

REGIONÁLIS KLÍMAMODELLEK ADAPTÁCIÓJA, PARAMETRIZÁCIÓS KÍSÉRLETEI A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉRE

ADAPTATION AND SIMULATIONS OF REGIONAL CLIMATE MODELS FOR THE CARPATHIAN BASIN

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Práger Tamás, Pieczka Ildikó, Torma Csaba, Kelemen Fanni

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
 bartholy@elte.hu, prita@elte.hu, prager@nimbus.elte.hu, pieczka@nimbus.elte.hu, csabi_t@hotmail.com,
 fannikelemen@hotmail.com

Összefoglalás: Az elmúlt évtized során a PRECIS (25 km felbontású) és a RegCM (10 km felbontású) regionális klíma-modell adaptációját és szimulációit végeztük el. Az eredmények alapján lehetőség van térségünk XXI. századra várható klímaváltozásának részletes elemzésére, mely alapvető kiindulási információként segíti a hatásvizsgálatok kutatóit.

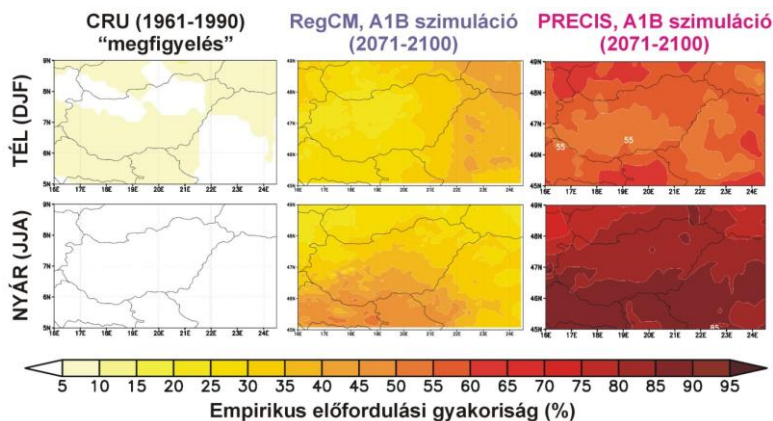
Abstract: During the past decade, regional climate models PRECIS and RegCM were adapted and several simulation experiments were accomplished using 25 km and 10 km horizontal resolution, respectively. Our results are used for analyzing the 21st century climate change projected for the Carpathian Basin, and provide essential input information for impact studies.

A meteorológiai mérések egyértelműen bizonyítják, hogy a földi klíma melegebbé vált az elmúlt másfél évszázadban. Ennek hátterében valószínűsíthető, hogy az üvegházhatású gázok antropogén eredetű kibocsátásának növekedése áll. A 2007-es IPCC-jelentésben közölt modell-szimulációk szerint több fokos globális melegedésre számíthatunk az évszázad végére. A jelenlegi globális modellekkel lehetetlen regionális térszálán is megfelelő pontosságú becsléseket készíteni. Egyrészt azért, mert e modellek területi felbontása általában durva, gyakran 150–250 km, ami azt jelenti, hogy egész Magyarországra mindössze néhány rácspont esik. Másrészt e közelítés nem tartalmazza a felszín s a domborzat külön részletes adatait. A dinamikus közelítés keretein belül elsőként *Giorgi* (1990) és munkatársai fejlesztették ki az ún. beágyazott modellel való szimulációt. Ennek lényege, hogy a globális modellek eredményeit bemenő paraméterként felhasználva korlátos tartományú regionális modelleket futtatunk, melyek felbontása akár 10–25 km is lehet, s ez lehetővé teszi kisebb régiók pontosabb éghajlati leírását is.

