LÉGKÖR

68. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

RÖVIDTÁVÚ ELŐREJELZÉSEK UTÓFELDOLGOZÁSA

SZÉLENERGIA INNOVÁCIÓK

ZÖLDFELÜLETTEL A VÁROSOKÉRT

KLÍMAVÁLTOZÁS A HÁZIMÉHEK ÉLETÉBEN

HAJÓRONCSOK

INTERJÚ DR. RADICS KORNÉLIÁVAL

2023. JÚLIUS

Nem-mezociklonális tornádó Óbuda felett.
Somogyi Csaba, 2023. június 6.

Peremfelhős zivatar.
Bruckner Valcsák Viktória, Mohács, 2023. április 15.

Turbulens peremfelhővel érkező balatoni vihar.
Bánkuti Letícia, Fonyód, 2023. május 16.

LÉGKÖR

68. évfolyam 3. szám
2023. július

AZ
ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

Kiadja az
ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1.

A kiadásért felel:
az OMSZ elnöke

Készült:
PREMIER Nyomda

Felelős vezető:
Király Attila

ISSN 0133-3666

Készült 500 példányban

Éves előfizetési díja: 3600 Ft
A Magyar Meteorológiai Társaság
tagjai számára ingyenes.
Megrendelhető a legkor@met.hu címen.

Főszerkesztő: Fejes Edina
Főszerkesztő-helyettes: Tóth Róbert

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

ELNÖK:
Dr. Haszpra László

TAGOK:
Dr. Barcza Zoltán, Dr. Bartholy Judit,
Bíróné Dr. Kircsi Andrea, Dr. Bonta Imre,
Dr. Dobi Ildikó, Dr. Gál Tamás, Kolláth Kornél,
Dr. Lakatos Mónika, Péliné Dr. Németh Csilla,
Dr. Sarkadi Noémi, Dr. Somfalvi-Tóth Katalin,
Dr. Szépszó Gabriella, Dr. Szintai Balázs,
T. Puskás Márta

Olvasószerkesztő: Szabó Bernadett

Tervezőszerkesztő, grafikus: Szabó Dorottya

TARTALOM

SZÉPSZÓ GABRIELLA, BARAN ÁGNES, BARAN SÁNDOR, JÁVORNÉ RADNÓCZI KATALIN, KORNYIK MIKLÓS, TAJTI DÁVID: Sugárzásra és magassági szélre vonatkozó rövidtávú előrejelzések operatív statisztikai utófeldolgozása 118
Operational statistical post-processing of short-range radiation and wind forecasts

PÉLINÉ NÉMETH CSILLA, BÍRÓNÉ KIRCSI ANDREA, DOBI ILDIKÓ: Szélenergia innovációk a világban 126
Wind energy innovations in the world

V. HORN VALÉRIA: Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1. 131
Improving urban living environment with green structures 1.

VINCZE CSILLA, LEELŐSSY ÁDÁM, MÉSZÁROS RÓBERT: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre (Apis mellifera) 138
The effects of atmospheric variables and changing climate on honey bees (Apis mellifera)

SZABÓ DOROTTYA: Hajók az időjárás markában 148

TÓTH RÓBERT: Visszaemlékezés három agrometeorológusra 154

TÓTH RÓBERT, KISS MÁRTON: Kiváló társadalmi észlelők világnapi kitüntetése 157

DOBI ILDIKÓ, FEJES EDINA: Interjú dr. Radics Kornéliával 161

KISLEXIKON 167

PASZTERNÁKNÉ MARTON ANNAMÁRIA, SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT: 2023 tavaszának időjárása 168

ERDŐDINÉ MOLNÁR ZSÓFIA, KOVÁCS ATTILA VIKTOR: Agrometeorológiai visszatekintő 174

HÍREK 176

CÍMLAPON: Klasszikus szupercella. Kiss Kevin, Drávaszabolcs, 2023. július 13.

SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

A LÉGKÖR meteorológiai tárgyú, a légkörtudományhoz kapcsolódó tudományos és ismeretterjesztő írásokat, szakmai beszámolókat és rövid ismertetőket, híreket közöl magyar nyelven. A kéziratokat anonim szaklektorok véleménye alapján a szerkesztőbizottság fogadja el. A közlésre szánt írások elektronikus formában nyújthatók be a **legkor@met.hu** e-mail címen. A cikkekkel kapcsolatos formai elvárásokat a www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/ oldalon részletezzük.

Sugárzásra és magassági szélre vonatkozó rövidtávú előrejelzések operatív statisztikai utófeldolgozása

Szépszó Gabriella[1], Baran Ágnes[2], Baran Sándor[2], Jávorné Radnóczi Katalin[1], Kornyik Miklós[4], Tajti Dávid[1]

[1] Országos Meteorológiai Szolgálat, szepszo.g@met.hu
[2] Debreceni Egyetem
[3] Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet,
[4] Turbine.AI

DOI: 10.56474/legkor.2023.3.1

A nap- és szélenergia termelés becsléséhez fontos kiindulási információt szolgáltatnak az időjárás-előrejelzések. A folyamatos fejlesztés ellenére a közvetlen modell-előrejelzések hibával terheltek, ezek azonban utófeldolgozással csökkenthetők olyan meteorológiai változók esetében, amelyekre jó minőségű mérési adatsorok állnak rendelkezésre. Az OMSZ AROME modellel készülő operatív előrejelzéseire többféle paraméteres és gépi tanuláson alapuló statisztikai utófeldolgozási módszer került kifejlesztésre, melyek alkalmazása javítja a Napból közvetlenül érkező és szórt rövidhullámú sugárzásra (azaz a globálsugárzásra) és a talajközeli magassági szélre vonatkozó előrejelzések beválását. A cikk a Magyar Meteorológiai Társaság 2023. március 17-ei rendezvényén elhangzott előadások összefoglalója.

Operational statistical post-processing of short-range global radiation and low-level wind forecasts

Numerical weather predictions (NWP) provide key input information for estimation of solar and wind energy production. In spite of the continuous model developments the direct forecast model outputs are imperfect and contain some errors. However, these errors can be reduced by post-processing the raw forecasts of those meteorological variables, for which time series of good quality measurements are available. Multiple parametric and machine learning based statistical post-processing methods have been elaborated for operational forecasts of the AROME NWP model at the Hungarian Meteorological Service in order to improve the raw predictions of the global horizontal irradiance and 100-meter wind speed variables.

Bevezetés

A numerikus modellekkel készített számszerű időjárás-előrejelzések a modellfejlesztéseknek köszönhetően folyamatos fejlődést mutattak az elmúlt évtizedekben. Például az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) globális előrejelzései az 5-napos időtávra Európa felett ma ugyanolyan pontosságúak, mint 3 évtizeddel ezelőtt a 2 napra szóló előrejelzések

voltak (*Haiden et al*., 2022) vagy az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) használt AROME mezoskálájú modell előrejelzéseiben is több paraméterre (pl. az 500 hPa-os szint geopotenciál magasságára) kimutatható az átlagos beválás fokozatos javulása.

Az előrejelzések azonban nem csak modellfejlesztés útján javíthatók. A számítógépes algoritmusok és kapacitás rohamos fejlődésével mára lehetővé vált az utófeldolgozásuk olyan paraméteres és gépi tanuláson alapuló statisztikai módszerekkel, melyek az évtizedek során felhalmozott előrejelzési és mérési adatokat kiaknázva az előrejelzés elkészülte után néhány perccel érdemben javítani tudják annak nyers eredményét. Míg a modellfejlesztés a teljes előrejelzés javítását tűzi ki célul és egy-egy szakasza általában többéves folyamat, addig az utófeldolgozás csak néhány meteorológiai változóra koncentrál, és a megfelelő módszer kiválasztása után rendkívül hatékonyan alkalmazható. Emiatt olyan ágazatokban bírhat hozzáadott értékkel, ahol rövid időtávon nagymértékű pénzügyi veszteség származhat a felhasznált előrejelzések pontatlanságából. A hazai nap- és szélenergia termelőknek a villamosenergia kapacitás tervezéséhez két napra előre meg kell becsülniük 15-perces bontásban a várható termelésüket (ezt hívják menetrendezésnek). A termelésbecslés érzékeny a kiindulási meteorológiai adatokra, azaz a felszínre érkező rövidhullámú sugárzásra és a szélturbinák rotormagasságában uralkodó szélviszonyokra vonatkozó modell-előrejelzések pontosságára. A tervezett menetrendtől való eltérés pénzügyi szankciót von maga után, így a nap- és szélenergia termelés kézenfekvő felhasználási területei az utófeldolgozási fejlesztéseknek.

Cikkünkben bemutatjuk az AROME és AROME-EPS globálsugárzás és 100-méteres szélsebesség előrejelzéseinek általános jellemzőit és az ezek javítására kidolgozott utófeldolgozási technikákat.

Adatok

A nemzetközi együttműködésben fejlesztett AROME korlátos tartományú modellt az OMSZ-nál 2,5 km-es horizontális rácsfelbontáson és 60 szint használatával alkalmazzuk egy Kárpát-medencét lefedő területen. A modellel naponta nyolcszor készülnek előrejelzések (*Tóth et al.*, 2021): 0, 6, 12 és 18 UTC-kor 48-órás, míg 3, 9, 15 és 21 UTC-kor 36-órás időtávra, melyek során a tartományon kívül zajló folyamatok leírását az ECMWF előrejelzéseiből származó határfeltételek biztosítják. Az előrejelzések kezdeti feltételét lokális mérések asszimilációjával állítják elő. Az AROME előrejelzéseit 0 és 12 UTC-kor kiegészíti egy-egy 2 napra szóló, 11-tagú ensemble előrejelzés (az AROME-EPS; *Jávorné Radnóczi et al*., 2020), ami lehetővé teszi az előrejelzési bizonytalanság számszerűsítését. Az AROME-EPS az ECMWF globális ensemble előrejelzések perturbálatlan (kontroll) és első 10 perturbált tagjának a Kárpát-medencére 2,5 km-es felbontással való leskálázásával áll elő, és 2023. március óta az asszimilált mérések perturbációjával a bizonytalanság helyi jellemzőit is reprezentálja. Az AROME és az AROME-EPS előrejelzéseiből több magyarországi nap- és szélerőmű üzemeltető kap globálsugárzás és 100-méteres szélsebesség adatokat 15-percenkénti gyakorisággal.

A fejlesztés során az AROME és az AROME-EPS globálsugárzás és 100-méteres szélsebesség előrejelzéseinek javítását 5 földrajzi pontban tűztük ki célul, melyekben nap- és szélerőművek működnek. A 3 szélerőmű Magyarország északnyugati részén, míg a 2 napelemfarm az ország középső részén helyezkedik el. A hibakorrekcióra irányuló utófeldolgozási módszereknek nagyon fontos kiindulási adatai a mérések. Az alábbi fejlesztéseknél felhasznált mérések többféle forrásból származnak (*1. táblázat*). A szélviszonyokra vonatkozóan az OMSZ-nak 10-méteres magasságban vannak a teljes országot lefedő mérései, ezek azonban nem alkalmasak a magasabb rétegek áramlási jellemzőinek leírására. Ezért különösen fontosak azok a szélerőművek 100-méteres rotormagasságában történő (szélsebesség és szélirány) mérések, melyeket az OMSZ egyik partnere bocsátott rendelkezésünkre a fejlesztéshez a fenti 3 északnyugati (továbbiakban A, B és C) pontra 15-perces gyakorisággal. A globálsugárzásra ugyancsak kaptunk a partnerünktől 15-perces sűrűségű méréseket az említett 2 közép-magyarországi (továbbiakban D és E) pontra. Ezeket elsősorban az AROME előrejelzésekre kifejlesztett utófeldolgozáshoz használtuk; az AROME-EPS esetében bevontuk az OMSZ méréseit is, amelyeket – bár térben valamivel távolabb esnek – megbízhatóbb minőségűnek tartunk. Az OMSZ sugárzásmérő hálózatából 7 állomást választottunk ki (Aszód, Budapest, Debrecen, Kecskemét, Pécs, Szeged, Tápiószele), melyek közül 4 közel esik a fenti napelemparkokhoz, 3 pedig az ország távolabbi tájain helyezkedik el (utóbbiak bevonásával azt vizsgáltuk, hogy az OMSZ hálózatából kiválasztott megbízható mérések felhasználásával tudjuk-e tetszőleges földrajzi pontra javítani az előrejelzést). Az OMSZ mérőállomásai 10 percenként szolgáltatnak adatokat, ezért ahhoz, hogy össze tudjuk őket hasonlítani az AROME-EPS 15-percenkénti előrejelzéseivel,

Utófeldolgozott előrejelzés	Módszerek	Bemenő előrejelzés			Bemenő mérés		
		Változó	Földrajzi hely	Magassági szint	Változó	Földrajzi hely	Magassági szint
AROME 100 m-es szélsebesség	egypontos	szélsebesség, szélirány, nyomás, hőmérséklet	előrejelzési rácspont 2 rácstávolságnyi környezete	80, 90, 100, 110, 120 m	szélsebesség, szélirány	mérési pont	100 m
AROME globálsugárzás	egypontos	globálsugárzás	előrejelzési rácspont 2 rácstávolságnyi környezete	felszín	globálsugárzás	mérési pont	felszín
	egypontos	hőmérséklet	előrejelzési rácspont 2 rácstávolságnyi környezete	2 m	hőmérséklet	legközelebbi OMSZ mérési pont	2 m
AROME-EPS 100 m-es szélsebesség	TN EMOS LN EMOS TN DRN LN DRN	szélsebesség	mérésekhez legközelebbi rácspont	100 m	szélsebesség	összes (3) mérési pont	100 m
AROME-EPS globálsugárzás	CL0 EMOS CN0 EMOS	globálsugárzás	mérésekhez legközelebbi rácspont	felszín	globálsugárzás	összes (7) mérési pont	felszín

1. táblázat. Az utófeldolgozás során felhasznált adatok jellemzői

30-percre vonatkozó átlagolást végeztünk mind a méréseken, mind az előrejelzéseken. A partneri méréseket a továbbiakban – tekintettel az adatok bizalmas jellegére – anonim módon szerepeltetjük, ezért a mérési helyszínek és az adatok forrása a szövegben nem azonosítható. A közvetlenül javítani célzott meteorológiai változókon kívül az AROME előrejelzések utófeldolgozása során felhasználtuk az OMSZ mérőhálózatából az előrejelzési ponthoz legközelebb eső állomások hőmérsékleti adatait is megvizsgálva, hogy több változó figyelembevétele hozzájárul-e az előrejelzés javításához (a cikkben ennek elemzésére nem térünk ki).

AROME előrejelzések utófeldolgozása gépi tanulásos módszerekkel

A gépi tanulás egyik eszköze a neurális hálózat, melynek alapjait már a 60-as években kidolgozták, ám akkoriban még nem állt rendelkezésre elegendően nagy adatmennyiség és megfelelő számítógépes kapacitás. Ma már szinte mindenhol megtalálhatók a neurális hálók, s a meteorológiában is alkalmazzák ezeket a módszereket pl. az előrejelzések készítése vagy utólagos korrekciója során. A gépi tanulás modelljére gondolhatunk úgy, mint egy bemeneti és kimeneti csatornákkal rendelkező, konfigurálható gépre. Ezeket a módszereket három nagy osztályba soroljuk. (1) A felügyelt tanulás (supervised learning) során a modell kimeneteleit az elvárt kimenettel összehasonlítva (pl. egy adott képen kutya vagy macska látható) minimalizáljuk a hibát. (2) A nem felügyelt tanulás (unsupervised learning) esetén nincsenek elvárt kimenetek, ilyenkor a modell a bemeneti adatok belső struktúráját, felépítési logikáját, csoportosulását tanulja, találja meg (pl. azt, hogy mik a kutyákat ábrázoló képek jellemzőbb tulajdonságai). (3) A visszaigazolásos tanulás (reinforcement learning) esetében sincsenek elvárt kimenetek, a modell bemenetekre adott válaszát értékeljük, és az értékelést maximalizáljuk a tanulás során (pl. egy útkereső algoritmusban a célhoz közelebb vivő lépést díjazzuk, míg a céltól távolabb vivőt büntetjük).

