

# A SZABAD HOZZÁFÉRÉSŰ FORESEE KLÍMA-ADATBÁZIS: MŰLT, JELEN, JÖVŐ

**Dobor Laura(1), Barcza Zoltán(1), Horváth Ferenc(2)**

(1) ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A  
(2) MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, 2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2–4.  
e-mail: doborl@nimbus.elte.hu

## Bevezetés

Az elmúlt években jelentősen megnőtt a meteorológiai adatok iránti igény. Ennek egyik oka az éghajlatváltozással kapcsolatos számszerű vizsgálatok elterjedése, amely a döntéshozók számára alapvető fontosságú információt nyújt. Emellett közismert, hogy nagyon sok társadalmi és gazdasági folyamat is erősen időjárásfüggő, és a meteorológiai információk segítségével sok esetben növelhető a haszon, és javítható a szolgáltatások minősége.

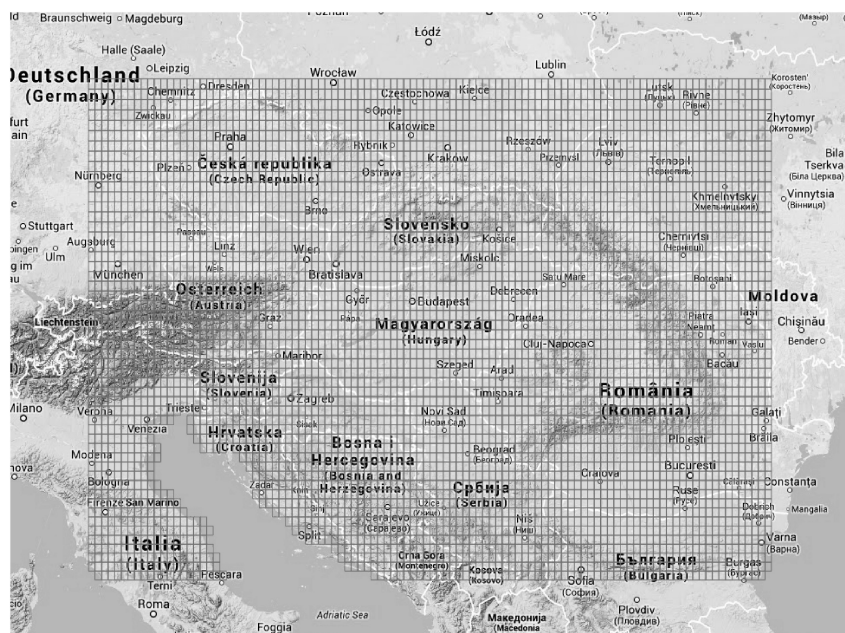
Az ELTE Meteorológiai Tanszéket is számos magánszemély, kutatócsoport, illetve vállalkozás kereste meg az elmúlt években alapvető meteorológiai információk kapcsán. Könnyen hozzáférhető és dokumentált adatok hiányában, a legtöbb esetben a megkeresésre csak negatív választ tudtunk adni. Mindemellett az évek során, a Tanszéken folyó kutatások vonatkozásában is felmerült az igény a megbízható éghajlati adatsorok használatára. A fentiek miatt született meg az elhatározás egy szabadon hozzáférhető, jó minőségű, dokumentált rácson tárolt meteorológiai adatbázis megalkotásáról, amely a múltira vonatkozó megfigyelések mellett korszerű klímaprojekciókat is tartalmaz.

Jelen tanulmány ezt az adatbázist mutatja be, amelynek a FORESEE (Open Database **FOR** ClimatE Change-Related Impact Studies in **C**entral **E**urope) nevet adtuk. A FORESEE egy napi léptékű rácsponti adatbázis, mely az 1951–2100 időszakot fedi le, és a múltira vonatkozóan méréseken alapuló adatokat, a jövőre vonatkozóan pedig különböző regionális klímamodell-eredményeket tartalmaz.

Az adatbázis létrehozását egy kérdőíves felmérés előzte meg, mely során feltártuk a meteorológiai adatbázisokkal dolgozó kutatók, illetve lehetséges végfelhasználók igényeit, adatfeldolgozó képességeit, továbbá a klímamodell-eredményekkel kapcsolatos ismereteit. A válaszok alapján elmondható, hogy a legnagyobb igény a napi léptékű idősorokra van, mind rácsponti, mind pontszerű adatsorok esetén. A jövőre vonatkozóan a válaszok egyetértettek az egynél több éghajlati scenárió használatának előnyeiben (ensemble megközelítés). A válaszadók 20%-a azonban nem volt tisztában a nyers klímamodell-eredmények szisztematikus hibáival, és a szabadon hozzáférhető eredmények korlátozott felhasználhatóságával. Sok esetben a klímaváltozás hatásaival foglalkozó kutatók számára nehezen, vagy egyáltalán nem elérhetők olyan klímamodell-eredmények, melyek megfelelő hibakorrekciós eljáráson estek át. A válaszadók 42%-a állította, hogy nem képes kezelni az éghajlati modellezés során oly gyakran alkalmazott GRIB, NetCDF vagy HDF fájlformátumokat. A kérdőívre adott válaszok tekintetében az volt a célunk, hogy egy olyan alaposan dokumentált, felhasználóbarát adatbázist építsük, amely szabadon hozzáférhető kutatási célokra, és könnyen kezelhető akár Microsoft Excel segítségével is.