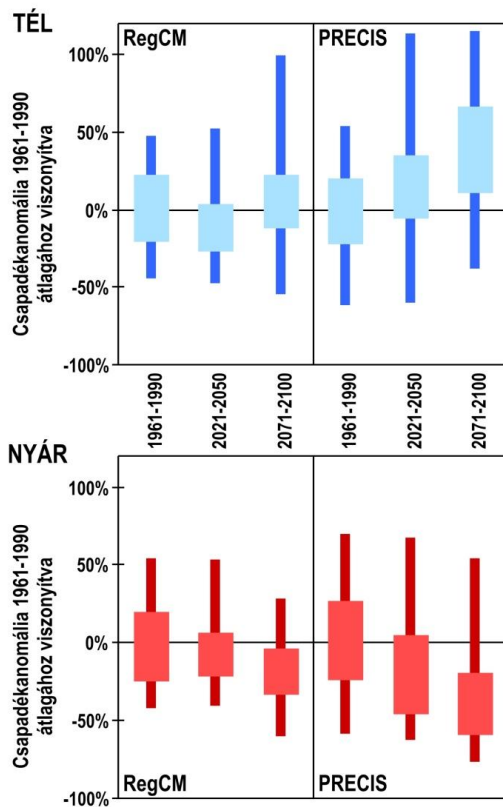
Az elmúlt évtized során két regionális klíma-modellt adaptáltunk az ELTE Meteorológiai Tanszéken (*Pongrácz et al.*, 2011), melyekkel számos modellszimulációt végeztünk. (Ezzel párhuzamosan az Országos Meteorológiai Szolgálatnál is folytak hasonló kísérletek, melyek közös értékelése folyamatban van.) Az eredmények felhasználásával lehetőség nyílik, hogy becslést adjunk a XXI. századra várható éghajlatváltozás tendenciáira és számszerűsítsük azok bizonytalanságát a Kárpát-medence térségében.

Az egyik adaptált modellt a RegCM hidrosztatikus modellt, mely jelenleg a trieszti Elméleti Fizikai Kutatóintézetben (ICTP) keresztül hozzáférhető. A tanszéki kutatásokra a CECILIA (Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment) Európai Unió projekt keretében került sor, melynek során 18 vertikális szint alkalmazásával 10 km-es horizontális felbontású futtatásokat végeztünk a Kárpát-medence térségére (*Torma et al.*, 2008, 2011). A RegCM modellt felhasználásával az A1B szcenáriót vizsgáltuk az 1961–1990, 2021–2050 és 2071–2100 közötti időszakok alapján, melyekhez a hamburgi ECHAM5 globális modellt szolgáltatta a kezdeti- és a peremfeltételeket.

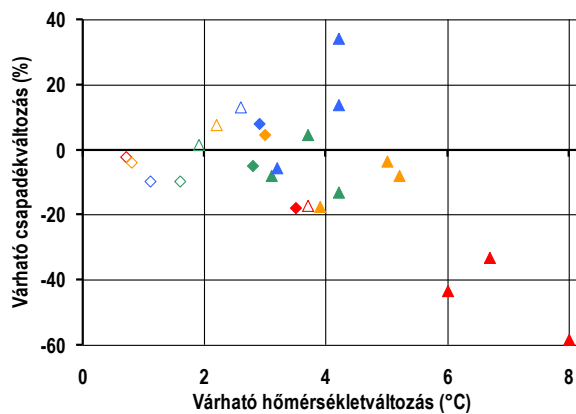
A másik tanszéki modellt a PRECIS regionális klíma-modell (*Wilson et al.*, 2007), melyet a Brit Meteorológiai Szolgálat Hadley Központjában fejlesztettek ki a HadCM3 globális klíma-modellbe beágyazva. Az általunk alkalmazott horizontális rácspont 25 km, s vertikáli-



1. ábra: A 4 °C-nál nagyobb havi hőmérsékleti anomáliák előfordulási gyakorisága télen és nyáron.



2. ábra: A téli és a nyári csapadék várható változása a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakra (az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva). A vastag vonalak végpontjai az adott 30 éves időszakban valószínűsíthető szélsőségeket jelzik, a dobozok fedlapjai pedig az alsó és felső kvartiliseket mutatják.



