

Politikai döntések hatása az éghajlat megváltozására – nagyban és kicsiben

SZÉPSZÓ GABRIELLA–LAKATOS MÓNKA

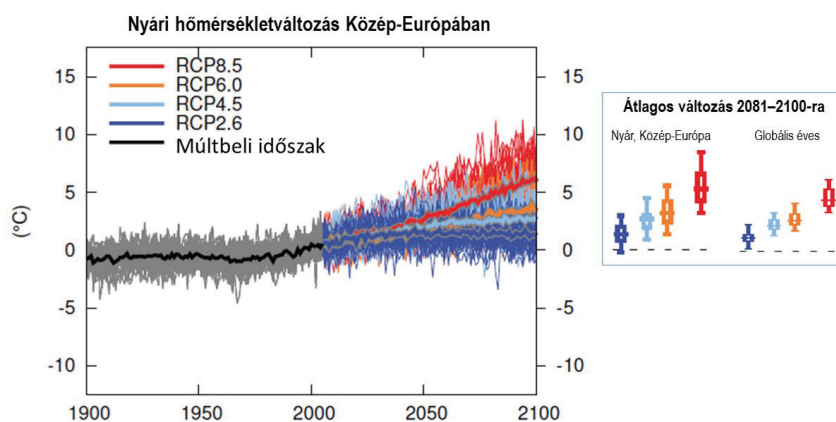
Az ENSZ Éghajlatváltozási Keret-egyezmény (UNFCCC*) keretében a Párizsi Egyezményt a Föld 197 országából mára 148 ország aláírta. A jogerőre emelkedéshez legalább 55 ország aláírására volt szükség, amelyek a globális üvegházgáz-kibocsátás legalább 50%-áért felelősek. Az egyezmény 2016 novemberében jogerőre emelkedett.

Ez az egyezmény fogja meghatározni a 2020 utáni időszakban a klímavédelem érdekében tett lépéseket. A célkitűzések közérthető megfogalmazásához gyakran használják mérőszámként a globális átlaghőmérséklet-változást. A megállapodás az iparosodás előtti szinthez képesti 2 °C-os globális hőmérséklet-emelkedést mint felső határt jelöli ki fontos küszöbértéknek. Ha a 2100-ig bekövetkező globális átlaghőmérséklet-növekedés mértékét sikerül 2 °C alatt tartani, akkor a várható hatások még kezelhetők lesznek. Ellenkező esetben világszerte olyan károkkal, humanitárius katasztrófákkal kell majd szembenézni, melyek kivédése csak nagy pénzügyi áldozatok árán lesz lehetséges. Ezen kívül egy ennél ambiciózusabb célkitűzést, a melegezés 1,5 °C alatt tartására való törekvést is tartalmazza a tengerszint-emelkedés által leginkább veszélyeztetett szigetországok védelmére.

A párizsi megállapodás aláírói között szerepel a fő kibocsátók közül Kína, Az Egyesült Államok és India is. A közelmúlt sajtóértesülései szerint *Donald Trump*, az Egyesült Államok elnöke bejelentette, hogy országa kilép az egyezményből. Az előzetes becslések szerint az USA kilépése esetén további 0,3 °C-os globális hőmérséklet-emelkedéssel kellene számolni, nyilatkozta a Meteorológiai Világszervezet (WMO**) Léggörkutatói és Környezeti Osztályának vezetője egy soros ENSZ munkaértekezleten.

Hogyan becsülhetők a várható éghajlati változások?