Az AROME előrejelzéseire kifejlesztett neurális hálózatok a felügyelt tanulás osztályába tartoznak. Ezek az emberi agyhoz és idegrendszerhez hasonlóan megtanulják adott bemenetre az előnyös választ. Építőkockái a neuronok, melyek között az információ adott irányban terjed. A bejövő információkat az egyes neuronok tanulható módon összesítik, majd továbbítják. Az elsődleges bemeneti adatok az AROME modell napi 8-szori szélsebesség és sugárzás előrejelzései 15-perces felbontással. Az elvárt kimenetek az előrejelzés időtartamában mért 100-méteres szélsebesség és felszínre érkező sugárzás. Az alábbiakban részletezett ún. egypontos előrejelző modelltípus előrejelzésenként minden 15-percenkénti időtávra külön tanul, így minden időtávra egy-egy almodellt kapunk, s ezek összessége teszi ki az egész intervallum utófeldolgozási modelljét. A globálsugárzás napi eloszlása miatt

az előrejelzések 4:30-tól 17:30 UTC-ig terjedő időszakában végeztünk utófeldolgozást. A modelltípus kétféle bemenet kezelésére alkalmas: alapesetben kizárólag az AROME előrejelzéseiből dolgozik, illetve az előrejelzés kezdetét megelőző időtartamból származó mérések fogadására is képes. A szélsebesség előrejelzések javításánál figyelembe vett változók a 2 m-es hőmérséklet, 100 m-es szélirány és szélsebesség, a sugárzásnál pedig a globálsugárzás és a 2 m-es hőmérséklet. Az előrejelezni kívánt pont 2 rácstávolságnyi környezetéből is vettünk az adatokat, a szél esetében pedig a 80 és 120 m közötti 5 szint előrejelzését is megkapta a gépi tanulásos modell (*1. táblázat*), ezáltal a változók térbeli eloszlásáról is információt nyerve. A módszer előrejelzéseket feldolgozó része a szélsebesség esetében egy speciálisan felépített 4, míg a sugárzás esetében 3 rejtett rétegű perceptron (multi-layer perceptron; MLP).

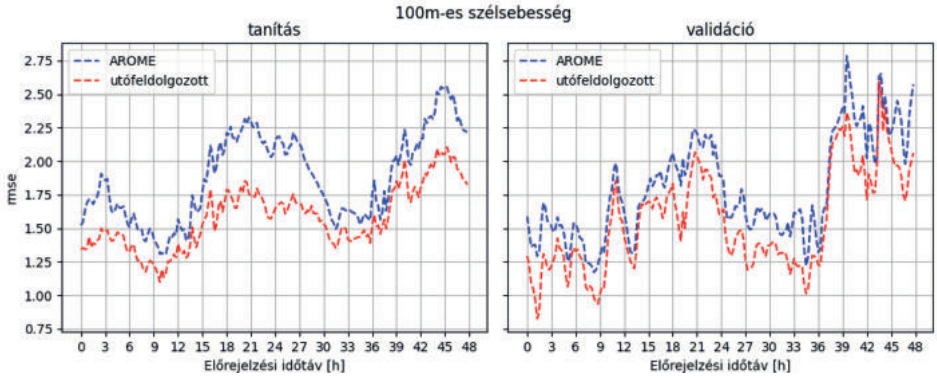
Az adathalmazt többnyire 2 vagy 3 részre osztják: (1) a modell a tanítóhalmazon tanul, mely általában a leghosszabb és a legtöbbféle mintát tartalmazza; (2) a validációs halmazon a modell generalizációját, vagyis általánosítási képességét mérik (azaz azt, hogy a modell hogyan teljesít a tanításban részt nem vevő adatokon); (3) az opcionális teszthalmazon az optimális paraméterek hangolása után a kész modellt tesztelik. A teszthalmaz szerepe egy nagyobb szintű generalizáció mérése, ugyanis a validációs halmaz a modellparaméterek (akár kézi) optimalizálásán keresztül implicit módon kihat a tanulási folyamatra. Ezeknél a módszereknél ideális esetben többéves adatsoron történik a tanítás. A fejlesztéshez 1–2 év adatai álltak rendelkezésünkre, s ilyen rövid időszak esetén az időszak sorsolt 80%-a alkotta a tanítóhalmazt, a fennmaradó 20% pedig a validációs halmazt. A generalizáció hiteles mérése érdekében a tanítás, a validáció és az esetleges tesztelés független adathalmazokon történik. A tanítás során az átlagos négyzetes hibát (illetve annak négyzetgyökét; RMSE, azaz root mean squared error) optimalizáltuk, a hatást pedig az RMSE változás és az eredeti előrejelzés RMSE-nek hányadosával mértük.

A 100-méteres szélsebességre vonatkozó nyers AROME előrejelzések eltérő jellemzőkkel bírnak a vizsgált pontokban (*Deczki*, 2021). A különbségek elsősorban a domborzati eltérésekből erednek: az A pontban szisztematikus alábecslés, a B pontban fölébecslés, a C pontban pedig nullához közeli átlagos hiba tapasztalható. Az RMSE az időszak jelentős részében 2 m/s alatti, és általában az éjszakai órákban 0,5–1 m/s-mal nagyobb, mint nappal. A gépi tanulásos módszerek alkalmazásánál az esetek zömében a validációs hiba általában nagyobb, mint a tanítási időszakon (*2. táblázat, 1. ábra*). Ennek kézenfekvő magyarázata, hogy a modell paramétereit a tanító halmazon optimalizáljuk, a validációs halmaz a tanításban nem vesz részt, így rejtve marad a modell számára. A szélsebesség előrejelzés átlagos javulása a validációs halmazokon bemeneti mérésekkel 10%, míg bemeneti mérések nélkül 11% (*2. táblázat*). A bemeneti mérések nem javították szignifikánsan az előrejelzésen, melyet az időszak rövidsége okozhat. A pontszerű javulás mértéke függ a földrajzi helytől, pl. a B helyszín esetében elérte a 15%-ot, az A helyszín esetében kb. feleekkora volt.

A globálsugárzás előrejelzéseket a partnerek méréseivel összevetve a D és E pontokban, az AROME fölébecsli a nagy (650 W/m^2 feletti) sugárzásértékeket; az RMSE nyáron a 250 W/m^2-t is eléri, ősszel és télen

	A helyszín		B helyszín		C helyszín	
	mérésekkel	mérések nélkül	mérésekkel	mérések nélkül	mérésekkel	mérések nélkül
tanítás	8,8	5,6	15,6	11,3	12,0	11,3
validáció	7,0	7,2	13,8	15,0	9,3	10,8

2. táblázat. Relatív RMSE változás (%) az AROME 0 UTC-kor készülő 100-méteres szélsebesség előrejelzéseire az egypontos módszer mérésekkel, illetve anélkül történő alkalmazásával, 3 partneri mérési helyszínre. A tanítás/validáció a 2020/4/15–2020/12/31 időszak 80/20%-án történt.

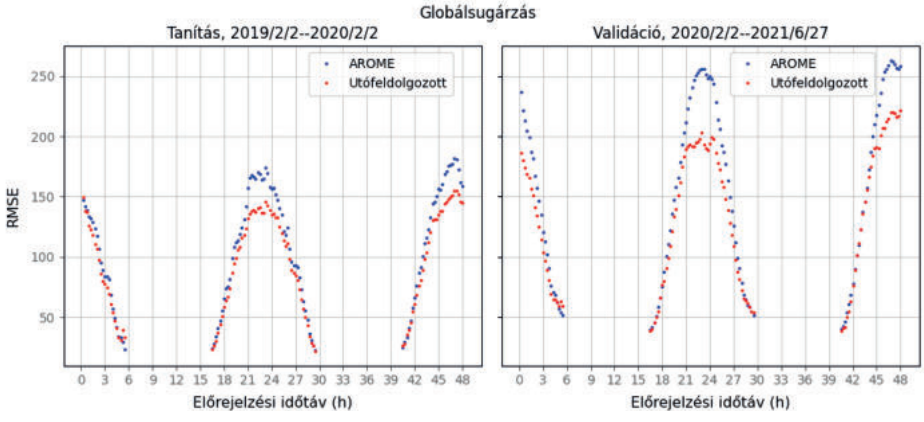


1. ábra. A 0 UTC-kor készülő nyers (kék) és utófeldolgozott (piros) 100 m-es szélsebesség előrejelzésekhez tartozó RMSE (m/s) a B helyszínre az előrejelzési időtáv függvényében, méréseket is felhasználva a korrekció során, a tanítás (bal) és a validáció (jobb) időpontjainak átlagában.

		D helyszín		E helyszín	
		mérésekkel	mérések nélkül	mérésekkel	mérések nélkül
0 UTC	tanítás	20,7	16,7	11,4	7,8
	validáció	20,5	20,0	9,8	10,1
12 UTC	tanítás	19,5	17,3	8,9	10,1
	validáció	20,7	20,7	10,7	6,9

3. táblázat. Relatív RMSE változás (%) az AROME 0 és 12 UTC-kor készülő globálsugárzás előrejelzéseire az egypontos módszer mérésekkel illetve anélkül történő alkalmazásával, 2 partneri mérési helyszínre. Az E helyszín 12 UTC-hez tartozó modelljei esetében a tanítási időszak 2019/2/2–2020/2/2, a validációs időszak 2020/2/2–2021/6/27. A többi esetben a 2020/4/17–2021/3/29 időszak 80/20 %-án történt a tanítás/validáció.

viszont alig haladja meg a 100 W/m^2-t (*Deczki*, 2021). A verifikációt az OMSZ legközelebbi méréseivel is elvégezve viszont éppen a nagy értékek alábecslése jellemző, ami arra utal, hogy a partnerek mérőeszközei ebben a sugárzástartományban nem mérnek megfelelően. A 0 UTC-kor készített globálsugárzás előrejelzések esetében kb. 15% átlagos javulás érhető el a kifejlesztett módszerrel (*3. táblázat*). A mértéke ezúttal is függ helyszíntől: a D mérési pontban gyakran kétszeres javulást ért el az utófeldolgozás az E helyszínhez képest. Az E pontra végzett kísérletekben szimuláltuk az operatív megvalósítást (l. később): azaz az egyéves tanítási időszakot időben követte a validációs időszak. Utóbbi másfél évet ölelt fel, ez alatt a sugárzásértékek és a partneri mérésekhez viszonyított előrejelzési hibák magasabbak voltak, mint az éves átlag (*2. ábra*). Mindazonáltal a módszer – méréseket is használva – tudta tartani az előző évben elért javulást.



2. ábra. A 12 UTC-kor készülő nyers (kék) és utófeldolgozott (piros) globálsugárzás előrejelzéshez tartozó RMSE (m/s) az E helyszínre az előrejelzési időtáv függvényében, méréseket is felhasználva a korrekció során, a tanítási (bal) és a validációs (jobb) időszak átlagában.

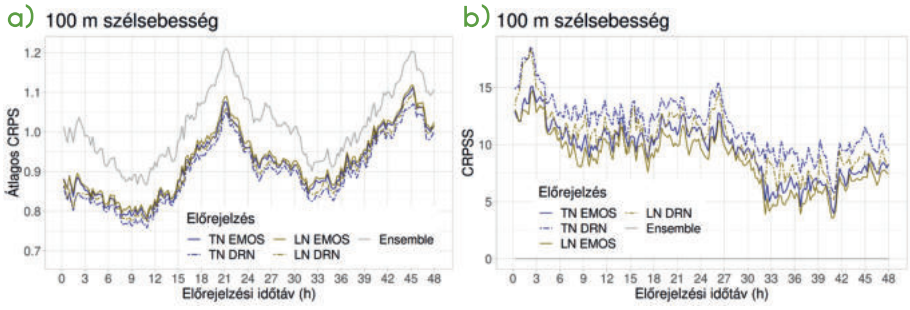
AROME-EPS előrejelzések utófeldolgozása paraméteres modellek segítségével

Az ensemble előrejelzések hibája javításának egy másik lehetséges módja az a statisztikai utófeldolgozás, ahol a paraméteres modellek az egyes légköri elemeket leíró eloszlást állítják elő. Nagyon egyszerű, de igen hatékony paraméteres technika a nem-homogén regresszió vagy ensemble model output statistics (EMOS; *Gneiting et al.*, 2005), ahol az előrejelző eloszlás egyetlen paraméteres (pl. lognormális) eloszláscsaláddal adható meg, aminek paraméterei az ensemble előrejelzés előre megadott (pl. kontroll tagtól, ensemble szórástól függő) függvényei. Az utófeldolgozás így lényegében ezen paraméterek becslése, amit múltbeli előrejelzés–megfigyelés párok (tanuló adatok) segítségével végeznek. Az egyes időjárási mennyiségekhez tartozó EMOS modellek csupán a vizsgált eloszláscsaládban és/vagy az előrejelzéseket az eloszlás paramétereivel összekötő függvényekben különböznek. Az EMOS modellezés általánosításaként fogható fel a distributional regression network (DRN; *Rasp* and *Lerch*, 2018), ahol ezeket a paraméteres összekötő függvényeket egy neurális háló helyettesíti, ami jóval általánosabb kapcsolatot enged meg az ensemble előrejelzések és az előrejelző eloszlás paraméterei között.

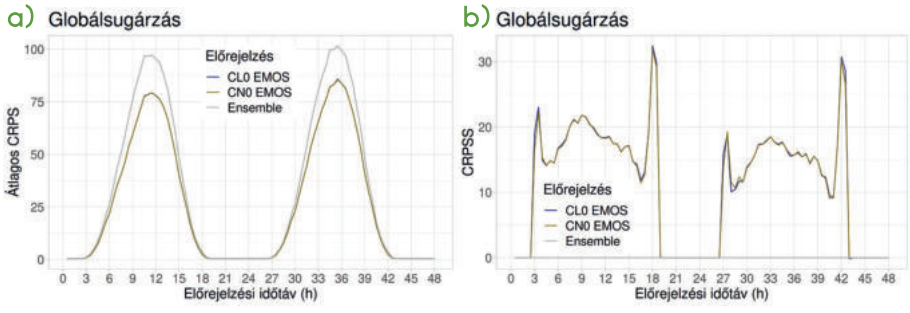
Mind az AROME-EPS 100 m-es szélsebesség előrejelzései esetén, mind pedig a globálsugárzás előrejelzéseknél 2 különböző előrejelző eloszlás illeszkedését vizsgáltuk. Szélsebességnél – annak nem-negatív volta miatt – a nullában alulról csonkított normális (truncated normal, TN; *Thorarinsdottir* and *Gneiting*, 2010) illetve a log-normális (LN; *Baran* and *Lerch*, 2015) eloszlásokon alapuló EMOS modellt teszteltük, valamint az ezen eloszlásokon alapuló DRN technikát is (TN DRN, LN DRN; *Baran* and *Baran*, 2021). A globálsugárzás előrejelzések utófeldolgozásánál egy univerzális modellnek kezelnie kell az éjszakai órákat is, megadva a 0 W/m^2 sugárzás valószínűségét.

Erre a nullában alulról cenzorált logisztikus (CL0), illetve cenzorált normális (CN0) EMOS modellt (*Schulz et al*., 2021) alkalmaztuk. Az említett EMOS modellek helyparamétere a kontroll tagtól, a perturbált tagok átlagától, valamint globálsugárzás esetén a 0 W/m^2 előrejelzések arányától, a skálaparamétere pedig az ensemble szórásától függ. A TN DRN és LN DRN modelleknél a hely- és skálaparamétereket előállító függvényeket egy egyetlen, 25 neuronból álló rejtett réteget tartalmazó MLP neurális háló helyettesíti, melynek bemenő adatai a kontroll tag, a 10 perturbált tag átlaga és szórásnégyzete.

