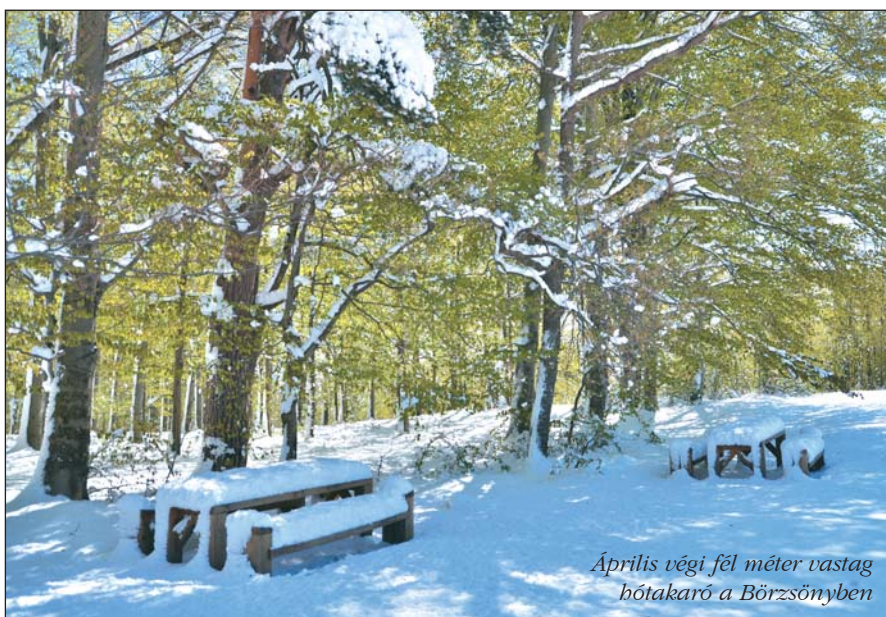


A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai – II.

A közelmúlt és a jövő országos éghajlati trendjei

Prof. dr. Bartholy Judit – tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Meteorológiai Tanszék

Dr. Pongrácz Rita – egyetemi adjunktus, ELTE Meteorológiai Tanszék



Április végi fél méter vastag hótakaró a Börzsönyben

Az elmúlt évszázadban megfigyelt éghajlati tendenciák

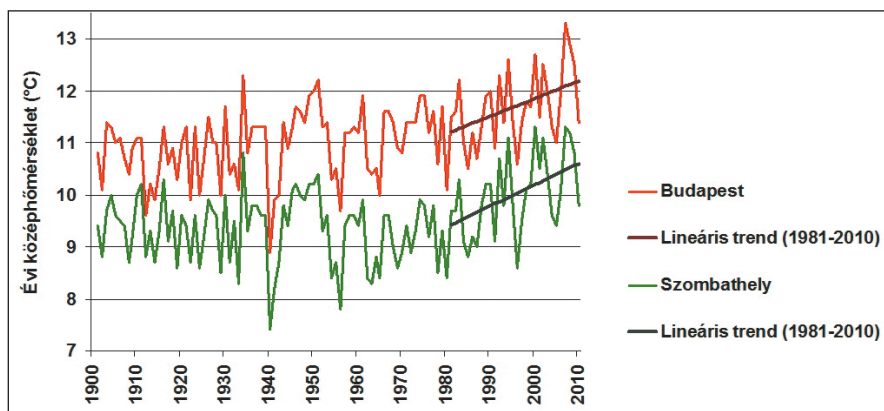
Magyarország éghajlata a műszeres mérések kezdete óta egyértelműen az elmúlt 30 évben mutatta a legintenzívebb melegeledést (1. ábra). Az évszakok közül a nyarak hőmérséklete emelkedett a leginkább, melynek mértéke elérte a 2 °C-ot (Bartholy és mtsai. 2011). Az évi középhőmérsékletben a 30 év alatt 1,2–1,8 °C-os a növekedés mértéke az ország különböző területein (2a ábra)¹. A csapadék esetében ilyen egyértelmű tendenciák nem mutathatók ki a térbeni és időbeli nagy változékonyság miatt.

A szélsőséges hőmérsékletekben bekövetkezett változásokat jellemző

trendértékek arra utalnak, hogy a klíma megváltozása a meleg szélsőségek egyértelmű növekedésével és a hideg szélsőségek csökkenésével járt a teljes múlt századot felölelő időszakban. Például a napi maximum-hőmérsékletek emelkedése az ország nagy részén elérte az 1,5 °C-ot (2b ábra).