A jövőben várható változásokat klíma-modellek segítségével írjuk le, melyekben fontos éghajlatalkító tényezőként fi-



1. ábra. A nyári átlaghőmérséklet változása (°C) az 1986–2005 időszakhoz viszonyítva Közép-Európa területén különböző antropogén forgatókönyvekkel készült globális modellszimulációk eredményei alapján. Jobb oldal: a Közép-Európára vonatkozó nyári, illetve a globális éves átlaghőmérséklet változása a 2081–2100 időszakra forgatókönyvenként az 5, a 25, az 50, a 75 és a 95%-os percentilis feltüntetésével (Forrás: IPCC AR5 WG1, 2013.)

gyelemben vesszük az emberi tevékenység hatását is. Az ember számos módon, pl. üvegházhatású gázok, aeroszolrészecskék és egyéb szennyező anyagok kibocsátásával, a földfelszín átalakításával járul hozzá az éghajlat módosításához, amit a klíma-modellek egységesen az üvegházgázok légköri koncentrációján keresztül vesznek figyelembe. A társadalmi-gazdasági változásoknak – részben éppen a kibocsátás-csökkenési egyezmények bizonytalan kimenetele miatt – többféle jövőbeli pályája lehetséges. Ezért az üvegházhatású gázok koncentrációjának legvalószínűbb menete helyett csak lehetséges jövőbeli irányokat, forgatókönyveket tudunk megadni.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC***) 2013-ban megjelent helyzetértékelő jelentéséhez alapul szolgáló globális modellsimulációk az RCP**** forgatókönyvesaláddal készültek, melyeket a 2100-ra feltételezett sugárzási kényszerrel. Egy adott hatás által kiváltott sugárzási kényszerrel jellemez-

zük az a többletenergia-bevétel, amit ez a hatás okoz az 1750. évi állapothoz képest, pl. az RCP8.5 scenárió esetén a sugárzási kényszer értéke 2100-ban 8,5 Wm². A modellsimulációkban 4 alapvető forgatókönyvet használtak:

1. Az RCP8.5 egy intenzíven növekvő kibocsátást feltételező forgatókönyv, ebben az esetben gyakorlatilag „minden úgy megy továbbra is, ahogyan eddig”;
2. Az RCP4.5 egy ún. *stabilizációs scenárió*, melyben a kibocsátás nem sokkal 2100 után adott szinten stabilizálódik;
3. Az RCP6.0 scenárióban a kibocsátás ugyancsak nem sokkal 2100 után adott szinten stabilizálódik;
4. Az RCP2.6 egy intenzív mitigációs scenárió, melyben egy korai koncentrációcsúcs elérése után negatív kibocsátás következik be.

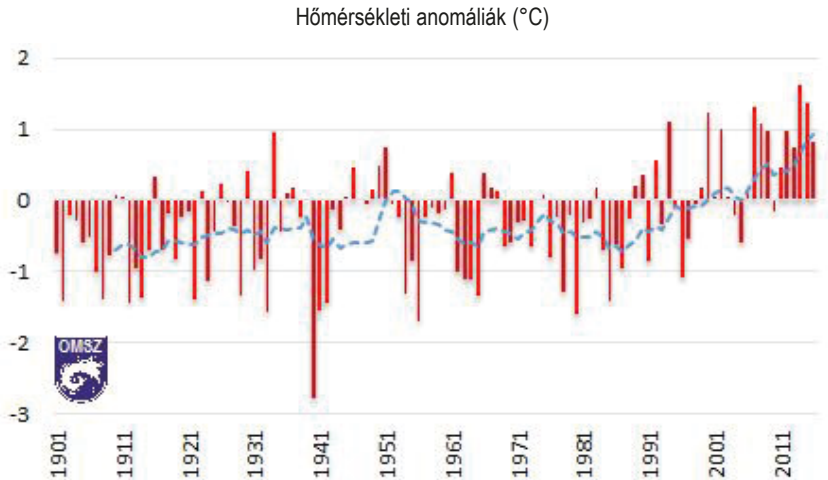
Az éghajlati szimulációk eredményeit nagyban meghatározza, hogy melyik kibocsátási scenárió felhasználásával készültek; ugyanakkor a projekciók bizonytalanságának jelentős része ered a modellekben alkalmazott közelítő módszerek eltéréseiből is. A modell-

* United Nations Framework Convention on Climate Change

** World Meteorological Organization

*** Intergovernmental Panel on Climate Change

**** Representative Concentration Pathways



2. ábra. Országos éves középhőmérsékletek eltérései az 1981–2010-es standard időszak átlagától a tízéves simítás görbéjével, 1901–2016