A FORESEE egy közel 1 270 000 km<sup>2</sup>-es célterülettel, valamint 1/6 × 1/6 fokos felbontással rendelkezik. Teljes egészében lefedi Bosznia és Hercegovinát, Horvát-

országot, Csehországot, Szlovákiát, Szlovéniát és Magyarországot, valamint a térség további országainak egy-egy részét (1. ábra).



1. ábra: A FORESEE adatbázis célterülete és rácshálózata.

### Adatok a múltbeli időszakra

A múltra vonatkozó adatok alapját az ENSEMBLES projekt (Van der Linden & Mitchell, 2009) keretei között készült E-OBS adatbázis (Haylock et al., 2008) képezte. Az E-OBS egy méréseken alapuló, interpolált, 25 km × 25 km-es térbeli felbontású, napi léptékű rácsponti adatbázis Európára. Napi csapadékösszeg, minimum-, maximum- és átlaghőmérséklet, továbbá átlagos tengerszinti légnyomás adatokat tartalmaz, amelyek közül munkánk során az első hármat használtuk fel. Az E-OBS előnye nem csak a napi lépték, hanem az adatbázis folyamatos fejlesztése. Évről évre új verziók kerülnek kibocsátásra, mely során az adatbázis hosszát időről időre megnövelik az aktuális évig, továbbá igyekeznek az idő közben felfedezett hibákat, pontatlanságokat javítani. Ezzel lehetőség nyílik a FORESEE adatbázis állandó frissítésére, mely során a múltbeli időszak vége évente aktualizálható.

Az E-OBS-on kívül a CRU TS 1.2 adatbázist használtuk fel (Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK; Mitchell et al., 2004), amely az 1901–2000 időszakra tartalmaz havi léptékű idősorokat egy 1/6 × 1/6 fokos horizontális felbontású rácson Európára vonatkozóan. Habár az E-OBS egész Európa területét lefedi, azonban a felhasznált mérési adatok sűrűsége területenként jelentősen eltér (Klok & Klein Tank, 2008). Előzetes tanulmányok rámutattak, hogy a CRU TS 1.2 adatbázis más rácsponti adatbázisokkal összehasonlítva igen pontos (Szabó, 2008), azonban az időléptéke havi szintű, így egy napi léptékű adatbázishoz önmagában nem elég. Úgy döntöttünk, hogy a CRU TS 1.2-t felhasználjuk a napi léptékű E-OBS javítására. Annak érdekében, hogy alátámasszuk az E-OBS adatbázis CRU TS 1.2-vel történő korrigálását, további összehasonlításokat végeztünk a CarpatClim adatbázis segítségével (<http://www.carpatclim.eu.org/>; Szalai et al., 2013), amely egy napi léptékű meteorológiai adatbázis a Kárpátok területére. A CarpatClim alapját képező mérési idősorok nagy száma, valamint a korszerű interpolációs technikák alkalmazása miatt indokolt egyfajta összehasonlítási alappal tekinteni más adatbázisok pontosságának megállapításához. Az összehasonlítás

eredménye alapján elmondható, hogy a CRU TS 1.2 jobban illeszkedik a CarpatClim adatbázishoz, mint az E-OBS adatbázis legújabb verziója, így indokolt havi szinten illeszteni a napi léptékű adatokat a CRU TS 1.2 idősorokhoz (Dobor et al., 2015).

A FORESEE adatbázis megalkotása során a CRU  $1/6 \times 1/6$  fokos horizontális felbontású rácsát tekintettük célrácsnak, és erre interpoláltuk az E-OBS adatokat, az inverz távolságokon alapuló interpolációs módszerrel. Majd az E-OBS napi léptékű idősorait havi szinten illesztettük a CRU TS 1.2 adatbázishoz, úgy, hogy az E-OBS adatbázisból számított havi hőmérsékleti átlagokat és csapadékösszegeket összehasonlítottuk a CRU TS 1.2 adatbázis adott év adott hónapjára vonatkozó értékekkel. A hőmérséklet esetén az így kapott átlagos különbséget eltoltuk a napi értékek mindegyikét, amíg a csapadékadatok esetén a kéthavi összeg érték hányadosát szorozóként alkalmaztuk. Mivel a CRU TS 1.2 adatbázis nem áll rendelkezésre a 2001–2014 időszakra, így erre a 14 évre az 1951–2000 évek átlagolt korrekciós faktorait alkalmaztuk.