Mindkét vizsgált időjárási változó esetén gördülő tanulóperiódust használtunk, azaz egy adott időpontra vonatkozó előrejelző eloszlás paramétereit az azt megelőző napok előrejelzései és megfigyelései segítségével becsültük. Ez szél esetén 51, globálsugárzásnál pedig 31 napos tanulóperiódust jelentett (*Baran* and *Baran*, 2021; *Schulz et al*., 2021). Az előbbi mennyiségnél lokális modelleket készítettünk mindhárom helyszínre, míg az utóbbinál az OMSZ 7 helyszínre (Aszódra, Budapestre, Debrecenre, Kecskemétre, Pécsre, Szegedre, Tápiószelére) vonatkozó 10-percenkénti mérési adatait együtt kezeltük, egyetlen regionális modellt illesztve azokra. Ez a módszer lehetővé teszi az előrejelző eloszlások extrapolálását további helyszínekre (pl. egy tetszőleges napelemfarm helyszínére). Ahogyan említettük, a partneri méréseket, azok gyengébb minősége miatt, itt már nem használtuk fel. A mérési és az előrejelzési adatok eltérő időbeli sűrűsége miatt a szélsebesség esetén 15-, a globálsugárzásnál pedig 30-perces időléptékű előrejelző eloszlásokat tudtunk előállítani. Az EMOS modelleknél minden egyes időlépcsőt külön kezeltünk, míg a DNR modelleknél egy-egy hálót tanítottunk be a 0 és 24 óra közötti illetve a 24 és 48 óra közötti időtávra optimalizálva a tanulóadatokon vett átlagos CRPS (continuous ranked probability score) értékét. A CRPS az ensemble előrejelzés és a mérési adatsor eloszlásfüggvényét hasonlítja össze, s minél alacsonyabb értéket vesz fel, annál jobbnak tekintjük az előrejelzett eloszlást. Kiszámítottuk a CRPSS (skill) mutatót is, ami a nyers ensemble előrejelzéshez viszonyítja a CRPS változását, s minél magasabb az értéke, annál nagyobb a javulás. Az egyes előrejelzéseket a 2020. július 1. – 2021. június 30. időszak adatain verifikáltuk és hasonlítottuk össze.



3. ábra. A nyers (szürke) és utófeldolgozott (színes) 100 m-es szélsebesség előrejelzések átlagos CRPS értékei (m/s; bal) és a nyers előrejelzésekhez viszonyított CRPSS értékek (%; jobb) az előrejelzési időtáv függvényében.



4. ábra. A nyers (szürke) és utófeldolgozott (színes) globálsugárzás előrejelzések átlagos CRPS értékei (W/m^2; bal) és a nyers előrejelzésekhez viszonyított CRPSS értékek (%; jobb) az előrejelzési időtáv függvényében.

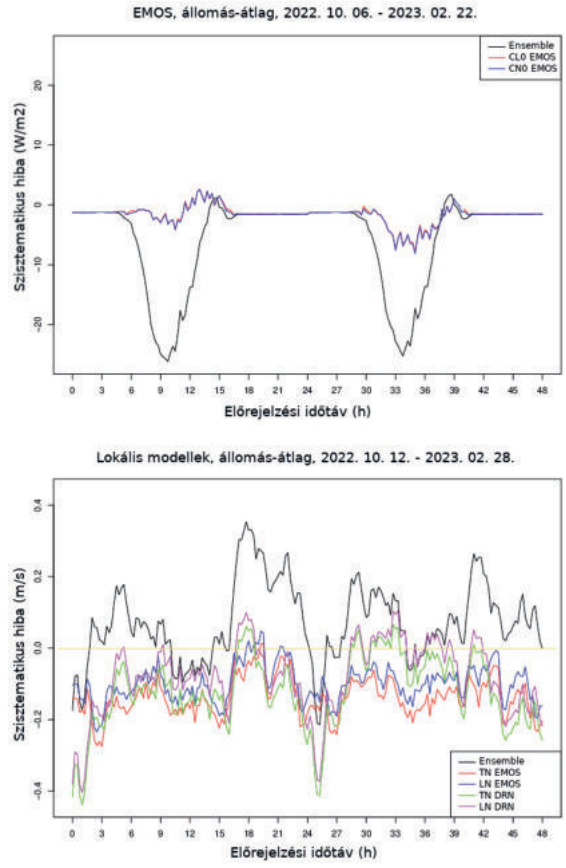
A 100-méteres szélsebesség esetén mindegyik utófeldolgozó modell jelentősen csökkentette a CRPS mutató értékét, de megtartotta annak napi jellemzőit (azaz az éjszakai magasabb értékeket; *3a. ábra*). Az AROME-EPS előrejelzésektől való eltérések statisztikailag is szignifikánsak. Az egyes modellek egymáshoz való viszonya jobban megérthető a *3b. ábra* CRPSS értékei segítségével, ahol látszik, hogy a DRN modellek mindegyik időlépcső esetén jobban teljesítettek az azonos eloszláson alapuló EMOS modellnél. A legjobban teljesítő TN DRN modell átlagos CRPS értéke az AROME-EPS átlagos CRPS értékének 88,3%-a, ezt követi az LN DRN (89,4%), TN EMOS (90,4%), LN EMOS (91,3%) és TGEV EMOS (91,7%).

A globálsugárzás utófeldolgozására használt CL0 és CN0 EMOS modellek teljesítménye között minimális az eltérés, a nyers előrejelzésekhez mért javulás azonban jóval nagyobb, mint a szélsebesség esetén (*4. ábra*). A CL0 EMOS átlagos CRPS értéke az AROME-EPS átlagos CRPS értékének százalékában 7,5 W/m^2 feletti megfigyelt globálsugárzásnál (azaz a nappali időszakokat figyelembe véve) 82,6%, a CN0 EMOS ugyanezen mutatója pedig 82,7%. Mindkét modell alkalmas arra, hogy kezelje az éjszakai időszakot, a CRPSS értékekben történő kiugrásokat (3 és 18 UTC környékén) a kis értékekkel való osztás okozza. Teszteltük a regionális CL0 EMOS modell extrapolációját is a partneri sugárzásmérések helyszínére. Itt a javulás csupán 9,5%, de ezt okozhatják az itt telepített mérések pontatlanságai is.

Beépítés az operatív rendszerbe

Az AROME előrejelzések utófeldolgozására kifejlesztett egypontos módszert időről időre (pl. évente) újra kell tanítani annak érdekében, hogy az időjárás-előrejelző modellen időközben végbement fejlesztéseket figyelembe vegyük. A műveletet minden egyes földrajzi pontra, meteorológiai változóra és előrejelzési időtávra el kell végezni, amire a módszert használni szeretnénk. Minél hosszabb a tanítási idősor, annál jobb eredményeket kaphatunk, ugyanakkor a rendkívüli mennyiségű adat mozgatása miatt jelenleg csak 1 évre szorítkoztunk, s az operatív implementáció előtt a 2021. szeptember 1. és 2022. augusztus 31. közötti időszakon tanítottuk újra a módszert. Az adatok előkészítése után a tanítás futtatása (CPU alapú számítógépen) 4-5 órát vesz igénybe, aminek nagy része a (NetCDF formátumú előrejelzési és ASCII formátumú partneri mérési) adatállományok megnyitásával és az adatok memóriába olvasásával telik. Ha végeztünk a tanítással, az operatív előrejelzések javítása már percek alatt elkészül. Ezt a 0 UTC-kor induló AROME futtatásra végezzük el, ennek során összegyűjtjük az aktuális AROME előrejelzést, valamint a futtatást megelőző 12 órából az OMSZ-os és partneri méréseket, amiket a módszer szintén használ a kezdeti korrigáláshoz. Az eredményt ASCII állományként kapjuk meg, ami tartalmazza az előrejelzési időpontokra vonatkozó javított eredmény értékeket.

Az AROME-EPS előrejelzésekre minden bemutatott módszerrel egymás után lefut az utófeldolgozás a globálsugárzás esetében 7 OMSZ-os mérőállomás helyszínére, a 100-méteres szélsebességre pedig a 3 partneri mérési helyszínre. A gördülő tanuló periódus



5. ábra. Az ensemble átlag szisztematikus hibája globálsugárzásra (W/m^2; fenn) 7 OMSZ-os mérési pontra és 100 m-es szélsebességre (m/s; lenn) 3 partneri mérési pontra a nyers (fekete) és a különböző módszerekkel (fenn: regionális CL0 EMOS – piros, CN0 EMOS – kék; lenn: lokális TN EMOS – piros, LN EMOS – kék, TN DRN – zöld, LN DRN – rózsaszín) utófeldolgozott AROME-EPS előrejelzésekre az előrejelzési időtáv függvényében.

előnye, hogy a módszereket nem kell előzetesen egy hosszú időszakon – számos adat mozgatásával – betanítani, azok folyamatosan, az operatív futtatás közben megtanulják a modellfejlesztéseket is. A tanítás akkor optimális, ha 31, illetve 51 napra visszamenően minden időpontra és állomásra rendelkezésre állnak a mérések és az előrejelzések. A napi adatok kigyűjtése több időt vesz igénybe, mint maga az utófeldolgozás, ugyanis az OMSZ 10-perces globálsugárzás méréseit, illetve a rácsponti nyers előrejelzés értékeket (a megfelelő állomásokhoz legközelebbi rácspontokra) NetCDF formátumú, nagyméretű állományokból kell kinyerni. Ezért az eljárást az AROME-EPS 0 UTC-kor inicializált futásához úgy csatoltuk, hogy minden nap gyűjtse össze a fenti adatokat, így ezek elkészülte után az utófeldolgozást végző szerveren (8 CPU-n) néhány perc

alatt előáll a javított produktum is. Az erőművi termelésbecslés menetrendezéséhez szükséges 15-perces gyakoriság miatt a 10-perces globálsugárzás méréseket a köztes időpontokra átlagoljuk. Mérési adat hiánya esetén is elkészítjük a javított előrejelzést, azonban folyamatosan figyeljük, mekkora az adathiány, mivel az befolyásolja a produktum minőségét. Ritkán előfordulhat, hogy az AROME-EPS előrejelzés nem fut le. Egy ilyen napon nem készül produktum, a későbbiekben pedig az illesztésből, illetve tanításból kihagyjuk ezt a napot, és egy nappal hátrébb lépünk az időben.

Rendszeresen készítünk verifikációs mutatókat és ábrákat, ezen felül havi szintű értékelést is az eredményekről. A 2022. októbertől 2023. januárig tartó 140-napos időszakra a CRPS-ben a várt mértékű javulást tapasztaltuk: a CN0 eloszlást használó EMOS módszerrel 7,5 W/m^2 feletti globálsugárzás értékekre az első napi előrejelzésekre átlagosan 11,8%, míg a második napra 7,2% a javulás. A CL0 eloszlásra ennél ugyan valamivel jobb eredményt kaptunk, azonban a CN0 EMOS numerikusan stabilabbnak bizonyult. A 100-méteres szélsebességre a legnagyobb CRPS javulást a lokális tanítást használó TN DRN gépi tanulásos módszer adta, mértéke az előrejelzés első napján 12,7%, a másodikon 9,4%. A módszerek hatékonysága látszólag kisebb, mint a fejlesztési fázisban, aminek több oka lehet: a vizsgált időszakból hiányzik a nyári szezon, amikor az ensemble tagok szórása, illetve maga a globálsugárzás nagyobb; a partneri szélmérésekben előfordulnak adathiányok; 2022 óta modellfejlesztések történtek az operatív AROME-EPS-ben. Az utófeldolgozásnak köszönhetően a szisztematikus hiba is csökkent a globálsugárzásra (*5. ábra*). Mindkét paraméter esetében nő az ensemble szórás, megközelítve az ensemble átlag RMSE-t, ezzel reprezentatívabb leírását adva az előrejelzési bizonytalanságnak.

Összefoglalás

Az AROME és az AROME-EPS globálsugárzás és 100-méteres szélsebesség előrejelzéseinek javítására paraméteres és gépi tanuláson alapuló statisztikai utófeldolgozási módszereket fejlesztettünk ki. Ezek a rendelkezésre álló mérési és modell adatok felhasználásával hozzávetőlegesen 10–20%-kal javítják a nyers előrejelzések négyzetes hibáját, illetve az ensemble előrejelzések eloszlását. A bemutatott technikákat 2023. március óta tesztjelleggel alkalmazzuk az operatív előrejelzéseken. Az utófeldolgozás azonban nem helyettesíti az előrejelző modell folyamatos fejlesztését, ugyanis a fizikai folyamatok pontosabb leírása az utóbbi révén valósítható meg, míg az előbbi segítségével egy-egy paraméter statisztikai jellemzőit közelítjük a mérésekhez. Ezek a legjobb eredményeket akkor adják, ha a felhasználó jó minőségű és nagy megbízhatósággal rendelkezésre álló mérési adatokat tud biztosítani a kívánt helyszínre vonatkozóan (például egy nap- vagy szélerőmű közelében), melyekkel az utófeldolgozási módszerek eredményesen taníthatók.

Irodalom

Baran, S., Baran, Á., 2021: Calibration of wind speed ensemble forecasts for power generation. *Időjárás 125*, 4, 609–624. https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.4.4

Baran, S., Lerch, S., 2015: Log-normal distribution based Ensemble Model Output Statistics models for probabilistic wind speed forecasting. *Q. J. R. Meteorol. Soc. 141*, 2289–2299. https://doi.org/10.1002/qj.2521

Deczki Z., 2021: Rövidtávú előrejelzések kiértékelése a megújuló energia célú felhasználásra. *MSc diplomamunka*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Meteorológiai Tanszék.

Gneiting, T., Raftery, A.E., Westveld, A.H., Goldman, T., 2005: Calibrated probabilistic forecasting using ensemble model output statistics and minimum CRPS estimation. *Mon. Weather Rev. 133*, 1098–1118. https://doi.org/10.1175/MWR2904.1

Haiden, T., Janousek, M., Vitart, F., Ben-Bouallegue, Z., Ferranti, L., Prates, F., Richardson, D., 2022: Evaluation of ECMWF forecasts, including the 2021 upgrade. *ECMWF Technical Memorandum 902*. https://doi.org/10.21957/xqnu5o3p

Jávorné Radnóczi, K., Várkonyi, A., Szépszó, G., 2020: On the way towards the AROME nowcasting system in Hungary. *ALADIN-HIRLAM Newsletter 14*, 65–69.

Rasp, S., Lerch, S., 2018: Neural networks for postprocessing ensemble weather forecasts. *Mon. Weather Rev. 146*, 3885–3900. https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0187.1

Schulz, B., El Ayari, M., Lerch, S., Baran, S., 2021: Post-processing numerical weather prediction ensembles for probabilistic solar irradiance forecasting. *Sol. Energy 220*, 1016–1031. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.03.023

Thorarinsdottir, T.L., Gneiting, T., 2010: Probabilistic forecasts of wind speed: Ensemble model output statistics by using heteroscedastic censored regression. *J. R. Stat. Soc. A. 173*, 371–388. https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2009.00616.x

Tóth, H., Homonnai, V., Mile, M., Várkonyi, A., Kocsis, Zs., Szanyi, K., Tóth, G., Szintai, B., Szépszó, G., 2021: Recent developments in the data assimilation of AROME/HU numerical weather prediction model. *Időjárás 125*, 4, 521–553. https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.4.1

Szélenergia innovációk a világban

Péliné Németh Csilla[1], Bíróné Kircsi Andrea[2], Dobi Ildikó[3]
[1] MH Légierő Parancsnokság, peline.csilla@mil.hu
[2] EPAM System
[3] Országos Meteorológiai Szolgálat

DOI:10.56474/legkor.2023.3.2

A megújuló energia hasznosítása, széleskörű elterjedése elengedhetetlen az éghajlatváltozás következményeinek mérséklésében, negatív hatásainak enyhítésében, a fenntartható energiatermelés kialakításában. Az időjárásfüggő megújuló energiaforrások kiaknázását célzó rohamos technológiai fejlődés tapasztalható a világban. Számos innovációról, újszerű megoldásról olvashatunk szaklapokban, elektronikus sajtóban, a fejlesztések sok esetben kombinált módon, a nap- és a szélenergia együttes hasznosításával törekednek a fosszilis energiahordozók felhasználásának drasztikus csökkentésére vagy helyettesítésére. Cikkünkben ezekből adunk ízelítőt.