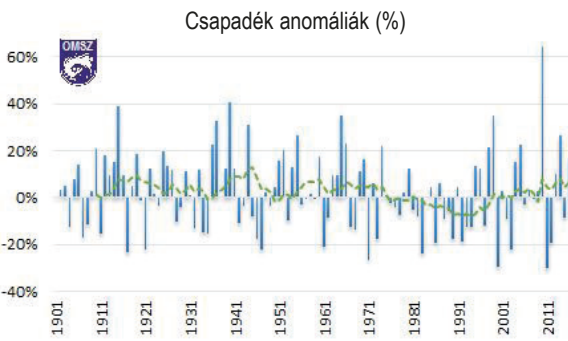
eredmények alapján a globális átlaghőmérséklet emelkedése teljes bizonyossággal csak az RCP2.6 forgatókönyv alkalmazásával készült modellkísérletekben marad 2 °C alatt (jobb oldali keretes rész az 1. ábrán). A többi szcenárió esetén számos, az RCP8.5 forgatókönyvvel készült modellkísérletek közül pedig mindegyik 2 °C-ot meghaladó melegedést valószínűsít. Ez azt jelenti, hogy – jelenlegi tudásunk alapján – nagy valószínűséggel csak egy olyan világban lehetséges a globális átlaghőmérséklet-növekedés kritikus szint alatt tartása, amelyben nemcsak kibocsátás-csökkenéssel, hanem negatív kibocsá-

Markánsabb változások Közép-Európában

Eddig a globális átlaghőmérséklet-változásról beszéltünk, azonban az alkalmazkodás szempontjából sokkal fontosabb, hogy mit tapasztalunk, illetve mi várható regionálisan, s Magyarországon.

Hazai megfigyelt hőmérsékleti-és csapadéktendenciák

A több mint egy évszázadra kiterjesztett vizsgálatok azt mutatják, hogy a hazai éghajlati változások a hőmérséklet tekintetében jól illeszkednek a világméretű tendenciákhoz, noha a kis terület miatt az évről évre jelentkező változékonyság nagyobb. Régiók a globális átlagnál jobban melegedő régiók közé tartozik. A hosszú, ellenőrzött, homogénizált (Szentimrey, 2011), rácspontra interpolált (Szentimrey és Bihari, 2007), ezáltal térben és időben egyaránt reprezentatív adatsorokon készült elemzéseink szerint a múlt század eleje óta 1,1 °C-os a melegedés



3. ábra. Országos éves csapadékösszegek eltérései az 1981–2010-es standard időszak átlagától a tízéves simítás görbéjével, 1901–2016

tással tartják kordában az emberi tevékenység hatásait. Abban az esetben pedig, ha az antropogén tevékenység változatlanul folytatódik tovább, akár 4 °C-ot meghaladó átlagos globális melegedéssel, és annak regionális hatásai-val kell számolnunk.

mértéke Magyarországon. A nyolcvanas évek közepétől szinte töretlen az emelkedés (2. ábra).

A hőmérséklet emelkedésével együtt gyakoribbá vált a hőhullámos napok (a napi középhőmérséklet > 25 °C) előfordulása. Az ország középső és dél-alföldi tájain a legmarkánsabb a növekedés,

kiterjedt területeken a két hetet is meghaladja a változás 1981-től. Ezzel párhuzamosan kevesebb a fagyos nap (napi minimumhőmérséklet < 0 °C), mint a XX. század elején, 14 nappal országos átlagban.