### Adatok a jövőbeli időszakra

A FORESEE adatbázis jövőbeli adatainak előállításához az ENSEMBLES projekt (Van der Linden & Mitchell, 2009) keretében végzett regionális klímamodell (RCM) szimulációk eredményeit használtuk fel. Az adatbázis készítésekor az ENSEMBLES projekt honlapján 31 modelleredmény volt elérhető (<http://ensemblesrt3.dmi.dk/>). A FORESEE adatbázishoz a modellek kiválasztása az alábbi logikát követte. Olyan modelleket választottunk, amelyeket a 1951–2100 időszakra futtattak, valamint az A1B üvegházgáz kibocsátási scenárión alapultak. (Az A1B scenárió a felhasznált energiaforrások közötti egyensúlyt feltételezi, valamint a különböző technológiák együttes fejlődését; Nakicenovic et al., 2000). A projekt keretében rendelkezésre bocsátott 31 modelleredmény egy kivételével ezen a scenárión alapult. A 30 modellfutás közül 23 futott nagy, 25 km  $\times$  25 km-es felbontással, de csupán 14 modelleredmény vonatkozott a teljes 1951–2100-as időszakra, így a továbbiakban a modellek ezen alcsoportjával foglalkoztunk. Két modelleredményt nem vettünk figyelembe, melyeket ugyanazon globális klímamodellel hajtottak meg, alacsony és magas érzékenységű regionális klímamodell-beállításokkal (HadRM3Q0-HadCM3Q0 modellpára vonatkozóan). A megmaradt 12 modelltől egy hosszú távon nem volt elérhető a honlapon (ALADIN-ARPEGE korábbi verziója), valamint egy másik túl sok hiányzó adatot tartalmazott az idősor végén (RCA3-HadCM3Q16). A megmaradt 10 modell alkotta a FORESEE adatbázis készítésének az alapját (1. táblázat).

1. táblázat: A FORESEE adatbázisban felhasznált regionális klímamodellek listája.

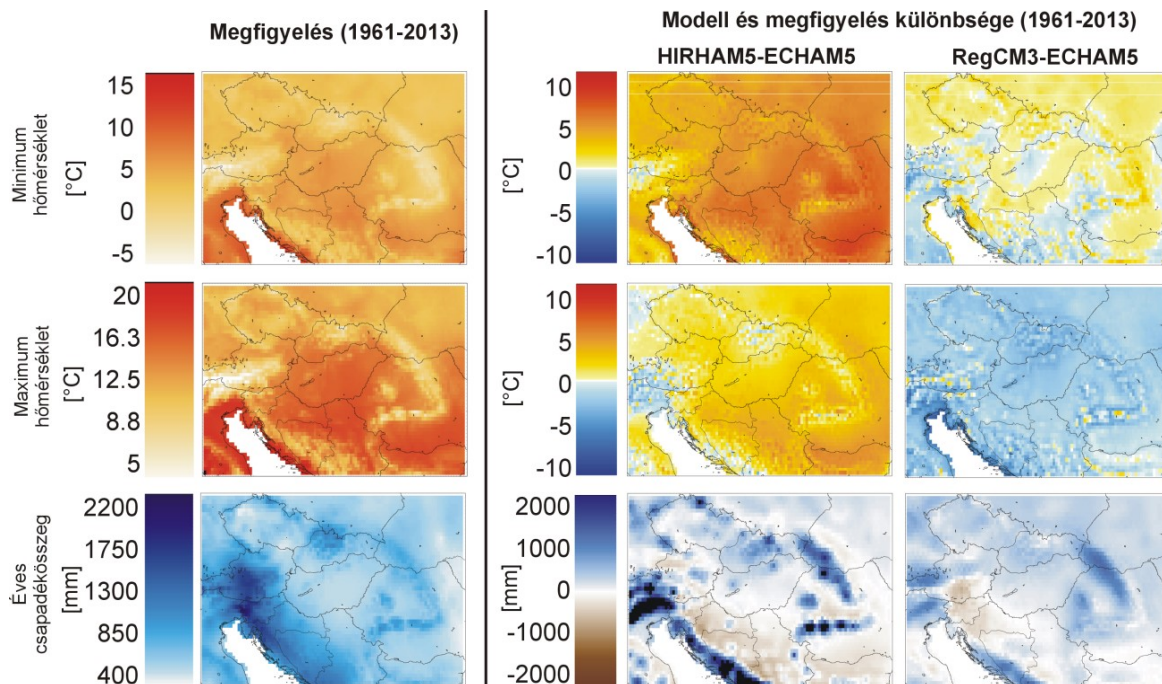
ID	Modell neve (RCM-GCM)	Fejlesztő intézmény
1	ALADIN-ARPEGE	National Centre for Meteorological Research (CNRM)
2	CLM-HadCM3Q0	Swiss Federal Institute of Technology Zürich (ETHZ)
3	HadRM3Q0-HadCM3Q0	Hadley Centre for Climate Prediction and Research (HC)
4	HIRHAM5-ARPEGE	Danish Meteorological Institute (DMI)
5	HIRHAM5-ECHAM5	Danish Meteorological Institute (DMI)
6	RACMO2-ECHAM5	Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)
7	RCA-ECHAM5	Sweden's Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
8	RCA-HadCM3Q0	Sweden's Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
9	RegCM3-ECHAM5	The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP)
10	REMO-ECHAM5	Max-Planck-Institute for Meteorology (MPI)

Habár a kiválasztott 10 RCM ugyanazon projekt keretében készült, mégis jelentős strukturális különbségek vannak a közzétett adatsorokban, amelyeket első lépésben igyekeztünk kiküszöbölni. Néhány modell 360 napos dátumozást, néhány pedig standard dátumozást használt, szökőévekkel. Egységesítés és további modellezés céljára történő előkészítés végett minden idősort 365 napos évekre alakítottuk át (szökőévek nélkül). Néhány esetben az idősor végéről hiányzott az utolsó év egésze, ez esetben megismételtük a 2099-es évet, mint 2100.

