



A 2024-es rekordmeleg július átlagosnak ígérkezik a 21. század végére

Lakatos Mónika, Bordi Sára, Schuchné Bán Beatrix, Simon Csilla

HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt., lakatos.m@met.hu

DOI:10.56474/legkor.2024.4.3

A 2024-es rekordmeleg július segítségével szemléletessé tudjuk tenni, hogy mi vár ránk a jövőben. Az 1901-től elemzett júliusok sorában első helyre került 2024 júliusa. A mérési sor a HungaroMet éghajlati adatbázisán alapuló, homogenizált és interpolált júliusi országos átlagokból áll. A valószínűsíthető változások becsléséhez az éghajlatváltozás hazai hatásainak feltérképezését szolgáló, a HungaroMet-nél előállított regionális klímamodell-szimulációk együttesét használtuk. Ezek tükrében értékeltük 2024. júliusi középhőmérsékletét. A klímamodell-szimulációk szerint a jövőben is előfordulhatnak hűvösebb (akár 20 °C alatti középhőmérsékletű) júliusok, de a 2024-esnél jóval melegebbek is. A század második felét jellemző két harmincéves periódusban (2051–2080-ban és 2061–2090-ben) a júliusok negyede a 2024. évinél melegebbnek ígérkezik, a 2071–2100 időszakra pedig a júliusok harmadára igaz ez, így a század végén az ideihez hasonló értékek megszokottá válhatnak. A megfigyelt melegedés alapján a magasabb üvegházgáz-kibocsátást feltételező, nagyobb mértékű felmelegedést valószínűsítő éghajlati forgatókönyv tűnik reálisnak a jövőben.

Record hot July 2024 may become average by the end of the 21st century

The record warm July of 2024 in Hungary gives us an idea of what the future holds. The observation series we analysed consist of homogenised and interpolated countrywide averages for July based on the HungaroMet national climate database. To estimate the likely changes, we used a set of regional climate model simulations available produced at HungaroMet for mapping the impacts of climate change in Hungary. According to the climate model simulations, cooler July temperatures (with means below 20 °C) may occur in the future too, but also July temperatures much hotter than in 2024 will be possible. We examined two 30-year periods in the near future and far future (2051–2080 and 2061–2090). A quarter of July temperatures are projected to be higher than in 2024 by mid-century, and one-third of July temperatures at the end of the century. It means that July mean temperatures similar to this year's could become common in the period of 2071–2100. The observed tendency suggests a temperature increase closer to the upper bound of the climate model simulations.

Az éghajlatváltozás megítélése, illetve az időjárási és éghajlati szélsőségek érzékelése, értékelése az egyén szintjén minden kétséget kizáróan szubjektív. Adott időben és környezetben élő közösségektől elvárható, hogy hasonlóan vélekedjenek erről, de az emberi emlékezet is folyamatosan formálja az érzékelésünket. 2024 júliusa rekordmeleg volt, az érzékelésünk mellett az éghajlati adatsorokon alapuló elemzéseink is bizonyítják ezt. Az idén júliusban tapasztalt hőség kiválóan érzékelteti, hogy mi vár ránk a jövőben, ezzel kézzelfoghatóvá tehetjük a várható melegekedés mértékét, erre vállalkoztunk ebben az írásban.

A megváltozó éghajlat és bizonyos szélsőségek gyakoribb bekövetkezése komoly kockázatot jelent az emberi egészségre, a gazdaság szektoraira és a természetes ökoszisztémákra is, emiatt fontos az alkalmazkodási és a felkészülési stratégiák kidolgozása. Ehhez pedig minél pontosabban kell ismernünk a már bekövetkezett, illetve jelenleg is zajló, valamint a valószínűsíthető jövőbeli változások irányát és nagyságát.

Ebben a tanulmányban megvizsgáljuk, hogy a HungaroMet-nél előállított regionális éghajlati modellszimulációk szerint milyen tartományban fog mozogni a július hónapok középhőmérséklete a 21. század során, és a jövőben mennyire számít majd szélsőségesnek az idén rekordmagas júliusi középhőmérséklet.