Wind energy innovations in the world

The utilization and wide spread of renewable energy is essential in mitigating the consequences of climate change, mitigating its negative effects, and creating sustainable energy production. The world is experiencing rapid technological development aimed at exploiting weather-dependent renewable energy sources. We can read about numerous innovations and novel solutions in trade magazines and media, and in many cases, the developments strive to drastically reduce or replace the use of fossile fuels by using solar and wind energy together. We collect some examples of these in our article.

Bevezetés

Az éghajlatváltozás következményeinek mérséklése kulcskérdés jövőnk szempontjából. Az utóbbi évek globális problémái rávilágítottak arra, hogy a fosszilis üzemanyagok kivezetésének halogatása nem megoldás, cselekedni kell a nagyobb energiafüggetlenség megvalósítása és a nettó zéró kibocsátási cél elérése érdekében. A megújuló energia széleskörű felhasználása, a hibrid, többféle helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrás kombinált kiaknázása, akár villamos hálózati betáplálás nélküli, szigetüzemű rendszerek kialakítása biztonsági, gazdasági és társadalmi érdek. Természetesen a helyi adottságok, nevezetesen milyen megújuló energiaforrások állnak rendelkezésre, alapvetően meghatározzák a lehetséges fejlesztési irányokat, célokat. Ugyanakkor körültekintő tervezéssel kiegyensúlyozhatók az egyes energiaforrások

kiaknázhatóságának korlátai, technológiai, gazdaságossági gyengeségei. Jó példa erre Kaposvár város energia és távhőfejlesztése, ahol a földgáz felhasználást nagymértékben csökkentik a biomassza, a napelem park és a tervezett geotermikus energia felhasználásával. Ezen források kombinált felhasználása a földgázigény drasztikus csökkenését vonja maga után, mellyel jelentős költségeket takarítanak meg, figyelembe véve a földgáz magas világpiaci árát, továbbá nagy lépést tesznek az energiafüggetlenség irányába és nem utolsó sorban jelentősen csökkentik az üvegházgáz kibocsátást [**1**].

A technológia fejlődésével a megújuló energia felhasználásának rohamos előretörése figyelhető meg a világban. Számos innovatív megoldást olvashatunk a szaklapokban, weboldalakon, mely megfizethető, elérhető megoldások a könnyebb telepítést, a hatékonyabb működést, így a beruházás gyorsabb megtérülését segítik elő.

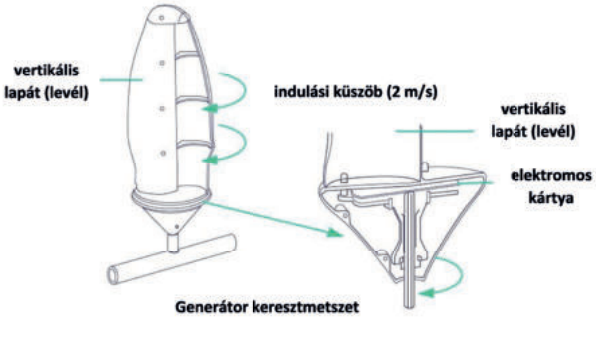
Cikksorozatunk ezen részében az időjárásfüggő (nap- és szélenergia) innovációkból adunk ízelítőt, a teljesség igénye nélkül.

Szélfa („Wind Tree")

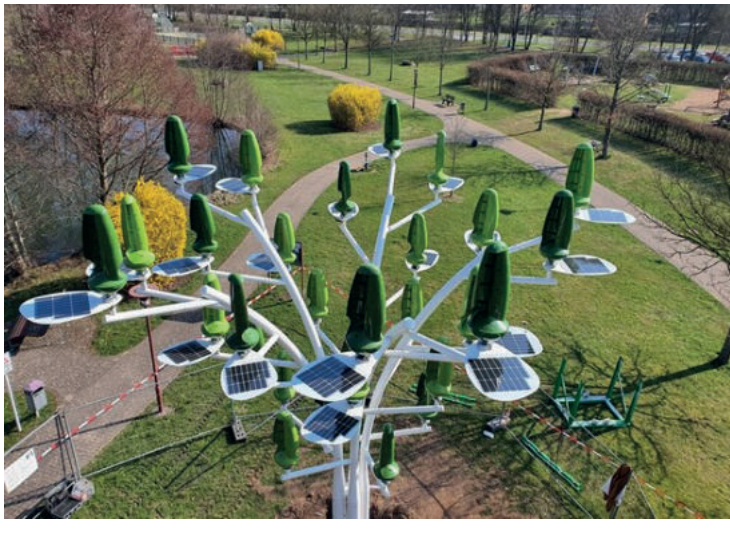
A hagyományos szélturbinák hátránya, hogy telepítésük költséges, helyigényesek és tájba nem illeszkedő megjelenésük miatt gyakran negatív kritikával illetik ezeket a tiszta energiát előállító rendszereket. Ezen tulajdonságuk, valamint zajterhelésük miatt városokban nem telepíthetők. Ezzel szemben az ún. szélfa (**Wind Tree**) egy olyan mesterséges, (az alap prototípus 11 méter magas, 8 méter koronaátmérőjű), legalább három acéltörzsből, illetve kisebb ágakból álló fa vagy bokor, mely miniatűr szélturbinákat tartalmaz levél alakban (Aeroleaf). A szélfa megalkotója, Jérôme Michaud-Lariviere – a New World Wind cég alapítója – szerint, egyéves időszakot tekintve, egy átlagos francia háztartás villamosenergia-fogyasztásának mintegy 80%-át képes előállítani a szerkezet. Városi környezetben való működéshez ideális a szélfa függőleges tengelyű mikroturbinája, az Aeroleaf (*1. ábra*), mely könnyű, gyantával kezelt műanyagból készített kúp. Alakja lehetővé teszi, hogy minden irányból hasznosíthassa a szél mozgási energiáját. Csendes generátora fogaskerekek és szíj nélkül készült, így mechanikus zajtól mentes [**2**] [**14**].

Ezeket az egy méter magas turbinákat már gyenge szélsebesség (2,5 m/s) is mozgásba hozza, és 43 m/s szélsebességig, illetve 50 m/s széllökésig működőképesek, így az év során, a nap nagy részében képes az energiatermelésre. Egyaránt telepíthetők szélfára, épületre vagy akár oszlopra is, az egyes turbinák maximális teljesítménye 300 W, amely megközelíti a hagyományos tetőre szerelt napelemek teljesítményét. A turbinák párhuzamosan vannak kapcsolva, így egyes tagok meghibásodása nem okozza a rendszer teljes leállását, azaz termeléskiesést. További előnye, hogy közepes méretű faként parkokban, kertekben is elhelyezhető a többi növény és fa közé (*2. ábra*). Létezik olyan modell is, mely fotovillamos cellákkal szerelt szirmokkal van ellátva, további 5%-kal növelve az energiatermelést. A szirmok (800 g, 3 mm vastag) felülete egyenként 0,3 négyzetméter, melyek 5 fokot zárnak be a vízszintessel, így a Venturi-hatás révén a szélsebesség emelkedik, ezáltal a megtermelt szélenergia mennyisége is növekszik.

A New World Wind különböző alakú, méretű, turbinaszámú szélfái mindegyike telepíthető fotovillamos szirmokkal kombinálva. A szélturbinák szükséges



1. ábra. Az Aeroleaf sematikus felépítése, keresztmetszete (Forrás: www.newworldwind.com).



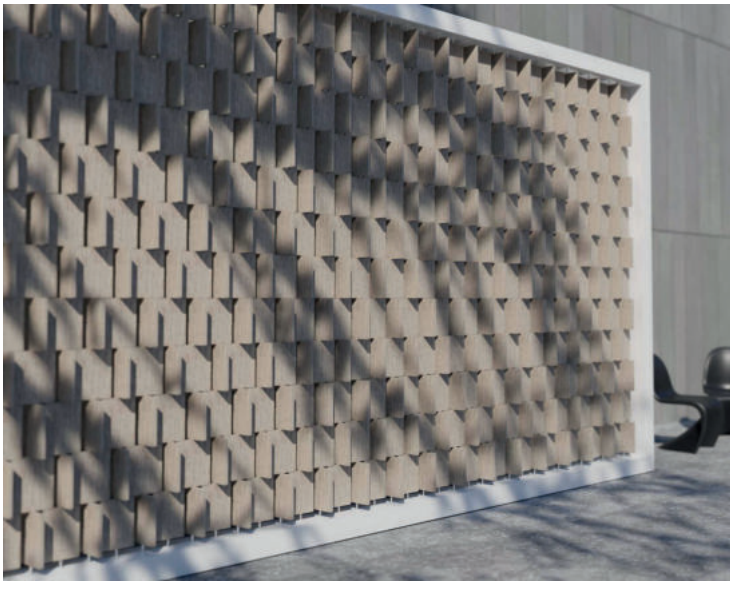
2. ábra. Szélfa (Wind Tree) egy parkban függőleges tengelyű mikroturbinákkal (Aeroleaf) és fotovillamos szirmokkal. (Forrás: www.newworldwind.com)

számát a megtermelni kívánt energiamennyiség és a beruházásra szánt költség határozza meg. Az egyes típusok energiatermelését az *1. táblázat* mutatja.

Az első prototípusokat 2013–2016 között tesztelték Franciaországban, Belgiumban és Németországban, a párizsi Concorde téren is telepítették több alkalommal a tesztidőszak során. Tesztüzemi alkalmazására került sor Szöulban, ahol egy nagyobb méretű Aeroleaf Wind Petal szerkezetet üzemeltettek egy töltőállomáson, hozzájárulva annak energiaigényéhez [**3**]. Az így megtermelt tiszta energia számos módon felhasználható, például irodák, parkolók, közösségi terek világítására, elektromos autók töltőállomásának energiafogyasztására.

Megnevezés	Névleges teljesítmény (kW)	Hibrid rendszer névleges teljesítménye (kW)	Alkalmazás
Aeroleaf	0,3	0,366	tető, terasz, utak mentén, telekommunikációs tornyok
Lotus (WindBush) 4 acéltörzs, 12 Aeroleaf	3,6	4,2	utak, városok, összetett környezet
Modular Tree (Wind Palm) 3-5 acéltörzs, 18-30 Aeroleaf	5,4-9,0	5,832-9,740	utak, kertek, parkok
Wind Tree 3 acéltörzs, 36 Aeroleaf	10,8	na.	cégek, közösségek

*1. táblázat. A New World Wind által fejlesztett szélfa maximális teljesítményei különböző konstrukciók esetén [**4**]*

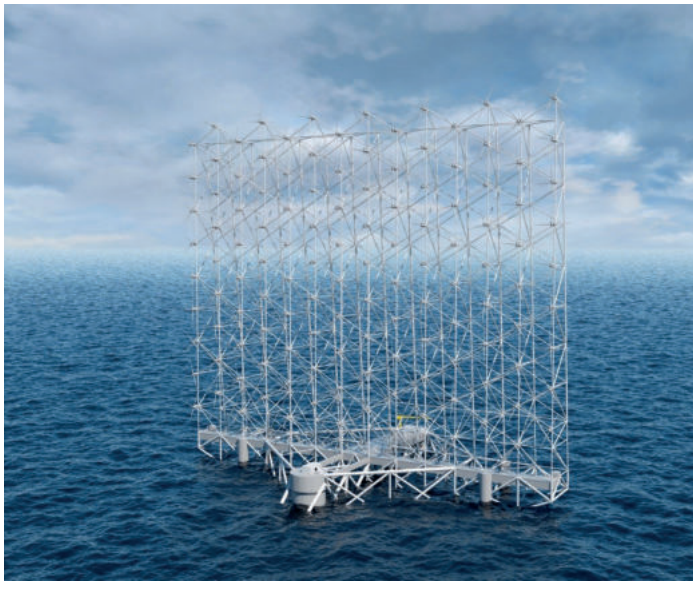


3. ábra. Egymástól függetlenül forgó szélturbinák a kinetikus falon (Forrás: www.designboom.com).

Kinetikus szélturbina fal („kinetic wall”)

A turbinák további innovatív, kifejezetten városi, elővárosi környezetben való alkalmazásának egy esztétikus módja az ún. kinetikus fal („kinetic wall”), mely megoldás során az épületek falai előtt vagy közelében egy különálló, forgó generátorokkal felszerelt falat építenek ki (*3. ábra*), és a helyben megtermelt energiát az épületek villamosenergia-fogyasztására használják fel, tárolják vagy táplálják be a villamosenergia hálózatba.

Ez a kis területigényű kinetikus szélturbina fal feltalálója, Joe Doucet azt tűzte ki célul, hogy esztétikusan ötvözi a technológiát és a művészetet a megújuló energia innovatív felhasználása, otthonunk energiaszükségletének kielégítése érdekében. A kis szélturbinák a szél által keltett forgó mozgásból tiszta, elektromos energiát állítanak elő (a 25 turbinából álló prototípus által termelt villamos energia mintegy 10.000 kWh/év), mely kiváló alternatívája a fosszilis üzemanyagok felhasználásának [**5**].



4. ábra. Úszó szélfogó látványterve, egyetlen rendszer akár 80 ezer háztartás energiafogyasztásának ellátására is képes (Forrás: Wind Catching System).

Úszó szélfogó („windcatcher”)

A norvég Wind Catching Systems tervezte azt a hatalmas szélerőműrendszert, amely egyszerre 100-nál is több turbinát képes működtetni, melyek lapátjai egy 324 méter magas vázra vannak szerelve. A szerkezetet az olajfúróknál alkalmazott módszerhez

hasonlóan, a tengerfenékhez rögzítik (*4. ábra*). Az ún. úszó offshore szélerőművek ötlete nem újkeletű (*Roddier et al.*, 2010)], azonban az úszó szélfogó többturbinás rendszer egy előremutató megoldás.

A *4. ábrán* látható 14 × 9 darab, 1 MW névleges teljesítményű turbinából álló szélfogó telep névleges teljesítménye 126 MW [**11**], mely 80 ezer háztartás energiaigényét fedezné, ráadásul várhatóan jóval hosszabb élettartammal rendelkezik, mint a hagyományos szélerőművek. A szélfogónál is kis méretű turbinákat alkalmaznak, így könnyebb és olcsóbb cserélni, karbantartani őket, mint a hagyományos szélerőműveket, ráadásul a teljes telep működését sem kell a javítás ideje alatt szüneteltetni. A tervezők szerint öt szélfogó telep képes ugyanannyi energia kinyerésére éves szinten, mint 25 darab 15 MW névleges teljesítményű hagyományos szélerőmű, jóval kisebb területet elfoglalva. Várakozásaik szerint ezzel a technológiával jelentősen csökkenthető a szélenergia előállítási költsége, növelve versenyképességét [**6**].

A norvég cég úgy tervezi, hogy hagyományos villamos hálózaton keresztül biztosítaná az ily módon termelt energiát, de az energiaköltségek emiatt nem lennének magasabbak.