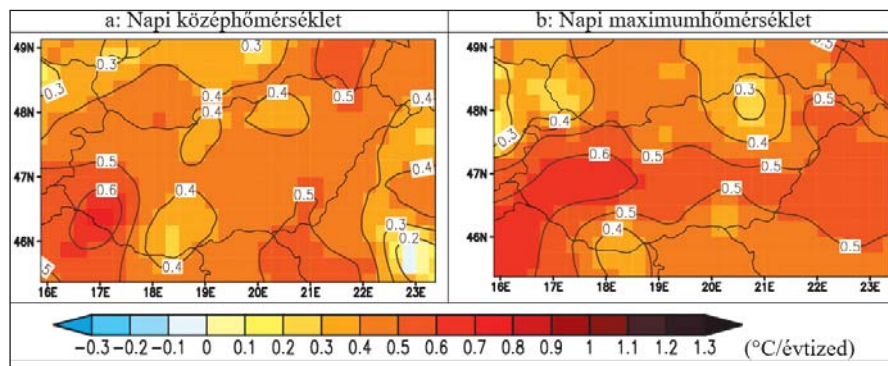
A 20. század elejétől 2010-ig mintegy 8 nappal több nyári napot ($T_{\max} > 25$ °C) tapasztalunk évente, és a hőségi-riadós napok száma ($T_{\text{közép}} > 25$ °C) is megnőtt 5 nappal. Ezzel párhuzamosan a hideg extrémumok előfordulási gyakorisága csökkent. Például átlagosan kb. 10 nappal kevesebb volt az elmúlt években a fagyos napok ($T_{\min} < 0$ °C) száma a századelőhöz viszonyítva (Bartholy és mtsai. 2011).

Az évi csapadékmennyiségre vonatkozóan az 1901–2010 időszakban összességében egy csekély (10%-nál kisebb) mértékű csökkenés figyelhető meg. A Dunántúlon az országos átlagot meghaladó a csapadékcsökkenés, az ország északkeleti részén viszont gyengén növekedett a csapadékmennyiség. A csapadékos napok évi száma összességében csökkent, viszont a jelentősebb csapadékos napok száma kismértékben emelkedett. Megfigyelhető még a száraz időszakok hosszának növekedése és a napi csapadékinzultáció nyári jelentős megnövekedése. Ezek a tendenciák arra utalnak, hogy szárazodó éghajlati viszonyok mellett a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok formájában hullik (Bartholy és mtsai. 2011).



1. ábra Az évi középhőmérsékletek menete két hazai állomásra az illesztett lineáris trendegyenesekkel, 1901–2010

¹ A hőmérsékleti trend hirtelen változásának következményei szemléltetésére érdemes visszalapozni az előző folyóirat-számban megjelent klímaváltozáscikk 3. ábrájára: az erdészeti aszálykárok alakulása pontosan ugyanott mutat szignifikáns változást (a szerk. megjegyzése).



2. ábra A hőmérsékletváltozás évtizedes trendegyütthatóinak területi eloszlása az 1981–2010 közötti időszakra

A hőmérséklet- és csapadékviszonyok jövőben várható változásai

A globális éghajlati rendszer leírására és a jövőben várható tendenciák előrejelzésére elsődlegesen a globális éghajlati modellek alkalmasak. Ez a fizikai közelítés képes a légkör általános cirkulációját és annak természetes és antropogén változásait leírni. Az elmúlt évszázadra vonatkozó modellfuttatásokból következtethetünk a múltban lezajlott éghajlatváltozások okaira, s ezeket az információkat felhasználhatjuk a jövőre vonatkozó éghajlati becslésekhez.

A klímamodellek légköri része ugyanazokat a fizikai törvényeken alapuló egyenleteket tartalmazza, mint amelyek a rövid távú időjárás-előrejelző modellekben használatosak. Ennek ellenére jelentős közöttük a különbség. Az éghajlati modellek jövőre vonatkozó szimulációi nem egyszerű légkörfizikai előrejelzések, hanem számos társadalmi, gazdasági folyamat éghajlatra gyakorolt hatását is figyelembe veszik.

Ezek alapján pesszimistább és optimistább ún. forgatókönyveket használunk, melyek leírják az éghajlati rendszer válaszait a változó természetes és antropogén környezeti feltételekre. Ahhoz, hogy a bizonytalan jövőképet következményeit becsülhessük, többféle forgatókönyvre és többféle modellközelítésre van szükség. A nagyszámú modellfuttatás eredményeinek együttes elemzése lehetővé teszi a jövőre vonatkozó éghajlati becslések bizonytalanságának számszerűsítését, a várható változásokhoz valószínűségi értékek rendelését. Tehát végső soron a változások lehetséges tartományát adjuk meg, és a változások tendenciáit a modellek eredményei alapján vetítjük előre.