3. ábra: A XXI. századra Magyarországra várható éghajlatváltozás (referencia időszak: 1961–1990). A RegCM-szimulációk eredményeit rombuszok, a PRECIS-szimulációk eredményeit háromszögek mutatják. Üres szimbólumokkal jelöltük a 2021–2050-re, s beszínezett szimbólumokkal a 2071–2100-ra várható változásokat. A tavaszra, nyárra, őszre és télre valószínűsíthető regionális klímaváltozást rendre zöld, piros, sárga és kék szín jelzi.

san 19 szinttel számoltunk (Bartholy et al., 2006). A 2071–2100 időszakra két futtatást végeztünk el (Bartholy et al., 2009a, Pieczka et al., 2009): az A2, illetve a B2 forgatókönyv figyelembevételével. Ezekon kívül elkészült az A1B scenárió vizsgálata egy 1951–2100 időszakra vonatkozó tranziens szimuláció alapján. A vizsgált scenáriók közül az A2 scenárióhoz társul a legmagasabb

becsült századvégi CO_2 -koncentráció (856 ppm), ezt követi az A1B (717 ppm), s végül a legalacsonyabb koncentráció szint (621 ppm) a B2 esetén várható.

A RegCM, illetve a PRECIS eredményei alapján készített elemzéseink számos korábbi publikációnkban (pl.: Bartholy et al., 2009b) részletesen megtalálhatók, itt csupán néhány példát mutatunk be, amelyek a téli, illetve a nyári hónapokra várható változásokat emelik ki. A vizsgálat során minden rácspontra meghatároztuk, hogy a szimulált hőmérsékleti idősorok alapján a referencia-időszak (1961–1990) havi átlagaitól vett eltérés milyen gyakorisággal fog meghaladni bizonyos küszöbértékeket a jövőben. A kapott eredményeket évszakos bontásban, térképes formában ábrázoltuk. A szimulált mezőkből meghatározott információt kiegészítettük a referencia időszak havi anomáliáit figyelembe vevő évszakos térbeli eloszlást illusztráló térképekkel. Itt most területi okokból csak egy kiválasztott küszöbérték elemzését mutatjuk be a téli és a nyári hónapokra. Az 1. ábra tartalmazza a $+4\text{ }^\circ\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleti anomáliák előfordulási valószínűségének évszakos területi eloszlását a közelmúlt (1961–1990) klimatikus viszonyai mellett, valamint a 2071–2100 jövőbeli időszakra az A1B scenárió figyelembevételével.

A XX. század végén a téli hónapokban a $+4\text{ }^\circ\text{C}$ -ot meghaladó pozitív anomáliák a teljes időszak 5–10%-ában fordultak csupán elő, nyáron pedig egyáltalán nem. A szimulációk alapján mind télen, mind nyáron egyértelmű a pozitív hőmérsékleti anomáliák XXI. század végére várható gyakoriságnövekedése mindkét modell esetén. Kisebb növekedés várható a RegCM-szimuláció szerint: télen 20–35%, nyáron 25–45% az 1961–1990 időszak átlagát $+4\text{ }^\circ\text{C}$ -kal meghaladó anomáliák valószínűsíthető gyakorisága. A PRECIS modell szerint a század végére jelentősebb lesz a múltbeli átlagos hőmérsékletnél legalább $+4\text{ }^\circ\text{C}$ -kal magasabb havi átlaghőmérsékletek előfordulási gyakorisága (télen 50–60%, nyáron 75–90%).

A 2. ábrán a XXI. század közepére és végére várható csapadékváltozást foglaljuk össze az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva. Kékkel a téli csapadék, pirossal a nyári csapadék becsült változását jelenítjük meg Box-Whisker diagramok formájában. Mindkét modellszimuláció esetén egyértelműen megjelenik a nyári szárazodó tendencia, mely nagyobb mértékű a PRECIS modell esetén. Ugyancsak a PRECIS-szimulációnál jelentkezik a téli csapadék várható növekedése.