Az időbeli egységesítés után következett a térbeli leszűkítés. Minden RCM eredményt interpoláltunk az  $1/6 \times 1/6$  fokos szabályos célrácsra, az említett inverz távolságok módszerével (1. ábra).

## Hibakorrekció

A nyers klímamodell-eredmények minden esetben számos hibával terheltek, melyek közül a szisztematikus hibával foglalkoztunk részletesen a FORESEE adatbázis építése során. A modellek szisztematikus hibája mindaddig nem okoz jelentős problémát, amíg az egyes meteorológiai változók várható változására vagyunk kíváncsiak (delta módszer), azaz például hogy mekkora mértékű melegedésre vagy szárazodásra számíthatunk a jövőben. Azonban amikor a jövőbeli projekciókat, mint valós meteorológiai idősort kívánjuk például további modellek bemenő adataként alkalmazni (hidrológiai, növénynövekedés, ökoszisztémafajok elterjedését vizsgáló modellek), a szisztematikus hibák jelentősége értelemszerűen hatványozódik és ellehetetleníti a további munkát.



2. ábra: Az 1961–2013 időszakra vonatkozó átlagos minimum- és maximumhőmérséklet, valamint évi csapadékösszeg a megfigyelések alapján (bal oldali oszlop), továbbá két nyers klímamodell-eredmény megfigyelésektől vett eltérése (középső és jobb oldali oszlop).

Tehát a nyers klímamodell- adatok a szisztematikus hibák miatt nem használhatók fel közvetlenül (Christensen et al., 2008) további hatásvizsgálatok során hibakorrekciós eljárások alkalmazása nélkül (Dosio & Paruolo, 2011). A szisztematikus hibák feltárása végett a klímamodellek múltira vonatkozó futási eredményeit összehasonlíthatjuk ugyanarra az időszakra vonatkozó mérésekkel. A minimum- és maximumhőmérséklet, vala-

mint csapadékösszeg 1961–1990 időszakra vonatkozó átlagait láthatjuk a 2. ábra bal oldali oszlopában a megfigyelések alapján. A középső és jobb oldali ábrán ugyanerre az időszakra láthatjuk két kiválasztott klímamodell mérésektől vett eltérését. A további nyolc modell hibái a Dobor et al. (2015) tanulmány függelékében tekinthetők meg.

Feltételezve, hogy a szisztematikus hibák időben stabilak (Maraun, 2012), a modellezett és mért adatok összehasonlítása során (1951–2013) korrekciós faktorokat határozhatunk meg, melyeket alkalmazhatunk a jövőbeli futtatások eredményeire (2014–2100), így eltávolítva a szisztematikus hibákat a teljes idősorból. A hibakorrekció referenciájára az 1951–2013 időszakot jelöltük ki.

A hibakorrekciót az eloszlásfüggvények illesztésén alapuló módszerrel (ami kvantilis illesztés, vagy hisztogram kiegyenlítés néven szintén ismert a szakirodalomban) végeztük el havi szinten (Ines & Hansen, 2006; Déqué, 2007; Piani et al., 2009; Dosio & Paruolo, 2011; White & Toumi, 2013) minden rácspontra a kijelölt célterületen. Tehát minden adat korrekciója függött a térbeli elhelyezkedéstől, valamint attól, hogy az év melyik hónapjában járunk (így például kezelhető egy korlátozott területre vonatkozó téli alulbecslés). A csapadék és hőmérséklet adatsorok különböző statisztikai tulajdonságai miatt különböző hibakorrekciós módszerek szükségesek (Hansen et al., 2006). A hőmérséklet esetén a korrekciós faktorok egy eltolást valósítanak meg, míg a csapadék esetén meghatározott korrekciós faktorokat szorzóként használjuk.

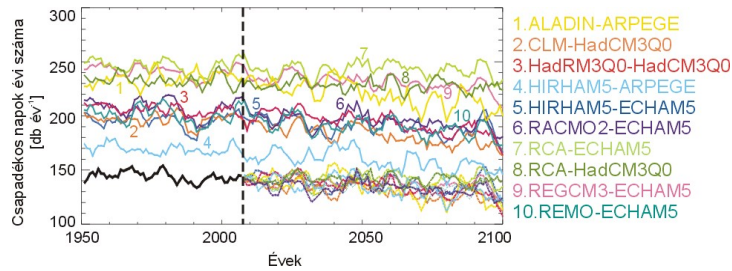
A csapadék adatok hibáinak vizsgálata összetettebb, mint a különböző hőmérséklet adatoké, ugyanis nem csak az éves csapadékösszeg lehet hibával terhelt, hanem a csapadékos napok időbeli eloszlása is. Korábbi kutatások kimutatták, hogy a klímamodellek sok esetben felülbecslik a csapadékos napok számát (Mearns et al., 1990; Gutowski et al., 2003; Dosio & Paruolo, 2011; Themeßl et al., 2012).