Felhasznált adatok Mérési adatok

Vizsgálataink a HungaroMet éghajlati adatbázisán alapulnak. Az éghajlati monitoringnál kulcsfontosságú az adatminőség. A megfigyelt éghajlati trendek becsléséhez elengedhetetlen, hogy jó minőségű, az állomások költözése és a mérések módszerében történt változások okozta inhomogenitásoktól mentes – homogenizált –, valamint térben is reprezentatív adatokat használjunk (*Izsák et al.*, 2021). Adott hónap, jelen esetben a júliusi országos átlagok időszora úgy áll elő, hogy a napi állomási adatsorokat ellenőrizzük, homogenizáljuk és pótoljuk a MASH (*Szentimrey*, 1999, 2008) homogenizációs módszerrel. Az országos átlagok származtatásához pedig a homogenizált adatsorokat a kifejezetten meteorológiai adatokra fejlesztett MISH (*Szentimrey és Bihari*, 2007) eljárással sűrű, szabályos 0,1 fokos (kb. 10 km-es) felbontású rácshálózatra interpoláljuk. Ezáltal mind időben, mind pedig térben, vagyis az egész ország területére reprezentatív módon előállíthatók a havi középhőmérsékletek, de egyből

időszakokra vonatkozó éghajlati karakterisztikák is. Az itt bemutatott elemzésekhez az 1901–2024 időszakra vonatkozó júliusi homogenizált és interpolált országos átlagok idősorát használtuk.

Éghajlati modelleredmények

Az éghajlati rendszer (mely a légkör, a felszíni és a felszín alatti vizek, a szárazföld, a hó- és jég-takaró és az élővilág kölcsönható együttese) jövőbeli viselkedése a modellezés eszközeivel írható le. A globális klímamodellek a földi rendszer kölcsönhatásainak és az éghajlatváltozás nagyskálájú folyamatainak vizsgálatára használhatók, míg a helyi jellemzők feltárása regionális éghajlati modellekkel valósítható meg, melyek a globális modelledményekből kiindulva írják le egy kiválasztott földrajzi terület meghatározó folyamatait 10–25 km-es horizontális rácsfelbontáson. Az éghajlati szimulációk bizonytalanságot hordoznak (*Déqué et al.*, 2007), melyek az éghajlat természetes változékonyságából, a modellek közelítő jellegű számításaiból, valamint a jövőbeli emberi tevékenység leírásából erednek. Ez utóbbit a modellekben az üvegházhatású gázok, valamint egyéb légköri szennyezőanyagok koncentrációjának változásán keresztül vesszük figyelembe. Mivel nem ismerjük, hogy a jövőben milyen irányba változnak a politikai, gazdasági és társadalmi folyamatok, döntések, a koncentráció változásokat sem tudjuk egyértelműen leírni. Ezért többféle forgatókönyvet (ún. scenáriót) alkalmazunk, amelyekre alapozva a klímamodellezés során azt vizsgáljuk, hogyan reagálna az éghajlati rendszer a koncentráció megváltozására, azaz, az egyes forgatókönyvek esetén a jövőbeli emberi tevékenység milyen hatással lehet az éghajlat alakulására. E nagyfokú bizonytalanság miatt az éghajlati modellek eredményeit nem előrejelzéseknek, hanem projekcióknak nevezzük. Az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 5. értékelő jelentésében (*IPCC*, 2013) használt ún. RCP (Representative Concentration Pathways; *Moss et al.*, 2010) scenárió-családnak négy reprezentatív tagja van: (i) az RCP8.5 intenzíven növekvő üvegházgáz-kibocsátást feltételez; (ii) az RCP4.5 és (iii) az RCP6.0 scenáriókban a kibocsátás 2100 környékén adott szinten stabilizálódik; (iv) az RCP2.6 egy intenzív mitigációs scenárió, melyben egy korai koncentráció csúcs elérése után kibocsátás-csökkentés következik be. A forgatókönyveket aszerint nevezték el, hogy az általuk leírt koncentráció-növekedés 2100-ra

mekkora sugárzási kényszer változást jelent az iparosodás előtti értékhez képest (pl. az RCP8.5 esetében $8,5 \text{ W/m}^2\text{-t}$).