PowerNEST, a szél- és napenergia termelés együttes alkalmazása városi környezetben

Az Ibis Power cég fejlesztette ki a legalább ötemelet magas épületek tetejére telepíthető PowerNEST (*Lunevich* and *Kloppenburg*, 2023) nevű hibrid megújuló energia rendszert (*5. ábra*), ami fotovillamos elemek és városi környezetben is alkalmazható szélrotorok kombinációja, mely hatékony és csendes megoldást nyújt a megújuló energia kinyerésére, helyben hasznosítására. A PowerNEST előnyei közt meg kell említeni, hogy jelentősen csökkenti az energiaköltségeket, a szén lábnyomot, és hozzájárul az emissziós vállalások teljesítéséhez. Közepes és magas épületek tetejére telepítve ezt a hibrid rendszert, 6–10-szeresére növelhető a megtermelt energia mennyisége, a hagyományos módszerhez, csupán napelemek alkalmazásához képest. A megtermelt energia mennyisége függ a tető beépíthető területétől (minimum 50 m^2), az épület magasságától (minimum 5 emelet), az épület tájolásától, földrajzi elhelyezkedésétől és a környezetében található, az áramlást módosító akadályoktól [**7**, **10**].

5. ábra. Az Ibis Power által fejlesztett PowerNEST hibrid rendszer egy épület tetején. (Forrás: desighboom.com).

6. ábra. A PowerNEST hibrid rendszer turbinákkal és napelemekkel.

Az Ibis Power sikerének titka a rendszer felépítésében rejlik, miszerint a turbinákat egy moduláris fémszerkezettel veszik körül (*6. ábra*), melynek aerodinamikai módosító hatása révén a levegő 40–60%-kal gyorsabb áramlásra kényszerül a Venturi hatás eredményeképpen (a szűkebb átmérőjű térrészben gyorsabb az áramlás) különösen magában a turbinában. A hagyományos szélturbináktól szokatlan, rendkívül csendes (<43 dB), vibrációmentes PowerNEST a turbinákat (*7. ábra*) a hatékonyabb, kétoldalas (BiFacial solar panel [**8**]) napelemekből álló tetővel fedi le, melyek mindkét oldalukon képesek villamos energiát előállítani. Tovább növeli a rendszer hatékonyságát, hogy a napelemek hűtését az alattuk áramló levegő biztosítja.

Hollandiában, Eindhovenben 2013 júliusában egy 70 méter magas épületre telepítettek egy PowerNEST modult négy turbinával és 296 napelem modullal, mely 140 MWh energiát termel évente. A 10 egységből álló rendszer felemelése három napot vett igénybe, és

7. ábra. Az Ibis Power által fejlesztett, 25 év életciklusú, PowerNEST hibrid rendszer vertikális turbinája, mely rendszerint 2-15 m/s szélsebesség mellett termel energiát, ugyanakkor akár 60 m/s-os szélsebességet is elvisel károsodás nélkül (Forrás: ibispower.eu).

néhány hét alatt állították üzembe [**9**]. A PowerNest rendszer adatlapja szerint [**7**] a meglévő épületek statikai terhelése mintegy 100 kg/m^2-rel növekszik. A turbinák és a napelem modulok garantált gyártói élettartama 25 év, az acélszerkezeté 50 év. A napelem modulok hatékonysága 0,6%-kal csökken évente.

A PowerNEST rendszer alkalmazásával egyszerű módon átalakíthatók lapostetős lakóépületek vagy irodaházak megújuló energia használatra, mellyel a fosszilis üzemanyagoktól való függésük nagyban csökkenthető vagy megszüntethető. Hollandiában már számos PowerNEST projekt megvalósult, illetve tervezik a rendszer telepítését más európai országokban és az Egyesült Államokban is [**9**].

Összefoglalás

A szél- és a napenergia hasznosítás területén látható pezsgő, gyors technológiai fejlődés, innováció láttán reménykedhetünk abban, hogy meg tudunk küzdeni korunk legnagyobb kihívásával, az éghajlatváltozással. Nyilvánvaló azonban, hogy a beruházások megvalósításához nem elégséges feltétel a tudósok által régóta kommunikált, ismert (mára már közismert) tény, mely szerint a fosszilis energiahordozók és az emberi tevékenység jelentős negatív hatással bír a komplex éghajlati rendszerre, melyben rendkívül gyors változásokat tapasztalunk. Mivel a kölcsönhatások, hatásmechanizmusok nem teljeskörűen leírtak, azaz még minden bizonnyal szembesülünk eddig soha nem látott problémákkal, visszafordíthatatlan folyamatokkal, így ezek alakulása attól is függ, hogy mennyire vesszük észre, hogy az utolsó pillanatban vagyunk, hogy cselekedjünk.

Önmagában kevés a technológia rendelkezésre állása, még ha így is van. Ellenben szükséges a szemléletváltás, a döntéshozók bölcsessége, felelős gondolkodása, mellyel globális és nemzeti szinten is megteremtik a megújulók alkalmazásának kedvező feltételeit, megőrizve az emberiség számára (is) élhető otthonunkat, a Földet.

Hivatkozások

Roddier, D., Cermelli, C., Aubault, A., and *Weinstein, A.*, 2010: WindFloat: A floating foundation for offshore wind turbines. *J. Renew. Sustain. Energy 2*., 033104, https://doi.org/10.1063/1.3435339

Lunevich, I. and *Kloppenburg, S.*, 2023: Wind energy meets buildings? Generating socio-technical change in the urban built environment through vanguard visions. *Energy Res. Soc. Sci. 98*, 103017. https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103017

Wallaaldin, A.E., Jarupula, S., Sonu Kumar, S., and *Koteswara, R.*, 2023: Design and analysis of a solar-wind hybrid renewable energy tree. *Results Engin. 17*, 100958. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100958

[**1**] Kaposvár Megyei Jogú Város Klímastratégiája. https://kph.kaposvar.hu/data/dl/klimastratkaposvar20200217.pdf

[**2**] https://www.pevbit.com/services/new-world-wind-wind-tree/?fbclid=IwAR1TmdUkMgO8HJuYkVuTonjl4SI-wyH-f92OapJE-9sZvmfyXIJKa6dv2lro

[**3**] https://www.facebook.com/watch/?v=1729218260603961

[**4**] https://www.newworldwind.com/our-products

[**5**] https://www.designboom.com/design/joe-doucet-wind-turbine-wall-10-20-2021/

[**6**] https://www.designboom.com/technology/floating-wind-power-windcatcher-multiple-turbines-03-15-2023/

[**7**] https://ibispower.eu/powernest/

[**8**] https://eu-solar.hu/blog/a-ketoldalu-napelemek-forradalmasithatjak-a-napelemes-piacot/

[**9**] https://www.energymatters.com.au/renewable-news/netherlands-integrated-rooftop-solar-panels-wind-turbines-for-high-rise-buildings/

[**10**] https://www.designboom.com/technology/power-nest-wind-turbine-solar-panels-01-30-2023/

[**11**] https://www.globalgreenshift.org/post/wind-catcher-the-next-step-in-the-evolution-of-offshore-wind-power

Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.

V. Horn Valéria
BME, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, horn.valeria@emk.bme.hu

DOI:10.56474/legkor.2023.3.3

Az éghajlatváltozás a belvárosi területeket fokozottan érinti. A hősziget hatás az ökoszisztéma helyreállításával mérsékelhető. A zöldszerkezetek alkalmazása a településen, az épületek környezetében és az épületek belsejében kedvező hatást gyakorolnak. Csökkentik a nyári hőterhelést, árnyékolnak, ezáltal az épületek üzemeltetési energiáját mérsékelik. Csökkentik a légszennyezés mértékét, a csapadék jelenős részét visszatartják. A zöldtetők és zöldhomlokzatok típusai és épületszerkezeti megoldásai kerülnek bemutatásra.

Improving urban living environment with green structures

Climate change has an increased impact on inner city areas. The heat island effect can be mitigated by restoring the ecosystem. The use of green structures in the settlement, around and inside buildings has a positive impact. They reduce summer heat loads and provide shading, thus reducing the energy needed to operate buildings. They also reduce air pollution and retain a significant portion of precipitation. Types and building construction solutions of green roofs and green facades are presented.

Bevezetés

Az utóbbi időszakban egyértelműen növekszik a 30 °C feletti napok száma, 2019-ben 55, míg 2020-ban 38 hőségnap volt [**1**]. Ezzel együtt az épületek hűtésére fordított energia folyamatosan nő (*Kirschbaum et al.*, 2019). A földfelszín leburkolása a talaj és a levegő kölcsönhatások (víz, energia) megváltozását eredményezi, amelynek súlyos mikroklimatikus hatásai vannak (*Brysse et al.*, 2013). A burkolt felületek gyorsabban felmelegednek, tárolják a hőt és éjszaka lassabban hűlnek le, mint a növényekkel fedett nyitott területek. Az egyre hosszabb kánikulai periódusok miatt egyre több klímaberendezés kültéri egysége látható belvárosi területeken, ezek a léghőmérsékletet tovább növelik. Zöld felületek növelésével és zöldszerkezetek telepítésével ez a hatás jelentős mértékben mérsékelhető.

Az uniós, országos és városi irányelvek az éghajlatváltozás okozta problémák csökkentését tűzték ki célul. A magyar és külföldi stratégiák olyan területfejlesztéseket irányoznak elő, amelyekkel a városi közterületek és az épületek klímaoptimalizált rekonstrukciója megoldható, továbbá az új építési területekre érvényes szabályzást adnak, mint pl. Európai zöldmegállapodás 2022, EU Biodiverzitási stratégiája 2030-ig, Az éghajlatváltozás hatásaival szembeni reziliens Unió létrehozása –

Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó stratégia, EU Zöld infrastruktúra stratégia, Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2018–2030, Budapest klímastratégiája 2018. Ezen irányelvekben kiemelt szerep jut az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak, a levegőminőség javításának, a csapadék talajban történő tárolásának, a biológiai sokféleség megőrzésének, a települések ökoszisztéma-helyreállításának. Ehhez több eszköz alkalmazható:

- zöldfelületek arányának növelése közterületen és az épületeken,
- zárt burkolatok cseréje lélegző és vízáteresztő burkolatra,
- vízfelületek kialakítása – csobogó, szökőkút – olyan helyeken, ahol a fásítás nem valósítható meg,
- esővíz visszatartása és öntözési célú tárolása,
- hűtő pontok telepítése,
- optimális légáramlás biztosítása, egyben a légszennyezés csökkentése.

A Településtervezési Szabályzat 419/2021. (VII. 15.) Korm. rendelet – fejlesztési és rendezési koncepció és a települések építési szabályzata csak a különböző építési övezetekben a zöld felületek minimális nagyságát írja elő. Az új épületek aránya azonban alacsony, ezért az épületek rekonstrukciójánál és a közterületeknél olyan megoldásokat szükséges alkalmazni, amelyekkel a mikroklimatikus helyzet javul. Az új építésű épületekhez a helyi szabályzatok elő is írhatják a zöldhomlokzatok telepítését. Budapesten az egy főre jutó zöldterület nagysága 5 m^2, míg az Egészségügyi Világszervezet (WHO) 9 m^2-t ajánl [**2**]. Városi környezetben gondot okoz, hogy a közparkok területi eloszlása egyenetlen. Ezt az arányt javították az elmúlt évtizedben végzett faültetések, illetve az erdőterületek fapótlása és önkormányzati telepítések, emellett a meglévő állomány megfelelő gondozása is fontos feladat.

Zöld szerkezetek előzményei

A XX. század egyik legnagyobb építésze, Le Corbusier 1923-ben jelentette meg Új építészet felé című művét (*Le Corbusier*, 1981), melyben az építészeti elveit fogalmazta meg. Egyik alapelve, hogy azt a területet, amelyet az épületek elfoglalnak, a természetnek vissza kell adni. Ez az épületek pillérvázas szerkezetével, a földszint minimális beépítésével – csak lépcsőház és előtér megépítésével –, továbbá az épület tetején kialakított tetőkert kialakításával biztosítható, pl. Maisons Jaoul, Neuilly sur Seine, La Tourett kolostor. Mindemellett a modern építészet további kiemelkedő alakjai, mint Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, is alkalmaztak a 1930-as évektől épületeiken zöldtetőt. Ez a zöldgondolat kevés kivételtől eltekintve csak az utóbbi évtizedekben vált egyre elfogadottabbá.

A népi építészetben is vannak előzményei a zöldszerkezeteknek. Skandináviában igen elterjedtek a fűtetők. Magyarországon a déli tájolású tornácok elé ültetett egynyári futónövények időszakos árnyékolást biztosítottak. Hasonlóképpen az épített borospincék, a falakra emelt tégla vagy kő dongaboltozat készültek, ezeket földdel takarták, amelyen megtelepedtek a növények, így e térlefedések is zöldtetőnek tekinthetők.

Városi zöldfelületek

A városi hőszigethatást a burkolt felületek fokozzák. Épületeink térelhatároló szerkezetei hosszúhullámú kisugárzása, a légszennyezés, épületeink téli-nyári üzemeltetése és a kialakult városszerkezet, utcahálózat a hőszigethatást tovább növeli. A hatások mérsékelhetők zöldszerkezetek telepítésével, szabad vízfelületek biztosításával, csapadékot áteresztő burkolatok alkalmazásával, továbbá a közlekedési terhelés csökkentésével. Nagyobb beavatkozással, a városszerkezet módosításával jár, ha szellőző légcsatornákat nyitnak épületek bontásával.

A városi zöldfelületek a szabadidős tevékenységeknek, rekreációnak biztosítanak teret. A közkertek, közparkok bioklimatikus értéke nagy, a városok igen értékes területei. A növények transpirációjának köszönhetően ezek a területek tudják hatékonyan hűteni a szomszédos területeket (*Fricke et al*., 2014). Egy hektáros füves terület hűtőhatása már kimutatható, bár a hatás nagymértékben függ a talaj nedvességtartalmától. Legkedvezőbbek a változatos növényállományú, különböző magasságú fákkal, cserjékkel és füvesített területtel rendelkező parkok. Ugyanakkor a parkok füves területe gyorsabban hűl le a kisugárzás miatt.

Meleg nyári napokon a napsütötte területekhez képest erdős területen mintegy 7 °C-kal alacsonyabb hőmérséklet mérhető (*Weber*, 2018; *Baumüller*, 2019). A városi zöldfelületek ennél lényegesen kisebb hőmérsékletcsökkenést eredményeznek. Vegyes beültetésű fásított területen 2,1 °C, nyílt pázsitos területen viszont 1 °C hőmérséklet-csökkenés mutatható ki (*Mathey*, 2012), ugyanakkor az emberi hőérzet ennél jóval nagyobb különbséget észlel.

A kisebb kiterjedésű zöldfelületek a belvárosi tömbökben jól megközelíthetők, árnyékolt területeket biztosítanak, bár hatékonyságuk jóval kisebb az összefüggő, nagy zöldterületekhez képest. A fasorok jelentősége a csatlakozó járdák, kerékpárutak árnyékolásában van.

Csökkentik a direkt sugárzást, ezáltal javul a hőérzet. Kísérleti jelleggel több kötöttpályás közlekedési felületet zöldítettek, melyek nyáron a sínek hőmérsékletét csökkentik.

A települések szabad felületeinek fásítása és fapótlása a nagy koronát növesztő, szárazságtűrő fajok ültetésével a legkedvezőbb. A gyalogos zónák, kerékpár utak, közösségi közlekedési megállók fasorokkal való szegélyezése előnyös és egyben árnyékolják a területet. Hasonlóképp a játszóterek árnyékolása is elengedhetetlen. Mindezen intézkedésekkel a zöldterület aránya növekszik. Sűrű beépítésű belvárosi környezetben zöldtetőkkel – akár közösségi kertként kialakított zöldtetővel (*1. ábra*) –, illetve zöldhomlokzatokkal javítható ez az arány.

1. ábra. Dán közösségi tetőkert, Østerbro.

Növényzet hatása az épített környezetre

A növények oxigéntermelése, a hőterhelés csökkentése, a hőmérséklet- és páratartalom ingadozás mérséklése, a párologtatással járó hőelvonás, melyeket ökoszisztéma-szolgáltatásoknak is neveznek, ezek hatása mind a teljes településeken, mind az épületek közvetlen közelében és az épületek belső tereiben is egyaránt kimutatható.