A klíma-előrejelzések eredményei alapján az ország egész területén egyértelműen szignifikáns melegedés várható (nyáron leginkább a déli, télen

pedig az északkeleti vidékeken), melynek mértéke a század vége felé fokozódik (Bartholy és mtsai. 2014).

Az éves csapadékösszeg várható változását tekintve Európában jelentős zónális különbségek valószínűsíthetők. A 21. század második felétől Európa északi régiói csapadékosabbá, míg a déli, mediterrán térségek szárazabbá válhatnak. Magyarország az északi és déli régiók közötti átmeneti zónában helyezkedik el, ahol az éves csapadékösszegben várható változás nem szig-

geiben elnyelt sugárzási többlet-mennyiségét számszerűsítik. 2016 végéig elkészültek egy optimistább (RCP 4.5) és egy pesszimistább (RCP 8.5) forgatókönyvre a hazai modellszimulációk az Eötvös Loránd Tudományegyetemen (ELTE) és az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ). A továbbiakban az ELTE által végzett modellszimulációk eredményeit mutatjuk be.

A regionális modellszimulációk által a Magyarország térségére becsült várható évi, illetve évszakos hőmérséklet- és csapadékváltozásokat az 1. táblázat foglalja össze. A modellszimulációk egyértelműen melegedést valószínűsítenek a teljes évszázadra vonatkozóan, amely a század végére mind a pesszimistább, mind az optimistább forgatókönyv esetén várhatóan nyáron lesz a legnagyobb, s tavasszal a legkisebb mértékű.

Mivel az optimistább forgatókönyv esetén a klímaváltozás a 21. század utolsó évtizedeiben már valószínűsíthetően kisebb mértékű, ezért a regionális átlaghőmérsékletekben is kisebb különbségek várhatók. Ugyanakkor az évszázad vége felé közeledve jóval na-

1. táblázat Az évszakos és évszakos átlagos várható változások Magyarországon a közeljövőben (2021–2040), illetve a 21. század végére (2081–2100), egy optimistább és egy pesszimistább forgatókönyv alkalmazása esetén RegCM 4.3 modellszimulációk alapján. Referencia-időszak: 1981–2000.

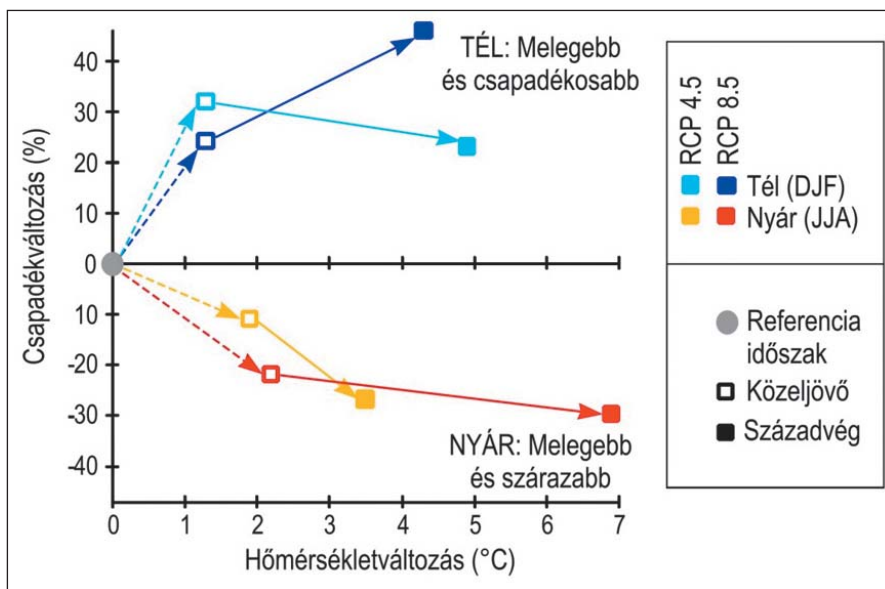
	Hőmérséklet-változás		Csapadékváltozás	
	2021–2040	2081–2100	2021–2040	2081–2100
RCP 4.5				
Éves	1,5 °C	2,5 °C	8%	11%
Tavasz	1,4 °C	1,8 °C	27%	24%
Nyár	1,5 °C	3,5 °C	–11%	–27%
Ősz	1,3 °C	2,7 °C	–10%	11%
Tél	1,3 °C	1,9 °C	32%	23%
RCP 8.5				
Éves	1,7 °C	5,3 °C	1%	5%
Tavasz	1,0 °C	3,9 °C	20%	26%
Nyár	2,2 °C	6,9 °C	–22%	–30%
Ősz	2,3 °C	5,3 °C	–9%	–9%
Tél	1,3 °C	4,3 °C	24%	46%

nifikáns. Ugyanakkor az év egyes részeiben a becsült csapadékváltozások jelentős mértékűek lehetnek. Például a regionális klímamodell-szimulációk jó egyezéssel valószínűsítik a nyári szárazodó tendenciát vagy a téli csapadékösszeg várható növekedését (Pongrácz és mtsai. 2011).

