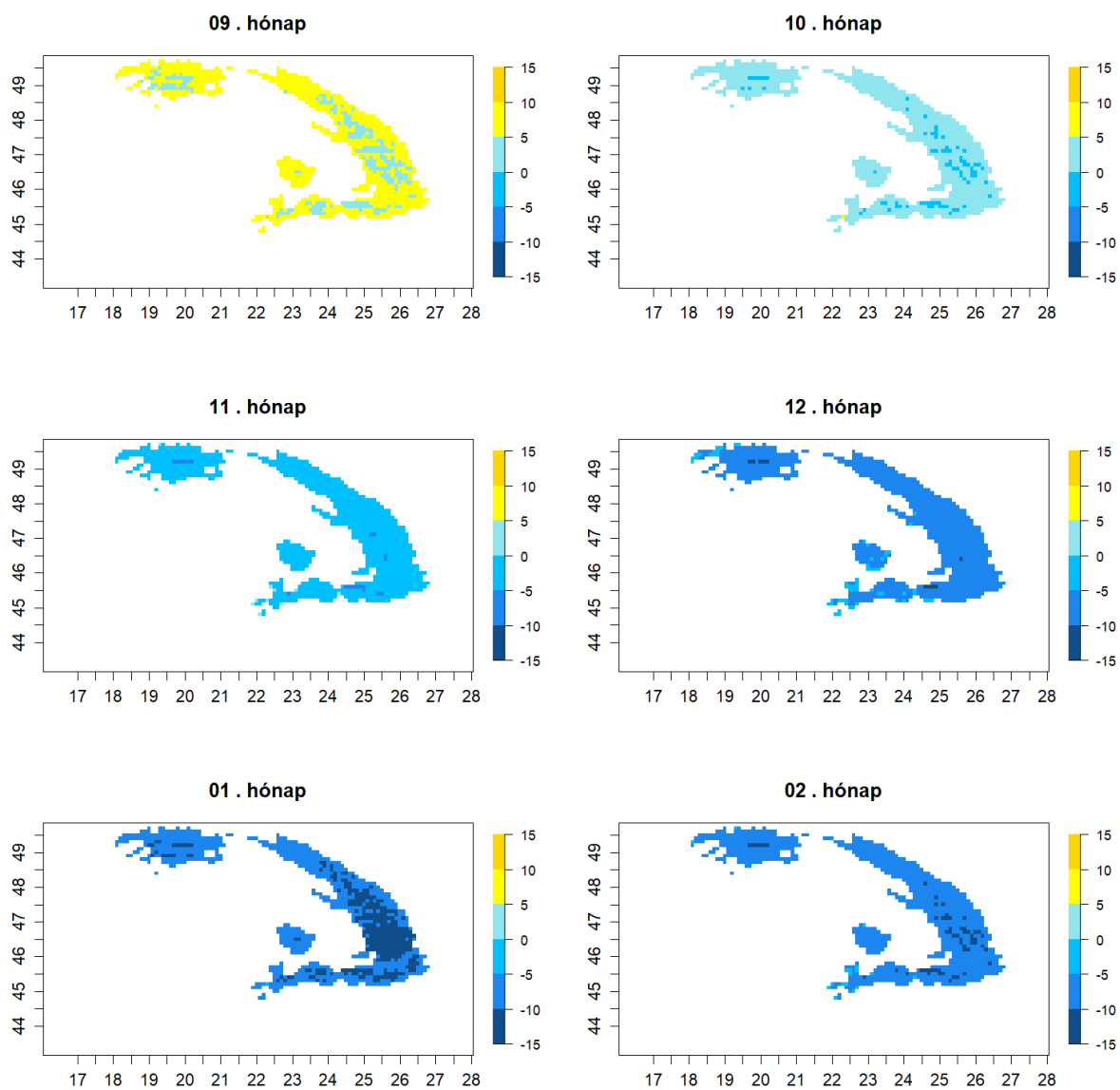
F10. ábra: Tavaszi és nyári hónapok maximumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a CARPATCLIM adatbázis alapján



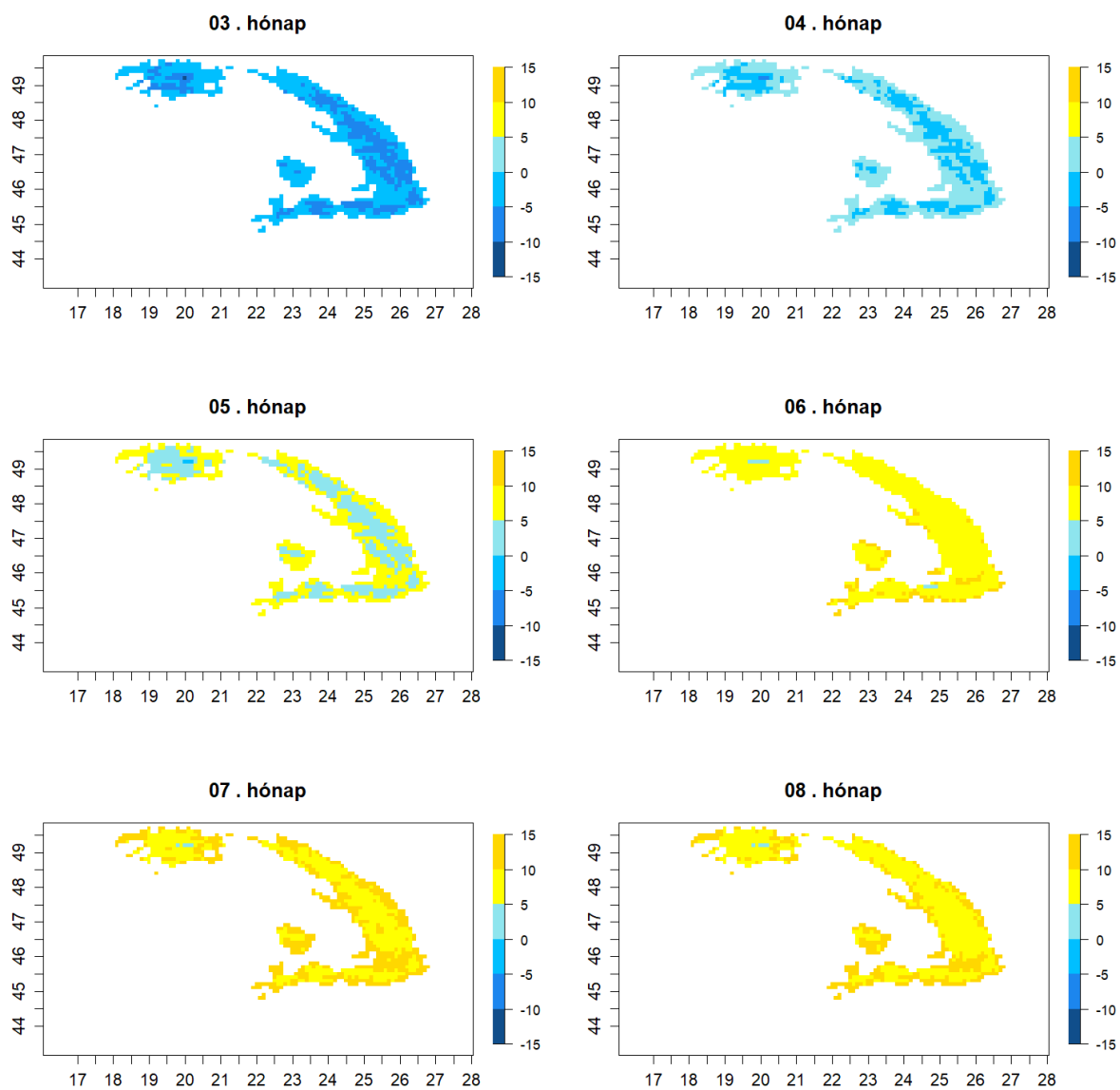
F11. ábra: Őszi és téli hónapok átlaghőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a FORESEE adatbázis alapján



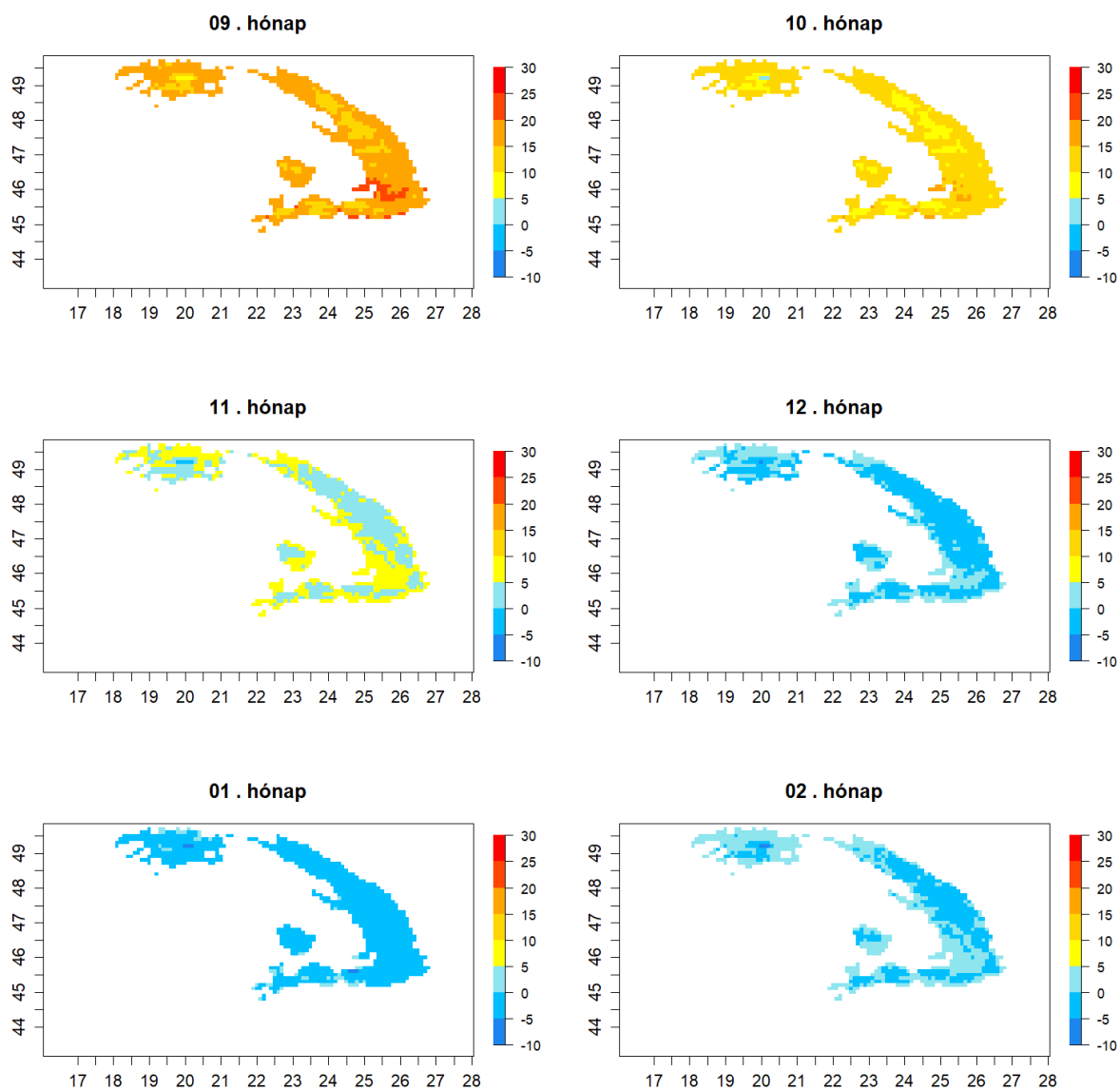
F12. ábra: Tavaszi és nyári hónapok átlaghőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a FORESEE adatbázis alapján



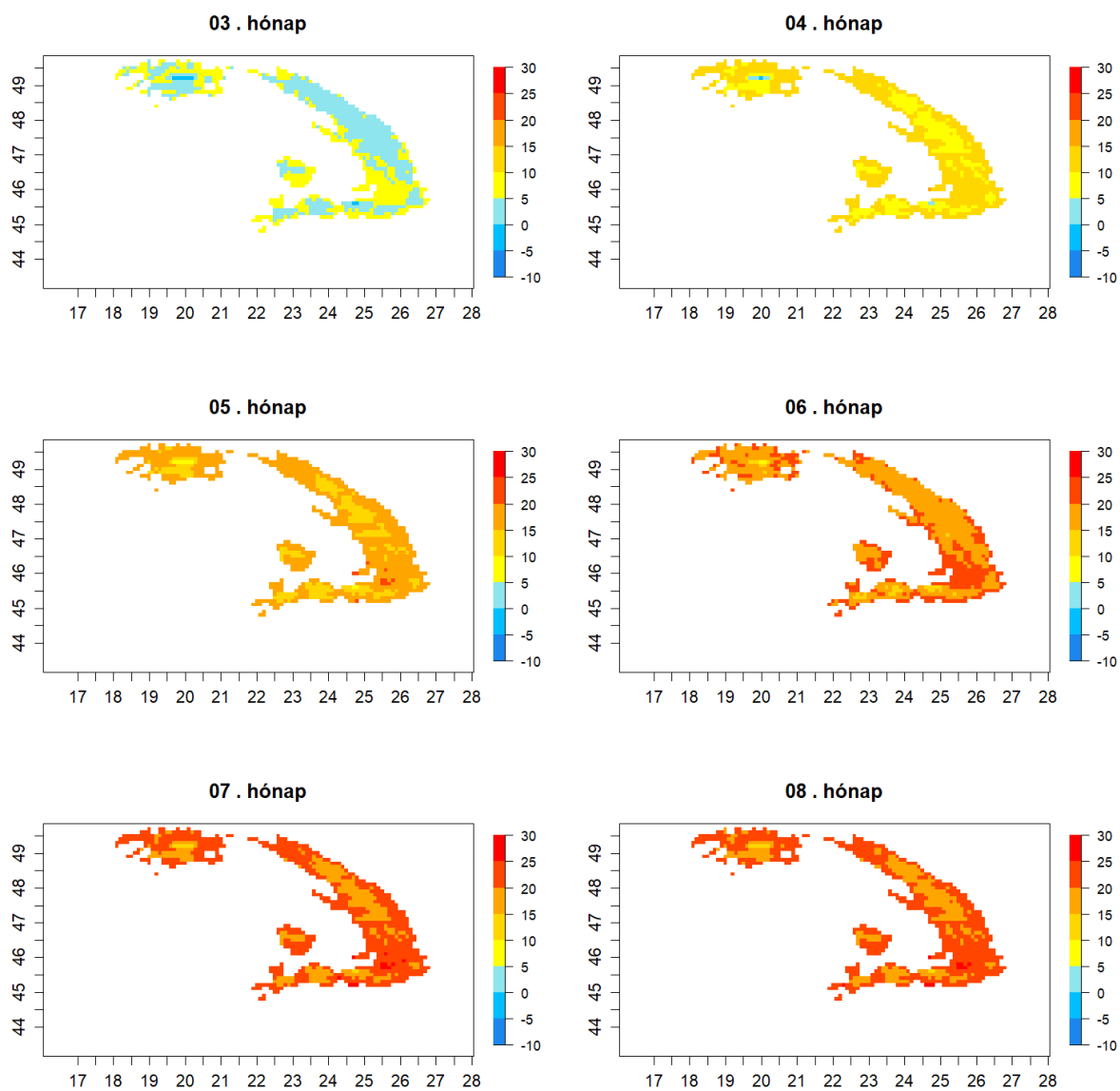
F13. ábra: Őszi és téli hónapok minimumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a FORESEE adatbázis alapján



F14. ábra: Tavaszi és nyári hónapok minimumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a FORESEE adatbázis alapján



F15. ábra: Őszi és téli hónapok maximumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a FORESEE adatbázis alapján



F16. ábra: Tavaszi és nyári hónapok maximumhőmérsékletének [°C] területi eloszlása az 1961–2010-es időszakban, a FORESEE adatbázis alapján