Település viszonylatában:

- kedvező klimatikus hatás,
- CO_2 szint csökkentése,
- levegő tisztítása, finom por megkötése,
- település vízháztartásának szabályozása,
- jó közérzet.

Épület környezetében:

- mikroklíma szabályozása,
- csapadék tárolása/lassabb elszikkasztása,
- ökológiai értéktöbblet, biodiverzitás.

Épületben:

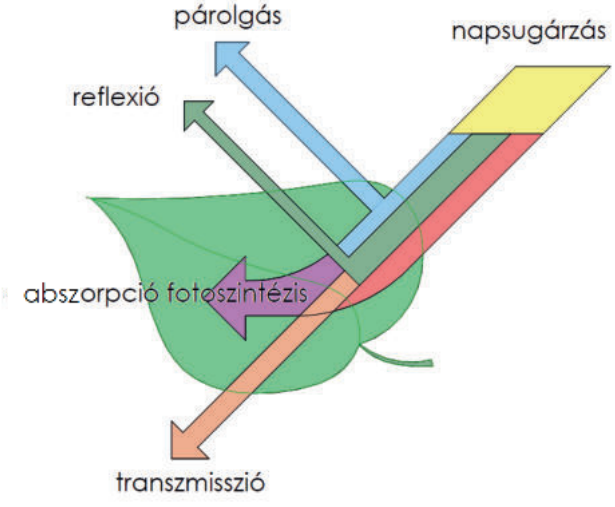
- hőkomfort javítása, természetes hűtés,
- hőszigetelés, CO_2-hasznosítási potenciál,
- épületszerkezetek védelme az időjárási hatásoktól,
- üzemeltetési költségek pénzügyi hatása,
- jobb hangszigetelés,
- épület határoló rétegének UV sugárzás elleni védelme,
- kedvezőbb épület megjelenés.

Nem elhanyagolható a zöldfelületek kedvező pszichikai hatása sem. Noha ezt számszerűsíteni nem lehet.

Levélzet növényélettani működése

A levélzet energiafelhasználása kedvező; Köhler szerint a beérkező napsugárzás mintegy 5–20%-a fotoszintézisre, 5–30% reflexióra, 5–30%-a transzmisszióra, 20–40%-a párolgásra – az energia látens hővé alakul –, és 10–50%-a hőelnyelésre fordítódik (*2. ábra*) (*Köhler et al*., 2022). A növény a sugárzási spektrum 380 nm < λ < 760 nm közötti tartományát hasznosítja fotoszintézisre. Az áteresztett hányad függ a napsugárzás intenzitásától, a levelek térbeli elrendeződésétől, a levélfelület nagyságától (*Anda et al*., 2010).

A növény a gázcsere-nyílásain (sztóma) keresztül szabályozza a saját és ezzel együtt a levelek felületi hőmérsékletét, és ezeken keresztül valósul meg a vízgőz leadása is. A növények viszont csak



2. ábra. Levél napenergia hasznosítása.

akkor képesek jelentős párologtatásra, ha a talajban vagy ültetőközegben a víz és a tápanyag biztosított. A levélzet a felvett víz döntő mennyiségét elpárologtatja, ezáltal a környezetből hőt von el, azaz csökkenti a léghőmérsékletet (*Báder*, 2021). A párolgással igen jelentős energiamennyiség távozik, hiszen a víz párolgáshője 2256 kJ/kg. A levélzet párolgása nyári napokon 0,5–8,5 liter/m^2 között változik (*Köhler et al.*, 2015). Száraz, aszályos időben a gázcsere-nyílások bezáródnak, azaz megszűnik a hűtőhatás.

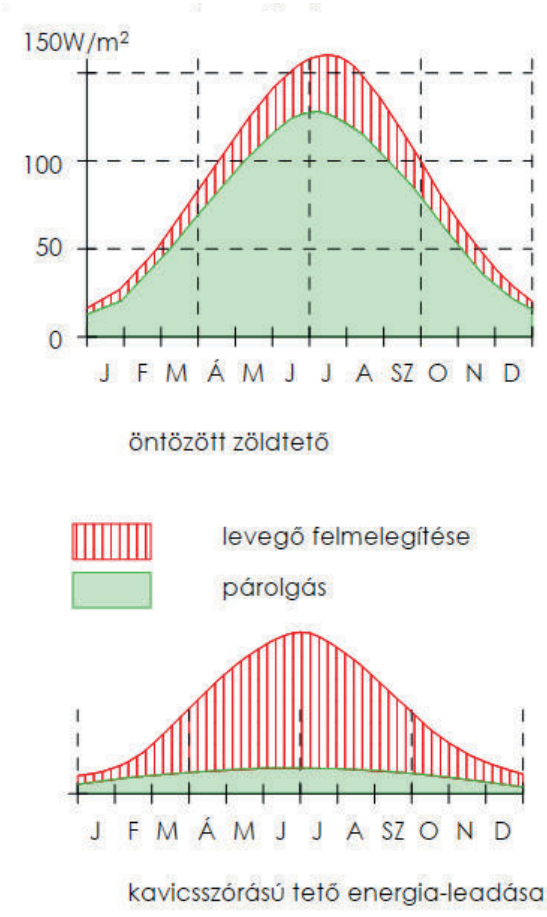
A városi fák levélfelületi hőmérséklete akár 5 °C-kal is meghaladhatja a léghőmérsékletet, megfelelő vízutánpótlás nélkül akár 10 °C-kal. Kivételt képez a vadgesztenye, levele 1 °C-kal marad alacsonyabb, mint a léghőmérséklet. A hőkárosodás 50 °C körül következik be, és ilyen magas hőmérsékleten a kártevők még aktívabbakká válnak (*Leuzinger*, 2011).

3. ábra. Hőterhelés csökkentése homlokzatra futtatott borostyánnal, Veszprém, Petőfi Színház.

Növények hatása az épített környezetre

1. Hővédelem

Nyáron a napsütötte falazatok külső felületi hőmérséklete vagy a járdák gyakran elérik a 40–60 °C-t, míg bitumenes lemezzel fedett tetők hőmérséklete akár 80 °C-ra is emelkedhet. A növényzettel árnyékolt szerkezetek felületi hőmérséklete kisebb, mint a direkt sugárzásnak kitett felületeké (*3. ábra*). Ezáltal az árnyékolt felületek hosszúhullámú kisugárzása is csökken.



4. ábra. Zöldtető és kavicsszórású tető energia-leadásának összehasonlítása Baumüller alapján.

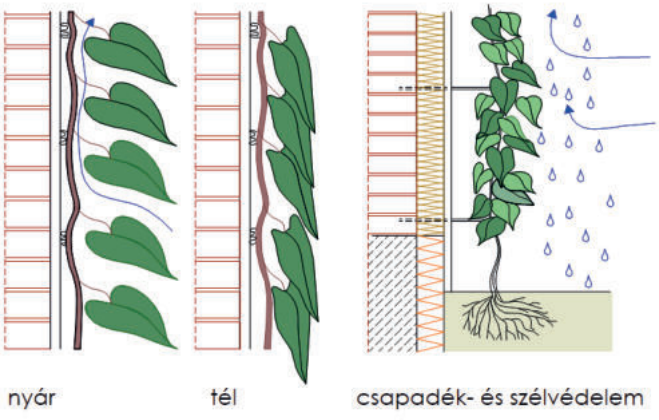
A növények transpirációja és a talaj evaporációja hőelvonással jár, csökkentve ezzel a környezet hőmérsékletét (*4. ábra*). Ez csak akkor érvényesül, ha a zöldterületek vízellátása kánikulában is biztosított. Emiatt a növénytelepítéssel a hűtésre fordított energia egy része megtakarítható. A belső léghőmérséklet 0,5 °C-os csökkentésével az épület hűtési energiája mintegy 8%-kal csökken (*Perini et al.*, 2011).

A zöldfalak hőterhelést csillapító hatásában a szakirodalom elég eltérő értékeket ad meg. Köhler és munkatársai több hetes vizsgálata 1 °C hőmérsékletcsökkenést mutattak ki a növényfal mögött (*Köhler et al.*, 2015). Ottelé és munkatársai szerint ez a jól szigetelt falak esetén csak 1–2% javulás jelent, attól függően, hogy a zöldszerkezetet miként integrálják a homlokzati falhoz. Azonban rosszul szigetelt vagy szigeteletlen falak esetén a javulás mértéke lényegesen nagyobb (*Ottelé et al.*, 2011). Davis és munkatársai 0,44–2 °C közötti hőmérséklet-csökkenést mutattak

ki (*Davis et al*., 2016). Mediterrán és forró éghajlaton a hőmérséklet-csökkenés sokkal nagyobb, akár 10 °C-ot meghaladó különbség is lehet (*Morakinyo et al*., 2019). A hőmérsékletek közötti különbség természetesen nappal magasabb. Megállapították, hogy a léghőmérséklet változása a növénybeültetéstől mért 1 méteren belül mutatható ki.

A hőmérséklet-csökkentésre vonatkozó eltérések onnan adódnak, hogy a vizsgált falszerkezetek típusa, hőszigetelése, valamint a külső és belső hőmérsékletek eltérők. Egyértelmű, hogy a növénytelepítés hőszigetelő értéke annál jobb, minél rosszabb a fal eredeti hőszigetelő képessége. (Mindamellett az épületszerkezetek hőszigetelésétől nem lehet eltekinteni).

A hőterhelés csökkentésében fontos szerepe van a levelek közötti légáramlásnak (*Perini et al.*, 2011). A fototropizmus következtében a növények levelei, hajtásai a nap felé fordulnak, fény irányába növekednek. Ez a helyzetváltozás lehetővé teszi, hogy a levelek között légáramlás jöjjön létre (*5. ábra*).



5. ábra. Fototropizmus és légáramlás.

A nyári hőterhelés csökkentésén kívül a zöldszerkezetek a téli hővédelemben is részt vesznek. Ahogy a különböző felületek egymásra sugároznak, úgy a tetőszerkezetek és az égbolt között valósul meg a sugárzásos hőcsere. Derült téli éjszakán a tetőfelület a léghőmérséklet alához, ezáltal fokozódik a tető hővesztesége. A zöldszerkezetekkel azonban a sugárzásos hőcsere a növényzet és az égbolt között történik. Az egymásra záródó örökzöld levelek mögött a levegő áramlási sebessége lecsökken, vagy megszűnik, azaz a konvekció is minimalizálódik.

terület típusa	esővíz visszatartása (%)	párologtatás (%)	elfolyó esővíz (%)
erdő	50	45	5
füves terület	45	40	15
lakóövezet kertekkel és burkolt felületekkel	35	35	30
ipari övezet burkolt felületekkel	20	20	60

1. táblázat. Esővíz visszatartása különböző beépítésű és zöld területeken, Oke alapján.

2. Csapadék visszatartása

A növények esővíz visszatartásával felszín alatti vizek pótlódnak. Különböző fedettségű területeken való esővíz-hasznosulást foglalja össze az *1. táblázat*.

A levelek a lehulló csapadék egy részét felfogják (intercepció), tárolják, majd elpárologtatják. A dús levélzettel, magas párolgási rátával rendelkező fajok, mint a madárbirs (Cotoneaster) és a galagonya fajok (Crataegus), a csapadék 95%-át vissza tudják tartani. Hosszantartó esőzések esetén a talajba lefolyást mintegy 10–15 perccel késleltetik a takaratlan területhez képest (*Blanuša* and *Haldey*, 2019). Nagy záporintenzitás esetén a csapadékvíz-hálózat terhelése kiegyenlítettebbé válik.

A csapadék talajba szivárgásának feltétele, hogy a talaj pórustartalma ne csökkenjen, a talaj lazításával a talajtömörödés elkerülhető. A burkolatlan és vízáteresztő burkolatok a talaj nedvesség-utánpótlását javítják.

3. Légszennyezés mértékének csökkentése, nehézfémek megkötése

Egy 7 m átmérőjű fa átlagosan 150 m^2 lombfelülettel rendelkezik. Ez a lombmennyiség 1 fő éves oxigénszükségletét képes biztosítani. 12 óra alatt 1 m^2-nyi levélfelület 4 liter oxigént "termel" és egy év alatt ~0,5 kg port köt meg (*Krusche et al*., 1982).

A zöldfelületek légszűrő képessége annál jobb, minél nagyobb összefüggő terület kialakítására van lehetőség. A fák a lágyszárú növényekhez képest – jelentős lombfelületüknek köszönhetően – nagyban

javítják a levegő minőségét. (Főként a PM_{10} részecskék koncentrációja és a csapadékviszonyok befolyásolják a kiülepedő por mennyiségét). Három, városi környezetben gyakran előforduló fafaj – a korai juhar (Acer platanoides), az ezüst hárs (Tilila tomentosa) és a magas kőris (Fraxinus excelsior) – levélzetén kiülepedett por nehézfémtartalmát vizsgálták a MATE és ELTE kutatói. A három faj közül az ezüst hárs molyhos levelei kötötték meg a legtöbb port, és itt mutatták ki legnagyobb mennyiségben a nehézfémeket. A vas és az ólom a vegetációs időszak végére dúsult fel, míg a nikkel, cink és réz mennyisége viszont az őszi időszakra csökkent. A kutatók kimutatták, hogy a forgalmas városi utak melletti fasorok hatásához hasonló a parkokban élő fák nehézfém megkötő képessége (*Hrotkó et al*., 2021).

6. ábra. Vaskoslevelű madárbirs (Cotoneaster franchetii). Forrás: Florapont

A Brit Királyi Kertészeti Társaság (RHS) egyik kutatása kimutatta, hogy a sövények is nagy szerepet vállalnak a légszennyezés csökkentésében. Azon fajok, melyek sűrű nagy levélzettel, molyhos levélfelülettel és magas transpirációs sebességgel rendelkeznek, a légszennyezés csökkentése mellett hatékonyan hűtik környezetüket és visszatartják a csapadékot. A vaskoslevelű madárbirs (Cotoneaster franchetii) egyedekből álló sövény kimagaslóan csökkenti a légszennyezést, köszönhető mindez sűrűn elágazó felépítésének, levélstruktúrájának (*6. ábra*) (*Blanuša et al*., 2020; *Blanuša* and *Hadley*, 2019). (Mintegy 1,5 m szélességű, megfelelően gondozott madárbirs-sövény képes annyi légszennyezést elnyelni, mint amennyit egy gépkocsi 800 km-en kibocsát [**3**]). De számos más faj kedvezően csökkenti a légszennyezést, mint pl. a bükk (Fagus sylvatica), a magyal (Ilex aquifolium) és a japán rózsa (Rosa rugosa) stb. (*Blanusa*, 2019).

4. Árnyékolás

A napsugárzás az épület homlokzatát – tömör és üvegezett felületeit –, továbbá a tetőt éri. Az üvegezett felületek napvédelme legtöbbször árnyékolókkal biztosítható, bár a változó vagy változtatható tulajdonságú (pl. hőmérséklet, áram hatására) smart-üvegek egyre nagyobb teret hódítanak, de a hagyományos árnyékolókat nem lehet nélkülözni. A hagyományos árnyékoló szerkezetekre vonatkozó legfontosabb követelmények:

- a transzmittált energiahányad a lehető legkisebb,
- a reflexió a lehető legnagyobb,
- az abszorpció a lehető legkisebb legyen,
- az elnyelt hányadot lehetőleg kifelé sugározza,
- működtetése egyszerű legyen.

A fentebb részletezett energiamérleg alapján a levélzet transzmissziója igen kedvező, azaz a bejövő napsugárzás harmada sem terheli a mögöttes épületszerkezetet.