A legfrissebb nemzetközi eredmények alapján egyszerűsítették a kibocsátási forgatókönyveket. Az új forgatókönyvek a légkör felszínközeli réte-

gyobb mértékű változások valószínűsíthetők a pesszimistább forgatókönyv esetén. A forgatókönyvek közötti különbség már az évszázad közepén is megjelenik, s a századvégre felerősödik (3. ábra).

Összességében mindkét új típusú forgatókönyv esetén télen és tavasszal a csapadék növekedésére, míg nyáron szárazabbá váló éghajlati viszonyokra számíthatunk hazánk térségében. Ősszel eleinte a csapadék csökkenése,



3. ábra Várható átlagos hőmérséklet- és csapadékváltozás Magyarországon télen és nyáron a közeljövőben (2021–2040), illetve a 21. század végére (2081–2100) egy optimistább és egy pesszimistább forgatókönyv alkalmazása esetén RegCM 4.3 modellszimulációk alapján. Referencia-időszak: 1981–2000.

majd az optimistább forgatókönyv esetén az évszázad második felében – ezzel ellentétesen – csapadéknövekedés valószínűsíthető Magyarországon. Az évszázad első felében (a 2021–2040 és 2041–2060 közötti időszakokban) nincs számottevő különbség a két szcenárió között. Ez várhatóan az év-

század második felében már egyre kevésbé igaz. Például a téli időszakban a pesszimistább forgatókönyv alapján valószínűsíthető számottevő csapadéknövekedés (mintegy 46%) kétszerese az optimistább forgatókönyv esetén becsült növekedésnek (Pongrácz és mtsai. 2016). A bemutatott eredmények

alapján egyértelmű, hogy a várható változások olyan mértékűek, melyek érzékenyen érintik a mezőgazdaságot, erdészetet, vízgazdálkodást.

Irodalom

- Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, 281. o.
- Bartholy J., Pongrácz R., Gelybó Gy., Szabó P. (2008): Milyen mértékű változás várható a Kárpát-medence éghajlati szélsőségeiben a XXI. század végére? *Léggör*, 53/3, 19–23. o.
- Bartholy J., Pongrácz R., Pieczka I. (2014): How the climate will change in this century? *Hungarian Geographical Bulletin* 63, 55–67. o.
- Pongrácz R., Bartholy J., Miklós E. (2011): Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), 387–398. o.
- Pongrácz R., Bartholy J., Pieczka I., Szabóné André K. (2016): RegCM szimulációkon alapuló éghajlati becslések eredményei. In: Kutatási és operatív feladatok meteorológusként (Pongrácz et al., szerk.) *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 27, 125–133. o.

A cikksorozatot szerkeszti:
Mátyás Csaba akadémikus
 Fotó: **Nagy László**

FELHÍVÁS!

Az 1973-ban végzett erdőmérnökök és faipari mérnökök nevében kezdeményezzük az Alma materünk fejlődésének meghatározó személyisége, az Erdőmérnöki Főiskolát Erdészeti és Faipari Egyetemmé fejlesztő *dr. Gál János*, az egyetem első rektora emlékére a soproni Botanikus Kertben egy közadakozásból megvalósuló bronz mellszobor felállítását. Kezdeményezésünket támogatják a Soproni Egyetem, a szakmai szervezetek és a család.

A források összegyűjtésében közreműködik a Mészáros Károly Erdészeti Felsőoktatási Emlékalapítvány.

Kérjük mindazokat, akik anyagi hozzájárulással is támogatni kívánják a szobor megvalósítását, az erre szánt összeget „Gál János szobra” hivatkozással az Alapítvány alábbi számlaszámára szíveskedjenek átutalni:

Sopron Bank Zrt. 17600011-00249205-00200004

A szobor felavatását 2017. szeptember 5-én az Erdőmérnöki Kar tanévnyitó rendezvénye keretében, ünnepélyes keretek között tervezzük.

Dr. Varga Szabolcs
 valétaelnök

Dr. Szabó Sándor
 okl. erdőmérnök

Dr. Bódy Tibor
 valétaelnök