A modellezés eredményei az említett okokból csak a bizonytalanságok számszerűsítésével interpretálhatók korrekten módon, melynek eszköze az ún. ensemble technika. Ennek során együttesen értékeljük több modellszimuláció eredményét (több modell, illetve több forgatókönyv felhasználásával), és valószínűségi információt állítunk elő. A szimulációk mindegyike az éghajlati rendszer fejlődésének egyaránt lehetséges leírását adja.

A HungaroMet a hazai éghajlatváltozás vizsgálatára két regionális klímamodellt használ: az ALADIN-Climate (Bán et al., 2021) és a REMO (Szépszó, 2014) modelleket, melyekkel Közép- és Kelet-Európára készültek szimulációk 10 km-es horizontális rácsfelbontással. A jövőbeli emberi tevékenység hatását az RCP4.5 és az RCP8.5 forgatókönyvek segítségével vettük figyelembe.

A jövőre vonatkozó modelleredményeket – hasonlóan a megfigyelésekre használt klímanormálhoz – 30 éves időszak alatt mutatott statisztikai tulajdonságaival jellemezzük. Ezeket a közelmúltbeli állapotokat jellemző ún. referencia időszakhoz viszonyítva adjuk meg változás vagy hibakorrigált jövőbeli várható érték formájában, mely módszerekkel az esetleges modellhibák kiküszöbölhetők. Előbbi esetén a nyers modelleredmény jövőbeli időszakának (pl. 2041–2070) és a referencia időszakának (vizsgálataink során ezt 1971–2000-nek választjuk meg) különbségét képezzük, s az így kapott változás érték megmutatja, hogy az adott éghajlati változó (pl. hőmérséklet) milyen irányban és mértékben fog várhatóan eltérni a múltbeli átlagokhoz képest. Utóbbit pedig úgy állítjuk elő, hogy a nyers modelleredményeket hibakorrekciós eljárással a referencia időszak méréseihez igazítjuk. Jelen tanulmányban a nyers ALADIN-Climate és REMO modelleredmények korrekciója az ún. delta-módszerrel (Maraun, 2016) történt, melyhez a HungaroMet által előállított HuClim (Izsák et al., 2022) megfigyelési adatbázist alkalmaztuk referenciaként. Először képeztük a fent leírt modellbeli változás értéket, majd ehhez hozzáadtuk a referencia időszak (1971–2000) megfigyelt 30-éves júliusi átlagát. Az így kapott érték az adott éghajlati változó várható átlagos értékét adja meg a kiválasztott jövőbeli időszakra vonatkozóan.