A 3. ábrán együttesen mutatjuk be a hőmérséklet és a csapadék valószínűsíthető évszakos változásait, melyet a magyarországi rácsponatok átlagával reprezentálunk. Az ábra jobb alsó sarkában megjelenő nagymértékű melegedést és szárazodást jelző szimulációk a századvégi nyarakra vonatkoznak. Eredményeink alapján összességében véve enyhébb, csapadékosabb telekre

számíthatunk. A többi évszakra is melegedő trend várható, ám a csapadéokra vonatkozó becslések legnagyobb hányada statisztikailag nem szignifikáns.

Az itt bemutatott szimulációk eredményeit már széles körben alkalmazzák a felhasználók a hazai hatásvizsgálatokhoz. Ezzel párhuzamosan a tanszéken folyamatosan bekapcsolódunk a nemzetközi modellfejlesztésekbe, elvégezzük az újabb modellverziók hazai adaptációját és a régiókra vonatkozó modellszimulációkat.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat támogatta az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával az „Európai Léptékkkel a Tudásért, ELTE-TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003. A felsőoktatás minőségének javítása a kutatás-fejlesztés-innováció-oktatás fejlesztésén keresztül” pályázat, az OTKA K-78125 számú pályázata, a FuturCT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/KONV-2012-0013, a KMR_12-1-2012 és a GOP-1.1.1-11-2012-0164 kutatási pályázatok, valamint az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005).

Irodalom

Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs., Hunyady A., 2006: A PRECIS regionális klímamodell és adaptálása az ELTE Meteorológiai Tanszékén. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások. (Szerk.: Weid-

inger T.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 99–114.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A., 2009a: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using a dynamical climate model. *Lecture Notes in Computer Science* 5434, 176–183.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A., 2009b: Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian Basin. *International Journal of Global Warming* 1, 238–252.

Giorgi, F., 1990: Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate* 3, 941–963.

Pieczka, I., Bartholy, J., Pongrácz, R., Hunyady, A., 2009: Climate change scenarios for Hungary based on numerical simulations with a dynamical climate model. *Lecture Notes in Computer Science* 5910, 613–620.

Torma, Cs., Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F., 2008: Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. *Időjárás* 112, 233–247.

Torma, Cs., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2011: Validation of a high resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian Basin. *Journal of Hydrometeorology* 12, 84–100.

Wilson, S., Hassell, D., Hein, D., Jones, R., Taylor, R., 2007: *Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system, PRECIS. Version 1.5.1.* Exeter:UK Met Office Hadley Centre.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI NEWS OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY *folytatás a 188. oldalról*

Június 29. Bodó Barna: Local values and local communities in Temesvár (Timișoara) region; **Ioana Ionel:** Air quality in Timișoara – a continuous challenge; **Makra László:** Diurnal, weekly and annual cycles of air pollutant levels in Szeged (a Szegedi Csoport rendezvénye)

2012. július 3-án együttműködési megállapodást írt alá a Magyar Meteorológiai Társaság és a Magyarhoni Földtani Társulat. Az együttműködés hosszú távú célja a földtudományi szakterületeken önállóan működő tudományos egyesületek és civil szervezetek új szövetségének létrehozása, „Földtudományi Szövetség” néven.

Október 18. Ötvös Pál: A vízenergia hasznosításának helyzete és lehetőségei Magyarországon (a Nap- és Szélergia Szakosztály rendezvénye); **Németh Ákos:** Turisztikai klimatológia: Az időjárás és az éghajlat, mint a turizmus kulcstényezője? (a Nyíregyházi Területi Csoport rendezvénye)

November 6. Hérincs Dávid: Zivatarok megfigyelése Egyházaskörösi és környékén (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

November 12. Tuba Zoltán: Repülésmeteorológiai klíma adatok felhasználásának lehetséges aspektusai pilóta nélküli repülőeszközök (UAV-k) meteorológiai támogatásában (a Repülésmeteorológiai Szakosztály rendezvénye)

November 13. Tóth Zsombor: Az ismeretlen „szomszéd” (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

November 14. Németh Ákos: Az időjárás és az éghajlat jelentősége az idegenforgalomban (a Pécsi Területi Csoport rendezvénye)

November 20. Lakotár Katalin: A Muszától az Aranyszarv-öbölíg (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

befejezés a 143. oldalon