Kísérleteket végeztek növényi árnyékolók hatékonyságának megállapítására jó minőségi hőszigetelő üveg előtt. Nyáron ~650 W/m^2-es globálsugárzás mellett a hőszigetelő üveg mögött 220 W/m^2 és a borostyánnal befuttatott felület mögött 90 W/m^2 sugárzás intenzitási értékeket mutattak ki (*Pataky*, 2015). Ugyanakkor lombhullató fák télen a napsugárzásból származó hőnyereség hasznosulását viszont nem akadályozzák. Noha az északi tájolású homlokzatnál szükségtelen az árnyékolók alkalmazása, a fák telepítése fontos, mivel a transpirációnak köszönhetően csökkentik a léghőmérsékletet.

A természetes árnyékolás alkalmazása mellett a homlokzatok külső síkján olyan építőanyagokat célszerű alkalmazni, amelyek hővezetése alacsony. Világos színek használatával csökkenthető az elnyelt energiahányad. A hagyományos görög lakóházak jól példázzák ezt. Los Angelesben számos tetőfelületet és burkolatot festettek fehérre (*Weber*, 2018), míg Magyarországon fehér tetőcserepek is elérhetők.

Irodalom

Anda, A. Kocsis T., Kovács A., Tőkei L., Varga Z., 2010: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. https://docplayer.hu/6722367-Agrometeorologiai-es-klimatologiai-alapismeretek-anda-angela-kocsis-timea-kovacs-alfred-tokei-laszlo-varga-zoltan.html

Baumüller, J., 2019: Grüne Infrastruktur zur Anpassung an den Klimawandel in Städten. In: (Szerk.: *Lozán, J. L. S.- W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler & A. Matzarakis*.). Warnsignal Klima: Die Städte. 203–212. https://doi.org/10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.16

Báder, L., 2021: A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek" hatása az éghajlati energia- és vízmérlegre. *Légkör 66* (3). 16–21. https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/index.php?id=5760

Blanuša, T., Garratt, M., Cathcart-James, M., Hunt, L., and *Cameron, R.W.F.,* 2019: Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe. *Urban Fores. Urban Green. 44*, 126391. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126391

Blanusa, T. and *Hadley, J.*, 2019: Impact of plant choice on rainfall runoff delay and reduction by hedge species. *Landsc. Ecol. Engin. 15*, 401–411. https://dx.doi.org/10.1007/s11355-019-00390-x

Brysse, K. , Orekes, N., O'Reilly, J. and *Oppenheimer, M.,* 2013: Climate change prediction: erring on the side of least drama? *Glob. Environ. Change 23*, 327–337. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.008

Davis, M.J.M., Ramirez, F. ,and *Pérez, M.E.*, 2016: More than just a Green Façade: vertical gardens as active air conditioning units. *Procedia Engin. 145*, 1250–1257. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.161

Fricke, C., Pongrácz, R., Dezső, Zs., Bartholy, J., 2014: A vegetáció szerepe a budapesti városi hősziget jelenségében, *Légkör 59*, 150–153.

Hrotkó, M., Gyeviki, M., Sütöriné Diószegi M., Magyar L., Szabó, V., Honfi P., Mészáros, R., Kardos, L., 2021: Aeroszol részecskék kiülepedése és nehézfém-tartalma három fafaj fajtáinak levelein Budapesten, *Kertgazdaság 51*, 14–31.

Kirschbaum, B., Sieker, H., Steyer, R., Büter, B., Lessmann, D., von Tils, R., Becker, C., Hübner, S., , 2019: Maßnahmen zur Hitzestress-Reduzierung anhand Verdunstungsabkühlung. In: (*Lozán J. L. S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler* und *A. Matzarakis*) Warnsignal Klima: Die Städte, 227–232.

Köhler, M., Mann, G., Scherf, B., Kraus, F., 2022: Handbuch Bauwerkbegrünung 2. Auflage, R. Müller Verlag, Köln.

Köhler, M., Rares Nistor, C., 2015: Wandgebundene Begrünungen Quantifizierungen einer neuen Bauweise in der Klima-Architektur. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL Schriftenreihe Forschungsvorhaben) 2015/1.

Krusche, P. Krusche, M., Althaus, D., Gabriel, D., 1982: Ökologisch Bauen, Bauverlag, Wiesbaden.

Le Corbusier, 1981: Új építészet felé (Vers une architecture) Corvina, Budapest.

Leuzinger, S., 2011: Blatttemperatur von Bäumen im städtischen Umfeld, Pro Baum Zeitschrift für Pflanzung, Pflege und Erhaltung, Patzer Verlag Berlin-Hannover.

Mathey, J., Rößer S., Lehmann, I., Bräuer, A., 2012: Anpassung an den Klimawandel durch Stadtgrün - klimatische Ausgleichs-potenziale städtischer Vegetationsstrukturen und planerische Aspekte, Nachhaltiges Flächen-manangement von Industrie- und Gewerbebrachen, 17–20.

Morakinyo, T. E., Lai, A., Ka-Lun Lau, K., Ng, E., 2019: Thermal benefits of vertical greening in a high-density city: Case study of Hong Kong. *Urban Forest. Urban Green. 37*, 42–55. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.010

Ottelé, M. , Perini, K., Fraaij, A.L., Haas, E.M., Raiteri, R., 2011: Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems, *Energy Build. 43*, 3419–3429. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.010

Pataky R., 2015: Növényárnyékolók szerepe, összehasonlításuk gyári árnyékolókkal. VI. Épületszerkezeti konferencia, BME Építészmérnöki Kar, Épületszerkezettani Tanszék.

Perini, K. , Ottelé, M., Fraaij, A.L., Haas, E.M., Raiteri, R., 2011: Vertical greening systems and the effecton air flow and temperature on the building envelope. *Build. Environ. 46*, 2287–2294. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009

Weber, C., 2018: Hitze in Städten, Bundesamt für Umwelt, Bonn. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/hitze-in-staedten.html

[**1**]: https://www.ksh.hu/ffi/3-8.html(letöltés: 2022. IX. 30.)

[**2**]: Budapest klímastratégiája 2018, https://budapest.hu/Documents/klimastrategia/Bp_Klimastrategi%C3%A1ja_vegleges_KGY%20elfogadott.pdf (letöltés: 2022. X. 30.)

[**3**]: https://www.rhs.org.uk/science/articles/super-cotoneaster (letöltés: 2022.IX. 8.)

A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre

Vincze Csilla, Leelőssy Ádám, Mészáros Róbert
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, vcsicsi222@gmail.com

DOI:10.56474/legkor.2023.3.4

Az utóbbi években felértékelődött a méhészetek és a háziméhek (Apis mellifera) alkalmazkodásának vizsgálata a változó környezeti feltételekhez, ami egy kiemelt probléma a társadalom számára. A háziméhek nagy részt képviselnek a beporzás terén, ezért létük különösen fontos. Vizsgálatukkor szembetűnő, hogy alkalmazkodásuk rendkívül gyors, ezáltal indikátorai az őket körülvevő környezetnek. Cikkünkben egy hosszabb áttekintést adunk a méhek nektárgyűjtési tevékenysége, valamint az időjárási helyzet közötti összetett összefüggésekről. Ezután röviden bemutatjuk elsődleges hazai eredményeinket egy debreceni méhészetből származó adatbázis alapján.

The effects of atmospheric variables and changing climate on honey bees (Apis mellifera)

In recent years, the study of apiaries and the adaptation of honey bees (Apis mellifera) to changing environmental conditions has become a major concern for society. Their existence is of particular importance as they represent a large part of pollination. When studying them, it is striking that their adaptation is extremely rapid and making them indicators of the environment around them. In this article, we provide a longer overview of the complex relationship between the nectar gathering activity of bees and the weather situations. We then briefly present our primary domestic results based on a database from a Debrecen apiary.

Bevezetés

A méhészet az egyik legősibb mezőgazdasági ágazat, ami rendkívül fontos szerepet tölt be az ökoszisztémában és a társadalomban (*Williams et al.,* 1991). Már a XX. század elején felismerték, hogy a méhészetek termelésében meghatározók az időjárási viszonyok (*Mace*, 1912), ezért elengedhetetlen a légköri változások méhek viselkedését befolyásoló hatásainak a vizsgálata (*Williams et al.*, 1991). A kutatások fontosságát hangsúlyozza, hogy a gyümölcsfák és a pillangósvirágúak (Fabaceae) beporzásának legnagyobb részét a méhek végzik el (*Ricketts et al.*, 2008; *Aizen* and *Harder*, 2009; *Potts et al.*, 2010; *Sparks et al.*, 2010).

A rovarok az emberi táplálék 35%-ának beporzásáért felelősek, amelyből a méhek 90%-ot képviselnek, ezáltal jelentős szerepet töltenek be élelmezésbiztonságban (*Klein et al.*, 2007; *Genersch*, 2010; *Tarczay* and *Feiler*, 2017). Az élelmezési célú növények beporzását 75%-ban a háziméhek (Apis mellifera) végzik

(*Ollerton et al*., 2011; *Rader et al*., 2013; *FAO*, 2018), ami 9,5%-ot tesz ki a világ mezőgazdasági termeléséből (*Gallai et al*., 2009). Mindemellett hazánkban és külföldön is többek jövedelemforrása függ a méhek beporzási tevékenységétől és a különböző méhészeti produktumoktól. Mindezen okok miatt a méhek egészsége és viselkedése közvetlenül szerepet játszik az emberi jóllétben, egészségben és gazdaságban (*Gill et al*., 2012; *Rader et al*., 2016).

A beporzás térben és időben nagy változékonyságot mutat. A trópusi területeken 90%, míg Európában 84% a rovar, illetve állati eredetű beporzás (*Klein et al*., 2007). *Ollerton et al*. (2011) szerint a mérsékelt szélességeken az állati eredetű beporzás közel 78%-ot, míg a trópusi területeken 94%-ot képvisel. *Ricketts et al*. (2008) áttekintő cikke részletesen elemzi a természetes élőhelyek és a beporzók (mint az Apis mellifera) közötti térbeli kapcsolatot.

A háziméhek több évtizede alkalmazzák számos kutatásban a környezeti terhelések, változások nyomon követésére is. Elterjedésük, aktivitásuk és életjelenségeik is felhasználhatók indikátorként a megfigyelt terület változásainak elemzéséhez, mivel gyűjtésükkel információt tárolnak el az adott térségről. Így például radioaktív anyagok (*Celli* and *Maccagnani*, 2003), szennyeződések (*Svoboda*, 1962) és nehézfém szennyezések (*Thimmegowda et al*., 2020) is kimutathatók a különböző méhészeti produktumokból (viaszból, mézből, propoliszból és pollenből), ami nem csak az emberi egészségre, de a méhek állapotára is hatással van. 2011-es lengyel és tunéziai mézmintákban elsőként mikrofosszíliákat is analizáltak, melyek jelenléte a légkörben zajló portranszportra visszavezethető (*Magyar et al*., 2021).

Összességében: az időjárási és éghajlati körülmények rendkívül összetett módon befolyásolják a méhek viselkedését és állapotát. Ezen komplex kapcsolatrendszer elemzése hozzásegíthet egy rendkívül jelentős és egyre sérülékenyebb mezőgazdasági tevékenység, a méhészetek hatékonyságának megőrzéséhez és javításához.

Szakirodalmi áttekintés

A klímaváltozás hatása a fenológiai periódusokra és a méhészetekre

Az elmúlt évszázad során a témával kapcsolatos kutatások a rovarok viselkedésének, a mezőgazdaságnak, a vegetációnak és a földhasználatnak a megváltozásával foglalkoztak (*Ricketts et al*., 2008), ami különösen fontos a méhészetek számára is. 1961 óta a népességrobbanás és a mezőgazdasági fejlesztések hatására a haszonnövények terméshozama 1,5%-kal növekedett évente, emellett a háziméhek szerepe is megnőtt (*Aizen et al*., 2008). Egyenletes növekedés mutatkozik a világ mézprodukciójában is, mivel az 1960-as évektől a XXI. század elejéig a méhcsaládok száma 45%-kal nőtt (*Aizen* and *Harder*, 2009).

A klímaváltozással összefüggésbe hozható események azonban egyre nyugtalanítóbbnak ígérkeznek a mezőgazdasági ágazatok, főként a méhészetek számára (*Menzel et al*., 2006; *Hegland et al*., 2009; *Lever et al*., 2014). A megfigyelt változások szerint a virágzási időszakok sokkal korábbi időpontra tolódtak, ami nagy hatással van a méhekre és a méhészetekre is. Észak-Amerikában, az elmúlt évtizedben megfigyelték, hogy a pollenkoncentráció +21%-kal, a pollenszórási időszak pedig +21 nappal növekedett meg (*Anderegg et al*., 2021). E hatások antropogén eredetét rendre 8 és 50%-nak határozták meg. Ezzel szemben *Bock et al*., (2014) azt találták, hogy a nyugat-európai Csatorna-szigeteken a pollenszórási periódus néhány fajnál várhatóan rövidül a klímaváltozás hatására. *Fitter* and *Fitter* (2002) az Egyesült Királyságban közel 400 növényfajt vizsgálva azt találták, hogy 10 év alatt a virágzás átlagosan 4,5 nappal korábbra tolódott. A cukorösszetétel is módosul a hőmérséklet változásával (*Bock et al*., 2013), ami nem elhanyagolható tényező, mivel a méhek gyűjtésében meghatározó a nektár minősége (*Ion et al*., 2007). *Rader et al*. (2013) szerint a háziméhek beporzó képessége akár 14,5%-kal is csökkenhet 2099-re az emelkedő hőmérséklet és a változó körülmények hatására. A magasabb hőmérséklet akár a kora tavaszi populáció korai növekedését is eredményezheti, ami a méhcsalád életébe is kerülhet egy hideg időszak beköszöntével. Ezzel csökken a család gyűjtési képessége és a fejlődésének a mértéke, amely mind a beporzás, mind a méhész számára nagy gondot jelent (*Le Conte* and *Navajas*, 2008).

A melegebb és szárazabb periódusok valószínűségének növekedése (*Flores et al*., 2019), a téli és nyári magasabb hőmérséklet, a tavaszi fagyok, a csökkenő csapadék, vagy éppen a hirtelen lezúduló kiadós záporok ugyancsak nagy befolyással lehetnek a méhcsaládokra és ezáltal az előállított méz mennyiségére is (*Vercelli et al*., 2021). Annak ellenére, hogy a méhek gyors alkalmazkodó képességgel rendelkeznek (*Csóka et al*., 2018), így a hőhullámokhoz is jól tudnak alkalmazkodni, a gyűjtést módosítják a változó körülmények. Egyes kutatások szerint (pl. *Bordier et al*., 2017) a gyűjtés időtartamát akár 70%-kal is megnövelheti

a magasabb hőmérséklet, viszont ilyenkor sokkal több energiát kell fordítaniuk a vízutánpótlásra, így összességében kevesebb nektárt gyűjtenek a méhek.

Az időjárás hatása a nektárképződésre és a gyűjtésre

A méz alapanyaga a nektár. A mézelő növények nektárkiválasztását erősen befolyásolják a meteorológiai állapothatározók, melyekkel szoros kapcsolatban áll a talaj és a vegetáció. A nektárkiválasztást szignifikánsan befolyásoló faktorok többek között a talaj állapota, szerkezete és vízellátottsága, a levegő hőmérséklete és páratartalma, a besugárzás, a csapadék és a szél (*Benedek*, 1983; *Gulyás*, 1983; *Pinzauti*, 1986; *Crane*, 2009; *Márton*, 2011). A nektár cukortartalma befolyásolja a méhek gyűjtését, mivel csak arról a növényről gyűjtenek, mely nektárjának cukortartalma legalább 8–10% (*Frisch*, 1947; *Gulyás*, 1983), a leghatékonyabban viszont az 50–55% közötti cukortartalmú nektárt tudják gyűjteni. A cukortartalom azt is befolyásolja, hogy mely kultúráról kezdenek el gyűjteni (*Ion et al*., 2007).