2024 júliusa rekordmeleg az 1901 óta rögzített megfigyelések sorában

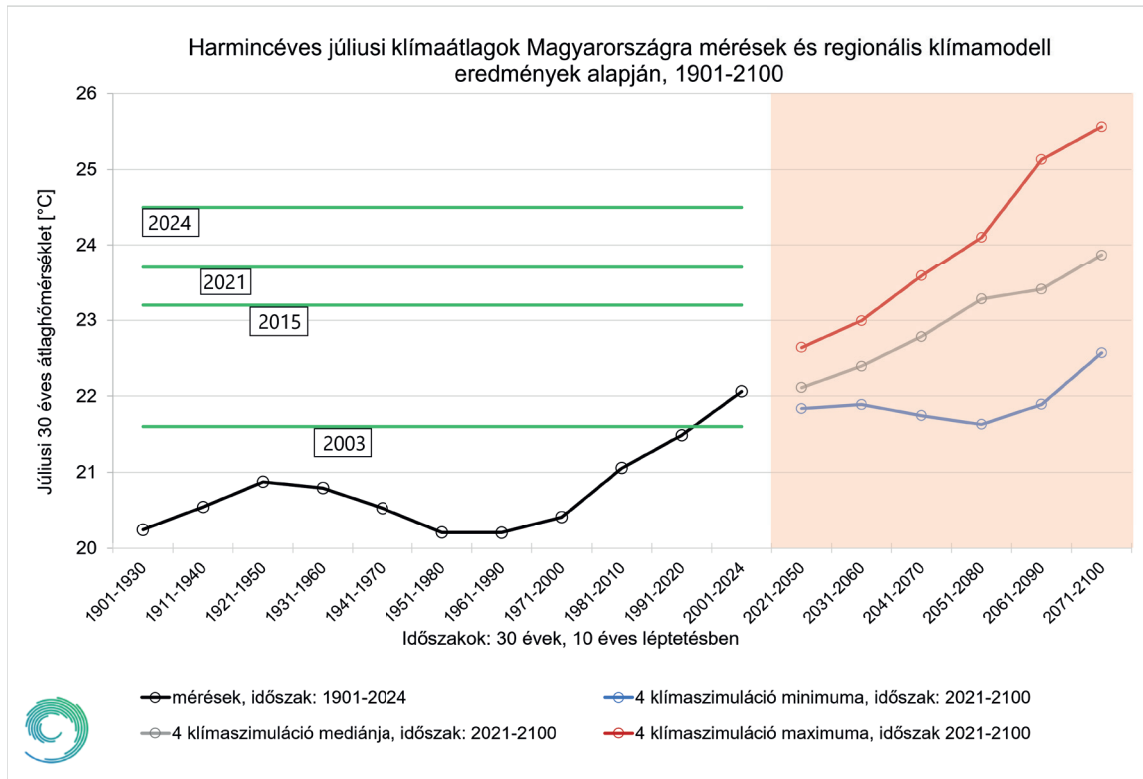
A klímaváltozás hatása Magyarországon is kimutatható a mérési adatsorokban, amely összhangban áll a tágabb környezetünkben zajló folyamatokkal. A változás jól nyomon követhető a hosszú hőmérsékleti és csapadék idősorokon, és az ezekből származtatott különböző éghajlati indexek sorozatán egyaránt. A melegedés mértéke az utóbbi negyven évben felgyorsult, a magas hőmérsékletekkel kapcsolatos szélsőségek előfordulása növekedett leginkább (Lakatos et al., 2021; Bokros és Lakatos, 2022a; Bokros és Lakatos, 2022b).

A júliusi középhőmérséklet 2024-es országos átlaga $24,53 \text{ °C}$ -nak adódott, ezáltal az 1991–2020-as klímaátlagot 3 °C -kal meghaladva a legmelegebb július lett a 20. század kezdete óta. Ez az érték csupán $0,01 \text{ °C}$ -kal maradt el 1992 augusztusának középhőmérsékletétől ($24,54 \text{ °C}$), amely a legmelegebb hónap volt Magyarországon 1901-től kezdve.

Július közepén kilenc nap alatt 22 országos és fővárosi hőmérsékleti rekord dőlt meg, ebből 13 hajnali rekorddőlés volt (legmagasabb napi minimum) az éghajlati adatbázisban tárolt adatok szűrése szerint, amelyekről a weboldalán is tájékoztatott a HungaroMet. 2024. július 9-e és 17-e között hét országos napi melegrekord (legmagasabb napi maximum) dőlt meg, valamint nyolc országos hajnali melegrekord, továbbá két fővárosi napi melegrekord és öt fővárosi hajnali melegrekord lett a múlté. Július 11-étől hat napon át minden nap megdőlt az országos napi melegrekord, háromszor a Bács-Kiskun vármegyei Kelebián, háromszor a Hajdú-Bihar vármegyei Körösszakálton. Tizenegy napon a legmagasabb fokú hőségriasztás volt érvényben, amit az országos tisztifőorvos a HungaroMet előrejelzése alapján rendelt el. A legmagasabb hőmérsékletet Kelebián mértük, július 16-án $41,6 \text{ °C}$ -ig emelkedett a hőmérséklet. Ez ugyan megközelíti az abszolút rekordot ($41,9 \text{ °C}$, amit Kiskunhalason, 2007. július 20-án mértek), de nem történt rekorddőlés.

Milyen júliusok várnak ránk a jövőben?