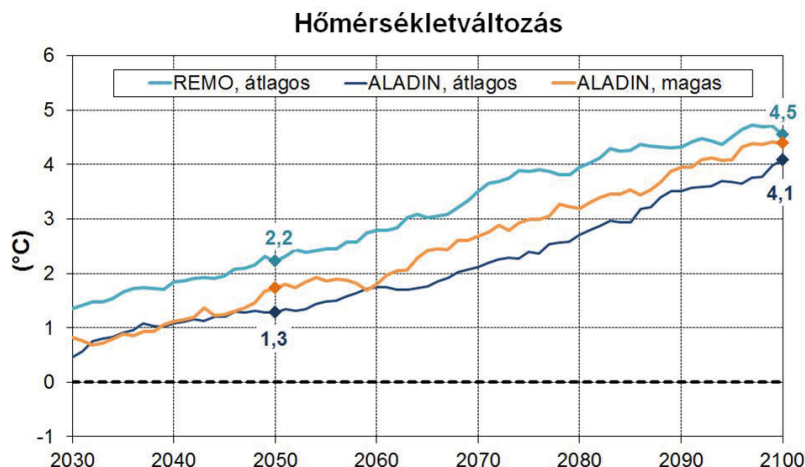
Az éghajlatváltozás hatása a csapadék tér- és időbeli eloszlásának megváltozásában is megnyilvánul, a változékonysága miatt azonban nehezebb kimutatni az egyirányú változásokat, mint a hőmérséklet esetén. A csapadék éves összegének hosszú időszora 1901-től mindössze 5%-os csökkenést mutat (3. ábra), de az éven belüli eloszlása megváltozott.

Az átmeneti évszakok csapadéka jelentősen csökkent: tavasszal 17%-os, míg ősszel 12%-os csökkenés mutatkozik, a nyári növekedés mértéke pedig meghaladja az 5%-ot 1901 óta. Megjegyezzük, hogy csak a tavaszi csökkenés szignifikáns statisztikailag a hosszú időszoron. Kevesebb napon hullik csapadék, mintegy kéthetes a csökkenés 1901-től, hosszabbak a száraz időszakok, átlagosan 5 nappal a múlt század elejétől. Az ország északi felében helyenként 2 mm-t meghaladó a napi intenzitásnövekedés nyáron a múlt század hatvanas éveitől.

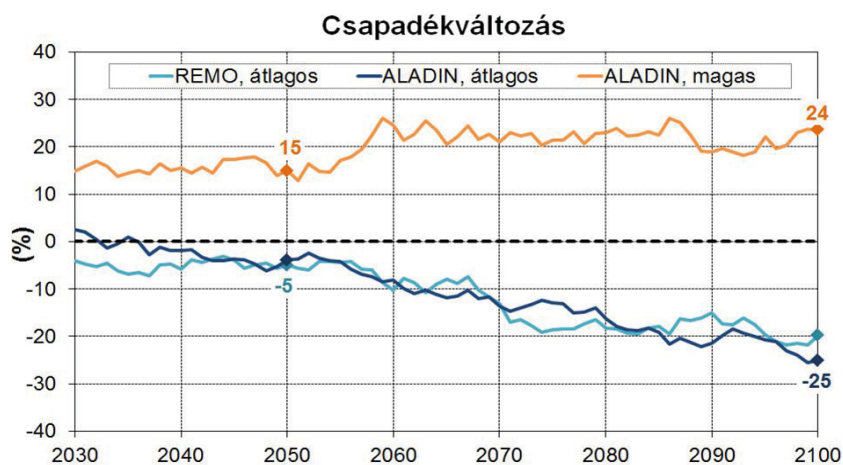
A legutóbbi három évtizedet, a legintenzívebb melegedés időszakát jellemző csapadéktendenciák növekedést mutatnak éves és évszakos skálán is, de a változás nem szignifikáns, az utóbbi években inkább a szélsőséges jelleg dominál. Nőtt az intenzív csapadékok aránya az éves összegben, és a rendkívül száraz évek fellépésének valószínűsége is nagyobb. Nagy kilengések tapasztalhatók az utóbbi években a csapadékkellátottság tekintetében: áradásokat kiváltó esőzések és aszályokat okozó csapadékhiány egyaránt előfordult.