A csapadék esetén korrigáltuk mind a csapadék mennyiségét, mind a csapadékos napok számát. Az alkalmazott korrekciós eljárást egy korábbi tanulmányunkban részletesen bemutattuk (Dobor et al., 2015) a csapadékadatokon keresztül.

### **Hibakorrekció eredménye**

A hibakorrekció során mind a múltbeli, mind a jövőbeli klímamodell-eredményeket korrigáltuk eloszlásfüggvény-illesztésen alapuló módszerrel. A nyers klímamodell-eredményeket terhelő hiba (2. ábra) a korrekció után szinte nullára csökkent. A csapadék esetén minden modellre 2 mm alá, míg a minimum- és maximumhőmérséklet esetén rendre 0,05 és 0,1 °C alá csökkent 30 év átlagában a különbség a modelleredmények és a megfigyelések között. Az átlagok különbségén túl vizsgáltuk a csapadéokra vonatkozó modelleredmények szórását, melyet a Dobor et al. (2015) által közölt tanulmány mellékletében ismertettünk. A modelleredmények és a megfigyelések szórásának hányadosa a korrekció után 1-hez közeli, így a megfigyelések és a korrigált klímamodellek szórása közel egyforma lett.

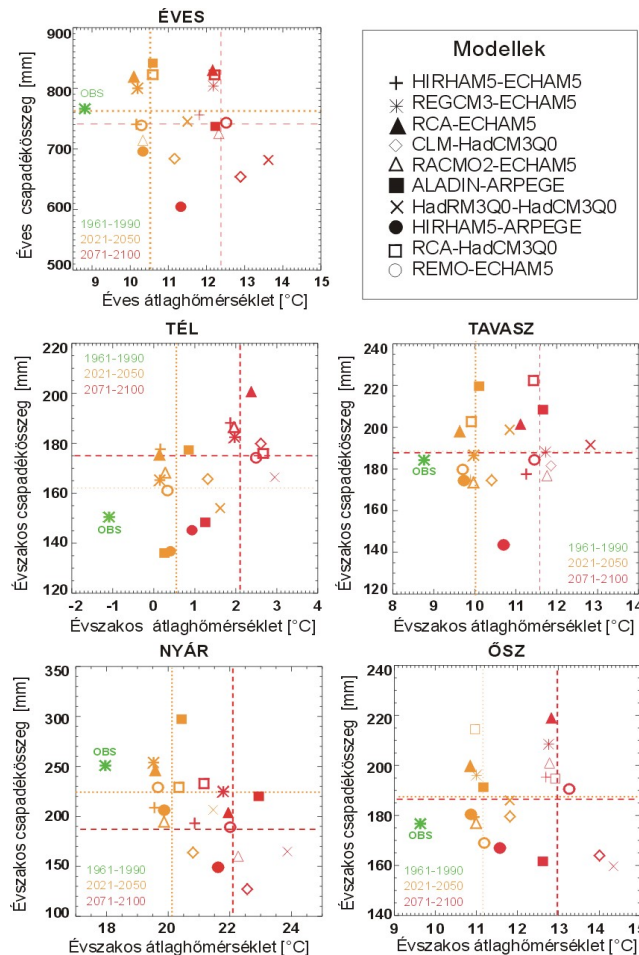
Az alkalmazott csapadékgyakoriság-korrekció hatását szemlélteti a 3. ábra, ahol az évi csapadékos napok (napi csapadékösszeg  $\geq 0,1$  mm) számát ábrázoltuk a teljes célterület átlagát tekintve az 1951–2100 időszakra, a megfigyelések, a nyers klímamodell-eredmények, valamint a hibakorrigált modelleredmények alapján. Látható, hogy a nyers klímamodell-eredmények különböző mértékben, de kb. 2-3-szor több csapadékos napot adnak a múltbeli időszakra, mint a megfigyelések, ami a hibakorrekció alapját képező feltevés alapján a jövőben is jelentős felülbecslést jelent. A hibakorrigált modelleredményekben ez a különbség megszűnik.



3. ábra: Térben átlagolt évi csapadékos napok száma a közép-európai célterületre, az 1951-2100 időszakra, 5 éves mozgóátlaggal simítva. A fekete vonal a megfigyeléseket, míg a folytonos színes vonalak a számokkal is jelzett nyers klímamodellek eredményeit mutatják. A jövőre vonatkozó, múltbeli megfigyelésekhez csatlakozó színes szaggatott vonalak a különböző hibakorrigált klímamodell-eredmények alapján becsült csapadékos napok számát reprezentálják.

### Hazai várható változások

Röviden tekintsük át a FORESEE által, hazánk területére projektált jövőbeli éghajlatot! Az adatbázisban lévő modelleredmények alapján várható változásokat hőmérséklet-csapadék diagramokon (ún. thermo-pluviogramokon) jelenítettük meg (4. ábra).