A megfigyelésekben egyértelműen megmutatkozó trend az eredmények alapján a jövőben is folytatódik, és hogy milyen ütemben növekszik a hőmérséklet, az az antropogén kibocsátások alakulásától függ (IPCC, 2023). Az itt bemutatott elemzésünk arra irányul, hogy kiderítsük, hol helyezkedik el az ideai július a regionális klímamodell szimulációk eredményei által



1. ábra. Harmincéves júliusi átlaghőmérséklet Magyarországra mérések és korigált regionális klímamodell eredmények alapján 1901-től 2100-ig. A 2001–2024 időszakot mérésekkel jellemezzük, és zölddel feltüntetünk néhány júliusi átlaghőmérséklet értéket ebből az időszakból.

felvázolt jövőben, mikorra válhat átlagossá, ami azzal jár majd, hogy ennél forróbb júliusokkal is szembe kell nézni. Ennek a kérdésnek a megválaszolásához megvizsgáltuk, hogy 1901-től 2024-ig hogyan alakult, illetve feltételezhetően hogyan fog alakulni 2100-ig a júliusi középhőmérséklet a reprezentatív éghajlati adatsorok és a HungaroMet-nél előállított klímamodell-szimulációk együttese alapján az egyes 30 éves, klímanormálnak tekinthető periódusokban.

Megvizsgálva a 4-tagú modellszimuláció együttes által kijelölt eredmények tartományát, az 1. ábrán a következő jövőkép látható: A 21. század közepén kezdődő 30 éves periódusban a szimulációegyüttes által kijelölt lehetséges átlaghőmérsékleti tartomány felső határához (az ábrán szereplő maximumhoz) esik közel az ideai júliusi középhőmérséklet. Ha ez valósul meg, akkor az idén tapasztaltak már a 2051–2080 időszakban közel átlagosnak fognak számítani, ami azzal jár majd, hogy előfordulnak ennél forróbb júliusok is. Ha a szimulációegyüttes által kijelölt lehetséges tartomány alsó határához (minimumhoz) viszonyítunk, tehát mérsékelt júliusi melegedés következik be, a ma legmelegebb júliusok közül

a 2003-as évet jellemző 21,6 °C környéki értéknél (a júliusok kb. 30%-a volt ennél melegebb 1901 óta) minden normálidőszak júliusa átlagban melegebb lesz. Amennyiben a század végére a szimulációegyüttes által kijelölt lehetséges átlaghőmérséklet tartomány közepe (medián) valósul meg, akkor a 2015-öshöz hasonló középhőmérsékletű július számít majd átlagosnak (ez a 3. legmelegebb volt 1901 óta, 23,3 °C havi középhőmérséklettel). A mérések alapján 2015-ben következett be a legtöbb júliusi trópusi éjszaka: ekkor 14 éjszaka nem csökkent 20 °C alá a napi minimum-hőmérséklet. Az a generáció tehát, akik 2010-ben vagy később születtek, a felnőttkoruk középső szakaszát (45–65 év) jóval magasabb hőmérsékleti viszonyok között fogják megélni. Továbbra is a mediánt tekintve, a század végére a korábbi rekordnál (a 2021-es, 23,7 °C-nál) kissé magasabb lesz a 2071 és 2100 közötti 30 év júliusi középhőmérséklete, mely ugyan nem éri el az ideit, de az adott 30 év egyes éveit tekintve bőven előfordulhatnak majd olyan, vagy akár melegebb júliusok is, mint az ideai volt. Tehát amit ma szélsőségesen magas hőmérsékletnek élünk meg, az a távoli jövőben inkább átlagosnak fog számítani.

Az idei júliusi középhőmérséklet mellett a hazánkban megfigyelt átlagos melegedés is közelebb esik a klímamodell-szimulációk együttese által kijelölt felső határhoz (a piros vonal az 1. ábrán), vagyis az eddigi tendenciáját tekintve a magasabb üvegházgáz-kibocsátást feltételező, nagyobb mértékű felmelegedést valószínűsítő éghajlati forgatókönyv tűnik reálisnak.

Milyen tartományban fog mozogni a júliusi középhőmérséklet a jövőben?