A jövőben várható változások

A jövőben az átlaghőmérséklet Közép-Európában várhatóan a globálisnál nagyobb mértékben fog növekedni, különösen nyáron, amikor egyes modelleredmények szerint az évszázad végére akár a 10 fokot is elérheti a melegedés mértéke (1. ábra). Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) 10 és 25 km-es rácsfelbontású regionális klímamodelleket alkalmazunk a magyarországi változások leírására. Két regionális modellel készítünk kísérleteket egy átlagos ütemű és egy magas antropogén kibocsátást feltételező forgatókönyv felhasználásával (Szépszó és Csorvási, 2016; Szépszó, 2014; Csorvási et al., 2016). Az eredmények alapján a magyarországi éves középhőmérséklet növekedése 2021–2050-



4. ábra. A nyári átlaghőmérséklet változása (°C) az OMSZ-ban alkalmazott regionális klímamodellek különböző (átlagos és magas kibocsátású) forgatókönyvekkel készített szimulációs eredményei alapján az 1971–2000 időszakhoz viszonyítva. Az adott évhez tartozó értékek a megelőző 30-éves időszak változását reprezentálják



5. ábra. A nyári csapadékösszeg változása (%) az OMSZ-ban alkalmazott regionális klímamodellek különböző (átlagos és magas kibocsátású) forgatókönyvekkel készített szimulációs eredményei alapján az 1971–2000 időszakhoz viszonyítva. Az adott évhez tartozó értékek a megelőző 30 éves időszak változását reprezentálják

re várhatóan 1–2 °C, 2071–2100-ra pedig 3–4 °C az ország teljes területén. A legnagyobb változás nyáron és ősszel valószínű, tavasszal és télen mérsékeltőbb a melegedés. A magas kibocsátással jellemzett forgatókönyv használatával ugyanaz a modell (nyáron kb. 0,5 fokkal, 4. ábra; télen akár 1 fokkal) nagyobb melegedést mutat az évszázad második felében, mint átlagos kibocsátást feltételezve. A napi hőmérsékletértékek eloszlása is módosul, pl. a 30 °C-ot elérő maximumhőmérsékletű hőségnapok éves szá-

ma 1971–2000-ben országosan mintegy 20 nap volt, ami 2021–2050-re 30 napnál többre, 2071–2100-ra pedig akár 50 napra is emelkedhet.

Az éves csapadék mennyiségében nem számítunk lényeges változásra a XXI. században, nyáron viszont a csapadék csökkenése, ősszel és télen pedig a növekedése valószínű. Az antropogén tevékenység és a változások iránya, illetve mértéke között nincsen a hőmérsékletnél tapasztalható hasonló kapcsolat: a magas kibocsátással jellemzett modellkísérlet minden évszak ese-

tében a csapadék fokozatos növekedését jelzi, míg a közepes kibocsátási ütem mellett a modellek nem mutatnak ilyen egyenletes és folyamatos csapadékváltozást (5. ábra, nyárra). A modelleredmények eltérő jellege megmutatkozik a napi csapadék eloszlásának várható alakulásában is: az évszázad végén a csapadékinzertizáció növekedésére számíthatunk, elsősorban télen, ami a legerőteljesebben a magas kibocsátási ütemű modellkísérletben jelentkezik (Szépszó, 2017). □

Irodalom

- Csorvási A., Illy T., Sábitz J., Szabó P., Szépszó G., Zsebeházi G., 2016: A jövőre vonatkozó projekciók eredményeinek együttes kiértékelése, bizonytalanságok számszerűsítése. RCMTÉR (EEA-C13-10) projekt beszámoló, 51 p. http://www.met.hu/RCMTÉR/doc/reports/D4.2_C13-10_kozos-kiertekeles_projekcio.pdf
- IPCC AR5 WG1, 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., Midgley, P.M.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
- Szentimrey, T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03, Hungarian Meteorological Service, 64 p.
- Szentimrey, T., Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.
- 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. http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2014/szepszo_g.pdf
- Szépszó G., Csorvási A., 2016: ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei. Tanulmány „A Balaton vízforgalmának a klímaváltozás hatására becsült változása” című NATÉR EEA-C11-1 beszámolóhoz, 10 p. http://www.met.hu/RCMTÉR/doc/reports/C11-1_Balaton_meteorologia.pdf
- Szépszó G., 2017: A magyarországi hőmérséklet- és csapadékvizonyok 21. században várható változásai. Agroforum 28 (2), 24–26.