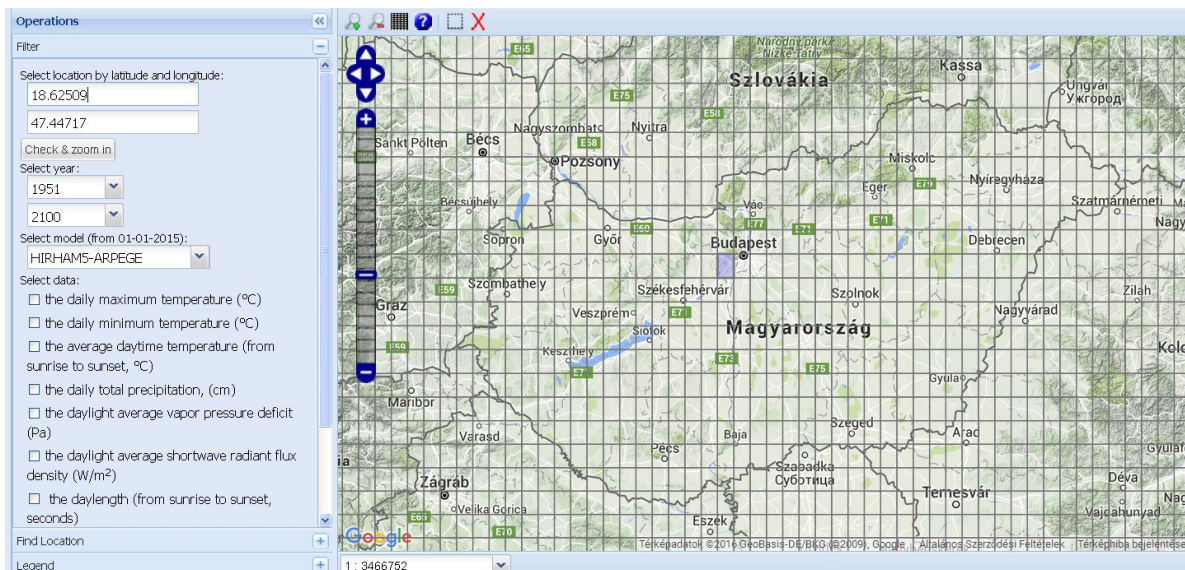
4. ábra: Csapadék-hőmérséklet diagramok (thermo-pluviogramok) éves és évszakos bontásban hazánk területére. Zöld csillag jelöli az 1961–1990 időszakra vonatkozó megfigyelések területi átlagát. Narancssárga és piros jelek mutatják rendre a 2021–2050 és 2071–2100 időszakra várható csapadék- és hőmérsékletviszonyokat. A különböző formájú jelek különböző klímamodell-szimulációk eredményét reprezentálják a jobb felső sarokban látható jelmagyarázatnak megfelelően. A szaggatott célkeresztek a két jövőbeli időszak multi-modell átlagát jelölik.

A 4. ábrán éves és évszagos bontásban is megjelenítettük az országos átlaghőmérsékletet és csapadékösszeget egy múltbeli referencia-időszakra (1961–1990, zöld színnel) és két jövőbeli időszakra vonatkozóan (2021–2050 narancssárga színnel, 2071–2100 piros színnel). Megállapítható, hogy minden modell várható melegedést jelez, viszonylag kis modellek és évszakok közötti különbségekkel. A FORESEE alapján hazánk területére, a 2021–2050 időszakra  $1,7 \pm 0,46$  °C, míg a távoli jövőre  $3,5 \pm 0,62$  °C melegedésre számíthatunk a referencia-időszakhoz viszonyítva.

A hőmérséklettel ellentétben a várható csapadékváltozás klímamodelltől és évszaktól függően igen eltérő képet mutat. Éves átlagban 2021–2050-re  $2,9 \pm 56,4$  mm év<sup>-1</sup>, míg 2071–2100-ra  $27,5 \pm 72,6$  mm év<sup>-1</sup> csapadékcsökkenés várható az 1961–1990 időszakhoz képest. A változások azonban évszakonként eltérőek lehetnek. A téli és tavaszi hónapok várhatóan csapadékosabbá válnak, 2021–2050-re  $11,2 \pm 15$  és  $3,6 \pm 15,8$  mm évszak<sup>-1</sup>, 2071–2100-ra  $25,1 \pm 17,9$  mm évszak<sup>-1</sup> és  $3,0 \pm 21,1$  mm évszak<sup>-1</sup> csapadéknövekedést becsülnek a modellek. Nyáron  $27,9 \pm 36,3$  mm évszak<sup>-1</sup> csapadékcsökkenésre lehet számítani a közeljövőben, mely csökkenés  $64,6 \pm 35$  mm évszak<sup>-1</sup> mértékűre nő a század végére. Az őszi csapadékváltozások nem mutatnak egyértelmű irányt, nagy a modellek közötti változékonyság.