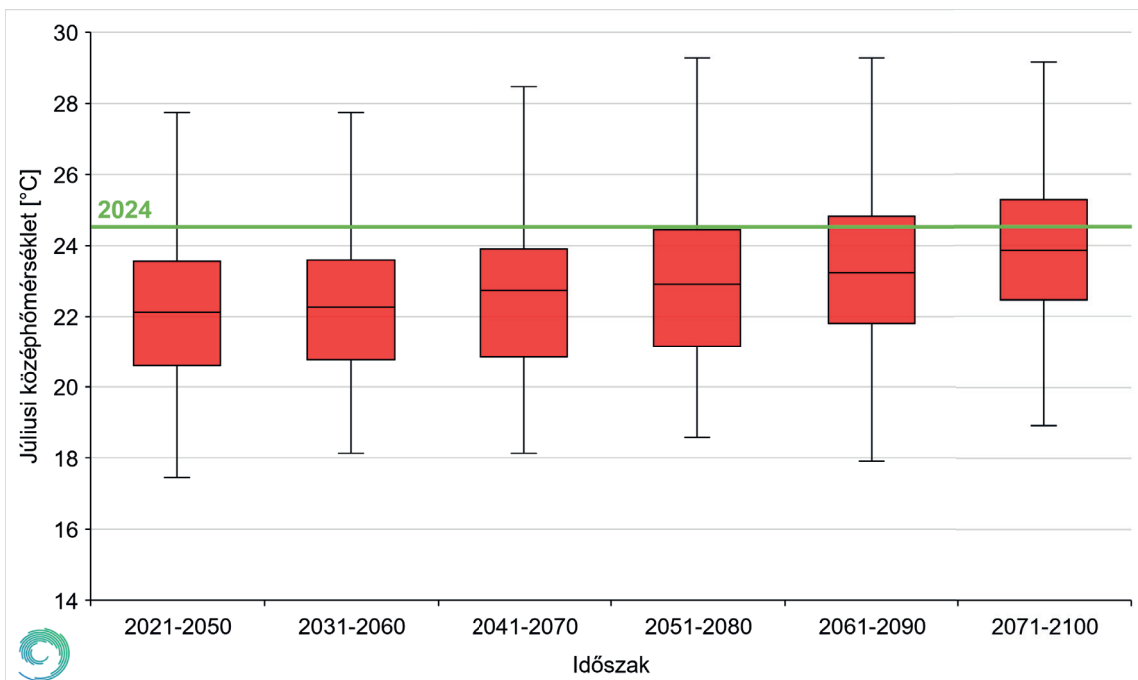
A 2. ábrán látható „dobozdiagram” segítségével szemléltetjük, hogy milyen tartományt jelöl ki a modellszimuláció-együttes a jövőbeli 30 éves időszakba foglalt évek júliusainak középhőmérsékletére.

Hogyan is értelmezhetjük ezt a típusú diagramot? A téglalap alsó éle az alsó kvartilist, a felső éle pedig a felső kvartilist mutatja, ez a két érték jelöli ki azt a terjedelmet, amiben az adatok középső fele található. A téglalapban lévő vízszintes vonal megadja az adatsor középső értékét (mediánját), vagyis azt az elemet, aminél az adatsor értékeinek egyik fele kisebb, a másik fele pedig nagyobb. A téglalapon kívül eső vízszintes vonalak az adatsorban előforduló legkisebb és legnagyobb értéket jelölik.

Az ábráról leolvasható, hogy a klímamodell-szimulációk eredményei szerint a jövőben is előfordulhatnak hűvösebb (akár 20 °C alatti középhőmérsékletű) júliusok, de a 2024-esnél jóval melegebbek is. A 21. század vége felé haladva a júliusra vonatkozó medián egyre nagyobb értéket vesz fel. A század második felét jellemző harmincéves periódusokban 2051-től a júliusok legalább negyede a 2024-es évinél melegebbnek ígérkezik, a század végén pedig a 2071–2100 időszakban körülbelül a harmadára igaz ez, így az idei júliusi középhőmérsékletéhez hasonló értékek a század végén megszokottá válhatnak.