### Hozzáférés az adatbázishoz

Mivel kiemelt célunk volt, hogy támogassuk és könnyítsük az éghajlatváltozással foglalkozó kutatók munkáját, létrehoztunk egy weboldalt az adatbázis számára, ahol a legfrissebb információk, publikációk, valamint az adatok is elérhetők (<http://nimbus.elte.hu/FORESEE>). Az adatokhoz történő hozzáférés két úton lehetséges. Egyrészt lehetőség van NetCDF kiterjesztésű fájlok letöltésére, melyek az egész célterületet és időszakot lefedik. A másik lehetőség egy térképes lekérő felület használata ([http://nimbus.elte.hu/FORESEE/map\\_query](http://nimbus.elte.hu/FORESEE/map_query)), mellyel egy-egy rácsponti idősor letöltése vált egyszerűvé és felhasználóbaráttá. Ez esetben a honlapon egy oldalmenüben kereshetünk akár település szinten, vagy koordináták alapján, avagy egyszerűen a térképen egérekattintással rácspontot (5. ábra).



5. ábra: A FORESEE adatbázis rácsponti lekérő oldala.

Majd a kívánt időszak, a meteorológiai változó(k), és a klímamodell kiválasztása után egy egyszerű text (csv formátumú) fájlt tölthetünk le, ami a későbbiekben Microsoft

Excelben is könnyen kezelhető, és nem igényel programozási tudást. Több rácspont adatainak együttes letöltésére is lehetőség nyílik (maximum 100).

A térképes lekérő felületen a FORESEE adatbázis alapját képező három meteorológiai változót kibővítettük további négygel az MT-CLIM (Mountain Microclimate Simulation Model, Hungerford et al., 1989) modell segítségével, mely az adott pont földrajzi elhelyezkedése, tengerszint feletti magassága és a napi hőmérséklet adatok alapján becsli a nappali hőmérsékletet, a vízgőz telítési hiányt, a beérkező rövidhullámú sugárzást, és az adott nap hosszát. A fentiek mellett az adatbázist elérhetővé tettük a Zenodo tudományos megosztó honlapon is, ahol önálló ún. doi azonosítót kapott (doi: 10.5281/zenodo.9614). Több hazai és külföldi kutatás alapját képezte és képezi jelenleg is a FORESEE adatbázis, melyek során az éghajlatváltozás különböző hatásait vizsgálták, illetve vizsgáltuk (Galvánék et al., 2013; Farkas et al., 2014; Hlásny et al., 2014, 2016; Dobor et al., 2016; Horemans et al., 2016).

## Összefoglalás és kitekintés

A klímamodellek adataira támaszkodó környezeti, társadalmi és gazdasági hatásvizsgálatok rendkívül fontosak a döntéshozók és gazdálkodók számára. A tapasztalat azt mutatja, hogy a környezeti hatásvizsgálatokkal foglalkozó szakemberek nehezen jutnak hozzá olyan klímamodellekből származó eredményekhez, melyek korszerű hibakorrekciós eljárásokon estek át. A FORESEE adatbázis előállításával ezért egyik alapvető célunk az volt, hogy megkönnyítsük a hatásvizsgálatok készítői számára a korszerű meteorológiai adatok elérését. Az adatbázis az idő múlásával újabb és újabb frissítéseken esik át, ahogy a múltbeli időszak hosszabbodik és az E-OBS újabb verziói válnak elérhetővé. Az adatbázis honlapján minden új frissítést és változást jelzünk, ahol visszamenőleg is nyomon követhetőek a módosítások. A FORESEE jelenlegi verziószáma a 2.1, melyben a múltbeli és jövőbeli időszak határa 2014. Terveink szerint a jövőben egy-két évente átvezetésre kerül az eltelt időre vonatkozó mérési adatsor.

## Köszönetnyilvánítás

A munka során felhasznált E-OBS adatbázist és a klímamodell-eredményeket az ENSEMBLES projekt keretében hozták létre, amelyet az EU FP6 program támogatott. Köszönettel tartozunk a Kelet-Angliai Egyetem Éghajlati Kutatóegységének (Climatic Research Unit, CRU) a havi léptékű rácsponti adatbázisának létrehozásáért (CRU TS 1.2). A FORESEE adatbázis létrehozását az OTKA K104816 számú pályázata, valamint a BioVeL (Biodiversity Virtual e-Laboratory Project, FP7-INFRASTRUCTURES-2011-2, 283359) projekt támogatta. Köszönettel tartozunk továbbá a ViaMap Kft.-nek a térképes lekérő felület létrehozásáért.

## Hivatkozások

- Christensen, J.H., Boberg, F., Christensen, O.B., Lucas-Picher, P., 2008: On the need for bias correction of regional climate change projections of temperature and precipitation. *Geophys Res Lett.*, 35. doi:10.1029/2008GL035694
- Déqué, M., 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. *Glob Planet Change*, 57: 16–26. doi:10.1016/j.gloplacha.2006.11.030
- Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Árendás, T., Spitkó, T., Fodor, N., 2016: Crop planting date matters: Estimation methods and effect on future yields. *Agric For Meteorol.*, 223: 103–115. doi:10.1016/j.agrformet.2016.03.023



- Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Havasi, Á., Horváth, F., Ittész, P., Bartholy, J., 2015: Bridging the gap between climate models and impact studies: the FORESEE Database. *Geosci. Data J.* 2:1–11. doi:10.1002/gdj3.22
- Dosio, A., Paruolo, P., 2011. Bias correction of the ENSEMBLES high-resolution climate change projections for use by impact models: evaluation on the present climate. *J Geophys Res.*, 116: D16106. doi:10.1029/2011JD015934
- Farkas, C., Gelybó, G., Bakacsi, Z., Horel, Á., Hagyó, A., Dobor, L., Kása, I., Tóth, E., 2014: Impact of expected climate change on soil water regime under different vegetation conditions. *Biologia (Bratisl)*, 69:1510–1519. doi:10.2478/s11756-014-0463-8
- Galvánek, D., Barcza, Z., Janišová, M., Dobor, L., Hlásny, T., Hidy, D., Šibík, J., 2013: Report on grasslands and wetlands vulnerability to climate change-induced threats; including expected changes in species composition, effect on grasslands productivity. Report elaborated within the frame of CarpathCC Climate Change Framework Project. 186p.
- Gutowski, W.J., Decker, S.G., Donavon, R.A., Pan, Z., Arritt, R.W., Takle, E.S., 2003: Temporal-spatial scales of observed and simulated precipitation in central U.S. climate. *J Clim.*, 16: 3841–3847. doi:10.1175/1520-0442(2003)016<3841:TSOAS>2.0.CO;2
- Hansen, J.W., Challinor, A., Ines, A., Wheeler, T., Moron, V., 2006: Translating climate forecasts into agricultural terms: advances and challenges. *Clim Res.*, 33: 27–41. doi:10.3354/cr033027
- 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. *J Geophys Res.*, 113: D20119. doi:10.1029/2008JD010201
- Hlásny, T., Mátyás, C., Seidl, R., Kulla, L., Merganičová, K., Trombik, J., Dobor, L., Barcza, Z., Konôpka, B., 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *For J.*, 60: 5–18. doi:10.2478/forj-2014-0001
- Hlásny, T., Trombik, J., Dobor, L., Barcza, Z., Barka, I., 2016: Future climate of the Carpathians: climate change hot-spots and implications for ecosystems. *Reg Environ Chang.*, 16: 1495–1506. doi:10.1007/s10113-015-0890-2
- Horemans, J.A., Bosela, M., Dobor, L., Barna, M., Bahyl, J., Deckmyn, G., Fabrika, M., Sedmak, R., Ceulemans, R., 2016: Variance decomposition of stem biomass increment predictions for European beech: contribution of selected sources of uncertainty. *For Ecol Manage.*, 361: 46–55. doi:10.1016/j.foreco.2015.10.048
- Hungerford, R.D., Nemani, R.R., Running, S.W., Coughlan, J.C., 1989: MTCLIM : A Mountain Microclimate Simulation Model. Odgen, UT.
- Ines, A.V.M., Hansen, J.W., 2006: Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. *Agric For Meteorol.*, 138: 44–53. doi:10.1016/j.agrformet.2006.03.009
- Klok, E.J., Klein Tank, A.M.G., 2008: Updated and extended European dataset of daily climate observations. *Int J Climatol.*, 29: 1182–1191. doi:10.1002/joc.1779
- Maraun, D., 2012: Nonstationarities of regional climate model biases in European seasonal mean temperature and precipitation sums. *Geophys Res Lett.*, 39: L06706. doi:10.1029/2012GL051210
- Mearns, L.O., Schneider, S.H., Thompson, S.L., McDaniel, L.R., 1990: Analysis of climate variability in general circulation models: comparison with observations and changes in variability in 2xCO<sub>2</sub> experiments. *J Geophys Res.*, 95: 20469–20490.
- Mitchell, T.D., Carter, T.R., Jones, P.D., Hulme, M., New, M., 2004: A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). Tyndall Centre Working Paper No. 55. 30p.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., Vries, B. de, Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T.Y., Kram, T., Rovere, E.L. La, Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H.-H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., Rooijen, S. van, Victor, N., Dadi, Z., 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Piani, C., Haerter, J.O., Coppola, E., 2009: Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theor Appl Climatol.*, 99: 187–192. doi:10.1007/s00704-009-0134-9
- Szabó, P., 2008: Comparison of precipitation and temperature fields in different data sets used for

- evaluating Regional Climate Models at the Hungarian Meteorological Service. Budapest.
- Szalai, S., Auer, I., Hiebl, J., Milkovich, J., Radim, T., Stepanek, P., Zahradnicek, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T., Limanowka, D., Kilar, P., Cheval, S., Deak, G., Mihic, D., Antolovic, I., Mihajlovic, V., Nejedlik, P., Stastny, P., Mikulova, K., Nabyvanets, I., Skyryk, O., Krakovskaya, S., Vogt, J., Antofie, T., Spinoni, J., 2013: Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report.
- Themeßl, M.J., Gobiet, A., Heinrich, G., 2012: Empirical-statistical downscaling and error correction of regional climate models and its impact on the climate change signal. *Clim Change*, 112: 449–468. doi:10.1007/s10584-011-0224-4
- Van der Linden, P., Mitchell, J.F.B., 2009: ENSEMBLES: Climate Change and Its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. UK Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 160p.
- White, R.H., Toumi, R., 2013: The limitations of bias correcting regional climate model inputs. *Geophys Res Lett.*, 40: 2907–2912. doi:10.1002/grl.50612