Összefoglalás

2024 júliusában a középhőmérséklet országos átlaga 24,53 °C volt a HungaroMet meteorológiai mérési adatbázisán alapuló homogenizált és interpolált, reprezentatív adatsorok szerint, ami rekordmagas júliusi érték 1901 óta. Megvizsgáltuk, hogy ez hol helyezkedik el a HungaroMet négy regionális klímamodell-szimulációja által a 21. századra jelzett hőmérsékleti tartományban. A tartomány felső határát tekintve az idén tapasztaltak már a 2051–2080 időszakban közel átlagosnak fognak számítani. Ha a projekciók mediánjához közeli érték valósul meg, akkor



2. ábra. A HungaroMet 4-tagú klímamodell-szimuláció együttesének Magyarországra átlagolt, évenkénti júliusi korrigált középhőmérséklet értékei harmincéves időszakokra bontva doboz diagramon, ami az adott 30 év júliusainak alsó, felső kvartiliséit, mediánját (középső értékét), minimumát és maximumát mutatja.

a 2015. évihez hasonló középhőmérsékletű július (ami 3. legmelegebb volt 1901 óta) számít majd átlagosnak a század végére. Az alsó határ mentén történő melegedés valószínűtlennek tűnik, de ha mégis ez valósul meg, akkor a ma legmelegebb júliusok felső harmadát kijelölő érték számít majd átlagosnak. A klímamodell-szimulációk szerint a jövőben is előfordulhatnak majd hűvös júliusok, de a 2024-esnél jóval melegebbek is. A század második felében a júliusok negyede a 2024-esnél melegebbnek ígérkezik, a 2071–2100 időszakban pedig ez már a júliusok harmadára feltételezhető, vagyis összességében megállapítható, hogy az idei július középhőmérsékletéhez hasonló értékek az évszázad végére szokásossá válhatnak. Ez komoly alkalmazkodási kihívást jelent, mivel ez egyúttal azt is jelenti, hogy az ennél jóval forróbb júliusok fogják jelenteni a szélsőségeket a jövőben.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg. A KLIMADAT alkalmazásban (<https://klimadat.met.hu/>) elérhető regionális klímamodell eredményeket is felhasználtuk a vizsgálatainkhoz.

Irodalomjegyzék

- Bán, B., Szépszó, G., Allaga-Zsebeházi, G., Somot, S., 2021: ALADIN-Climate at the Hungarian Meteorological Service: from the beginnings to the present day's results. *Időjárás* 125, 647–673, <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.4.6>
- Bokros, K., Lakatos, M., 2022b: Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig. *Légekör* 67, 130–140. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.3.2>
- Bokros, K., Lakatos, M., 2022a: Hőségperiódusok vizsgálata Budapesten a XX. század elejétől napjainkig. *Légekör* 67, 208–218. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.4.4>
- Déqué, M., Rowell, D.P., Lüthi, D., Giorgi, F., 2007: An inter-comparison of regional climate simulations for Europe: assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change* 81, 53–70. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9228-x>
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgeley, P.M.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 1–34, <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Izsák, B., Bihari, Z., Szentes, O., 2021: Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat vizsgáljuk? *Légekör*, 66(3), 12–15.
- Izsák, B., Szentimrey, T., Lakatos, M., Pongrácz, R., Szentes, O., 2022: Creation of a representative climatological database for Hungary from 1870 to 2020. *Időjárás* 126, 1–26. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2022.1.1>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Marton, A., Szentes, O., 2021: Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon. *Légekör*, 66(3), 5–11.
- Maraun, D., 2016: Bias correcting climate change simulations – a critical review. *Curr. Climate Change Rep.* 2, 211–220. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0050-x>
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J., 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756, <https://doi.org/10.1038/nature08823>
- Szentimrey, T., 1999: Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). In: Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary. WMO, WCDMP (41), 27–46.
- Szentimrey, T., Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). In: Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.
- 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, 2006; WCDMP-No. 71, WMO/TD (1493), 123–130.
- Szépszó, G., 2014: A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földtudományi Doktori Iskola, Földrajz–Meteorológia Program. https://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2014/szepszo_g.pdf