A légkör állapota közvetlenül is hat a gyűjtésre. A méhek nektárgyűjtésének optimális hőmérséklete 18–25 °C. 10 °C alatt nem, vagy csak kivételesen repülnek ki, ez szorosan összefügg a növények nektárkiválasztásával is. A kirepüléshez minimum 9 °C-os léghőmérséklet szükséges. A gyűjtés felső határa 35 °C (*Lundie*, 1925), de egyes irodalmak szerint akár 40 °C (*Abou-Shaara et al*., 2017). Ez viszont már nemcsak a méhekre, hanem a nektárképződésre is káros hatással lehet. A hőmérsékleti határértékeken kívüli tartományban a méhek fürtbe rendeződnek, hogy megvédjék a fiasítást és a családot (*Őrösi*, 1955).

A hőmérséklet mellett a víznek, a csapadéknak is kiemelt szerepe van a méhek életében. Esős időben a méhek nem gyűjtenek nektárt. Ilyenkor csak a meglévő mézkészletet fogyasztják vízzel hígítva. Ezzel szemben forró, nyári napokon a víz párologtatásával hűtik a kaptárt (*Faluba*, 1983; *Márton*, 2011).

A méhek időjárásfüggő aktivitásával kapcsolatban kissé eltérő értékeket találunk a szakirodalomban, mivel az aktivitás a földrajzi környezettől és a vegetációtól is függ. *Jiang et al.* (2016) szerint az aktivitás maximuma 25 °C-nál magasabb hőmérsékleten és 60–70%-os páratartalom között található. *Rader et al*. (2016) kutatása alapján az aktivitás 24–30 °C hőmérséklet között a legintenzívebb. *Puškadija et al.* (2007) a napraforgónektár gyűjtésében az optimumot 20–25 °C-os nappali középhőmérséklet és 65–70% relatív nedvesség között határozta meg. *Clarke* and *Robert* (2018) az Egyesült Királyságban végzett méréseik során perces gyakoriságú mintavételezést alkalmazva azt tapasztalták, hogy a méhek kirepülésének gyakorisága júniustól szeptemberig erős pozitív kapcsolatot mutatott a hőmérséklettel (R = 0,83) és a globálsugárzással (R = 0,81), ugyanakkor negatív volt kapcsolat a csapadékkal (R = –0,74). *Devillers et al.* (2004) kutatásukban megállapították, hogy a kirepülést meghatározó tényezők a globálsugárzás és a hőmérséklet, míg a légnyomás csak kevésbé befolyásolja azt. *Ngo et al*. (2021) gépi tanulás módszertannal elemezték az Apis mellifera pollengyűjtésének periódusait rövid- és hosszútávon. A vizsgálatok során a csapadéknál 3 csoportot különítettek el (csendes, közepes, intenzív eső). A megfigyelések szerint a hordás az intenzitás növekedésével csökkent. A szélsebesség 3,5 m/s felett volt hatással a gyűjtésre, ez alatt az érték alatt nem találtak szignifikáns változást a gyűjtés intenzitásában. *Komasilova et al.* (2021) a méhek gyűjtésének aktivitását modellezték, és a mézhozamot jelezték előre meteorológiai állapothatározók (hőmérséklet, nedvesség, csapadékintenzitás és szél) függvényében. Modelleredményeik a valós hozamtól 9%-os eltérést mutattak.

A kaptártömeg és a mézhozam kapcsolata a meteorológiai elemekkel

A mézhozamot a tavaszi, kora nyári hőmérsékleti értékek jelentősen befolyásolják (*Holmes*, 2002). A méhek egyedszámának növekedését és gyűjtését kaptármérleggel is mérhetjük. A napi növekmény megállapításához a kaptármérleg leolvasásának megfelelő időpontja a kora reggeli, vagy késő esti időpont. A begyűjtött méz és a kaptártömeg között *McLellan* (1977) szerint igen erős korreláció áll fenn (R = 0,87–0,99). *Hambleton* (1925) Washingtontól nem messze lévő telephelyén kutatásában a kaptártömeg méréseket órás felbontásban végezte, amit a tavaszi szezonban egy reggeli kaptártömeg minimum és egy déli csökkenés jellemzett. Az őszi szezonban sokkal nagyobb reggeli veszteségről számolt be. A kolónia tömege és a meteorológiai elemek között tavaszi időszakban korrelációs számításokat végzett, és a következő eredményekre jutott: a nappali átlagos léghőmérséklet (R = 0,75), a napsütéses órák száma (R = 0,61), a nappali átlagos hőmérsékletingás (R = 0,6), a napsugárzás (R = 0,55), a nappali átlagos páratartalom változása (R = 0,42) pozitív, míg a nappali átlagos relatív légnedvesség (R = –0,38) negatív kapcsolatban állt a nettó kaptártömeggel. *Burrill* and *Dietz* (1981) tanulmányukban egy április 22. és május 15. közötti időszakot vizsgálva

hasonló eredményre jutottak. Eszerint a kirepülési hajlam a hőmérséklettel és a napsugárzással erős pozitív korrelációt mutatott (rendre R = 0,71 és 0,87), a páratartalommal pedig negatív kapcsolatban állt (R = -0,65) – a korrelációkat különböző periódusokra számították, ezek közül a legmagasabbat értékeket emeltük ki. *Lecocq et al*. (2015) Dánia környéki kolóniákat vizsgáltak a 2010–2013 közötti időszakban, és negatív korrelációt állapítottak meg a kolóniatömeg változása, valamint a júniusi (R = -0,65; P < 0,001), illetve júliusi (R = -0,36; P < 0,002) csapadékmennyiség között, ezzel szemben pozitív összefüggést találtak a júniusi (R = +0,39; P < 0,001) és a júliusi (R = +0,57; P<0,001) átlaghőmérséklet és a kolóniatömeg változása között.

A kaptártömeg napi változása erősen függ a földrajzi helytől is, ami szintén éghajlati okokra vezethető vissza. A kezdeti mérések során *Hambleton* (1925) azt javasolta, hogy a méhek kaptártömeg vizsgálatát a gyűjtési időszakban helyi idő szerint 5:00 órától érdemes vizsgálni, mivel így a reggeli kaptártömegveszteség nyomon követhető. *Szabo* (1980) szerint Kanadában, júniusban és júliusban a kirepülés helyi idő szerint 9:00-tól kezdődik, maximumát 14:00 és 16:00 között éri el, és 21:00 óráig térnek vissza a méhek a kaptárba. *McLellan* (1977) Kelet-Skóciában, a gyűjtési időszakban a kaptártömegben 7:00 és 8:00, valamint 20:00 és 22:00 között tapasztalt növekedést. *Rader et al*. (2013) egy New Jersey környékén végzett kutatás alapján a gyűjtés maximumát 9:00 és 11:00 óra között határozta meg. *Meikle et al*. (2018) Kaliforniában végzett méréseik alapján a napi menetben a kora tavaszi és nektárgyűjtési időszakban (március 12. – április 12.) 4 különböző szakaszt különböztettek meg (A-B: inaktív szakasz (hajnal); B-C: aktív szakasz, a kirepülő méhek össztömege nagyobb a kaptártömeg növekményénél; C-D: aktív szakasz, de a kirepülő méhek össztömege már kisebb a kaptártömeg növekménynél; D-E: inaktív szakasz, szürkület, késő este). A vizsgálat során megfigyelték, hogy a kirepülés március és áprilisban helyi idő szerint 7:00 óra után indul, viszont a tömegnövekedés 9:00 óra után kezdődik és egészen este 8:00 óráig tart. *Szabo*, (1980) a kirepülési aktivitás és a kaptártömeg-változás között 30 perces eltolódásról számolt be. *He et al*. (2016) azt vizsgálták, hogy egy esős időszak mennyire befolyásolja a méhek előző napi teljesítményét. Vizsgálataik során azt találták, hogy egy csapadékos periódus előtt (ahol a napi csapadékösszeg 5 mm-nél nagyobb), a méhek több nektárt gyűjtenek. A gyűjtési hajlam, a kaptártömeg, az aktivitás és a meteorológiai elemek közötti kapcsolatot néhány szakirodalmi adat alapján az *1. táblázat* foglalja össze.

	(Hambleton, 1925) kaptártömeg	(Burrill and Dietz, 1981) gyűjtési hajlam	(Clarke and Robert, 2018) gyűjtési hajlam	(Szabo, 1980) aktivitás	(Lecocq et al., 2015) kolóniatömeg
Hőmérséklet	0,75	0,71	0,83	0,53-0,95	0,39–0,57
Napsugárzás	0,55	0,87	0,81		
Relatív nedvesség	-0,38	-0,65			
Csapadék			-0,74		(-0,65)–(-0,36)

1. táblázat. Korrelációs együtthatók értékei a méhészeti és a meteorológiai változók között.

Saját vizsgálatok egy Debrecen környéki méhészetben

Kutatásunkban egy Debrecen és egy Biharugra környéki méhészeti telephelyekről származó kaptártömeg adatbázist állítottunk elő, amely 2016-tól áll rendelkezésre. A meteorológiai adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat legközelebbi (kb. 12,5 km-re lévő), debreceni meteorológiai állomásának éghajlati adatsora szolgáltatta 2016. június 14-től 2020. december 31-ig. [**1**]. Emellett 2017. június 27.–július 31., valamint 2018.június 20.–augusztus 9. között, mikor a méheket átszállították napraforgóra Biharugra környékére, a körösszakálli meteorológiai állomás (kb. 5,2 km-re lévő) adatsorát használtuk [**2**]. A vizsgálatok során napi léptékű adatokat használtunk fel, mivel a kaptártömeg adatok is napi bontásban álltak rendelkezésre, ezek a napi közép-, minimum- és maximumhőmérséklet [°C], a napi csapadékösszeg [mm], és a globálsugárzás napi összege [J/cm^2]. Az éghajlati adatsorból új változóként előállítottuk a fagyos napok számát, a hőségnapok számát és a száraz napok számát.

A méhészeti adatbázisban az alábbi adatokat rögzítettük: napi kaptártömeg, kiépített keretek száma, fias keretek száma, mézes keretek száma, műlépes keretek száma, gyógyszeres kezelések, cukorszirupos etetések, pergetések során elvett méz mennyisége és a vegetáció állapota. Az üres kaptártömeg és a keretek számításával megkaptuk a méz- és méhtömeg változót, amelyet már nem befolyásolt az esetleg hozzáadott, vagy elvett farészek tömege. Mivel a kaptártömegre vonatkozó adatok nem egyenletes időközönként álltak rendelkezésre, így a napi átlagos kaptártömeget a két mérés közötti időszak átlagos meteorológiai állapothatározóival vetettük

össze. A mérések során két kaptártípust használtunk fel. 2019. január 9-től váltottunk rakodókaptárra NB 18 keretes fekvőkaptárról, így az adatbázisban új változóként megjelent a fél NB keretek száma és a fél és egész fiókok száma.

A kaptártömeg méréseket négy helyszínen végeztük, a méhcsaládokat megadott időközönként költöztetve: ez három helyszínt jelentett a Debrecen környéki méhészet körül (akác, hárs, mezei és erdei vadvirágok) és egy helyszínt Biharugra környékén (napraforgó). A meteorológiai adatokat szolgáltató meteorológiai állomás előbbiektől 15 km-en belül, míg utóbbitól kb. 5 km-re helyezkedett el. Ez a különbség okozhat eltéréseket az eredményekben, viszont a vizsgálatok során napi léptékű adatokat használtunk, továbbá a vizsgált terület tengerszint feletti magassága, illetve jellege is homogénnek tekinthető, ezért azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a napi meteorológiai adatokban ekkora távolságban nincs számottevő eltérés. A továbbiakban a részletesebb időbeli vizsgálatoknál mindenképpen szükséges lenne az adott pontban történő folyamatos meteorológiai mérésekre az eredmények pontosítása érdekében.

Vizsgálataink során a fenti helyszíneken az időjárás hatását vizsgáltuk a méztermelésre és a kaptártömeg, illetve méz- és méhtömeg növekményre, melynek során korrelációs számításokat és Granger tesztet végeztünk.

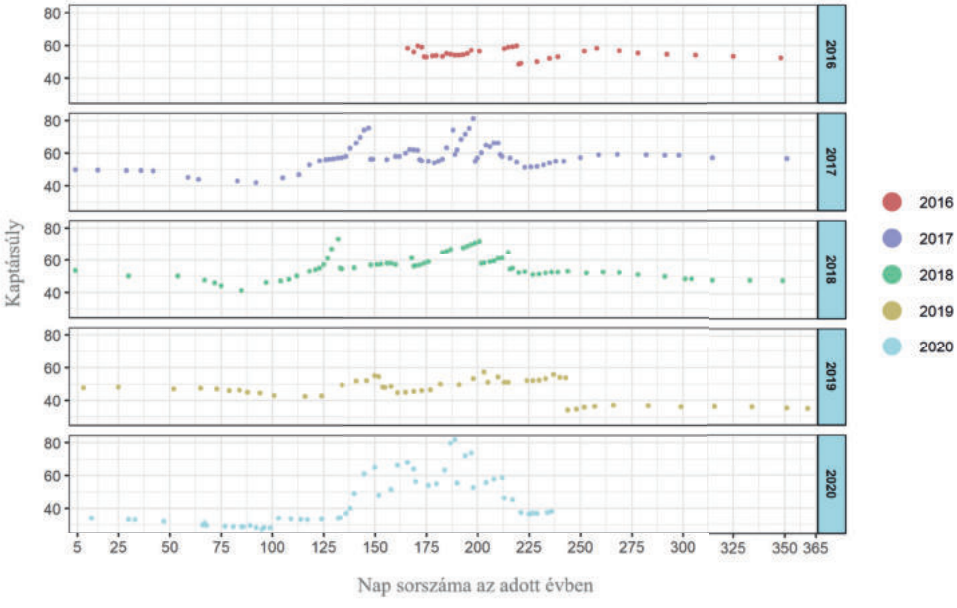
Eredmények

A kaptártömeg és a méhészeti időszakok változásai 2016 és 2020 között

A kaptártömeg ingadozása az egyes években jól mutatja a méhek hordását és fejlettségét, a populáció sokaságát, továbbá indikátora a méhész kipergetett mézből származó jövedelmének is. A Debrecen környéki méhészetben 2016. június 14-től kezdtük meg a kaptártömeg méréseket (*1. ábra*). A tömegnövekedés az egyes években körülbelül a 100–110. naptól kezdődik és a 225–250. napig tart, ezután a méhész már a télre készíti fel a méhcsaládokat. Az intenzívebb tömegnövekmények a gyűjtési és raktározási időszakokat jelölik az adott vegetációról. A nagyobb visszaesések a pergetések időpontjai, ahol a méhész a többlet mézet veszi el a családtól. Az egyes évek között nagy különbségek is megfigyelhetők. A 2019-es évben például kisebb volt a növekmény, mivel egy gyérebb akácidőszak után nem lehetett a méheket napraforgóra szállítani. A 2020-as év a rakodókaptár előnyeit mutatja meg, ami a méheknek nagyobb teret biztosít a gyűjtésre és a méhész is könnyebben bővítheti az életterüket.

Az egyes éveket *Faluba* (1983) nyomán méhészetileg meghatározó időszakokra bontottuk, ahol az egyes kódok a főbb méhlegelők, a gyűjtési periódusok és méhészeti munkálatok alapján osztják fel az évet (A: tavaszi felkészülés időszaka, B: akác virágzásának időszaka, C: vegyes virágok időszaka, D: napraforgó virágzásának időszaka, E: téli felkészülés időszaka, F: nyugalmi időszak) (*2. ábra*).

A méhészek számára a legfontosabbak a gyűjtési időszakok (akác, vegyes virágok és napraforgó). Ezekben a periódusokban akár több mézelvétel is történhet, attól függően, hogy a méhek mennyi többletmézet képesek elraktározni. Az időszakok kezdete és hossza évről évre változó, mivel azokat nagymértékben befolyásolja az időjárás. A legfontosabb az akác virágzásának időszaka, mivel a méhészet számára a fő bevételt az akácméz



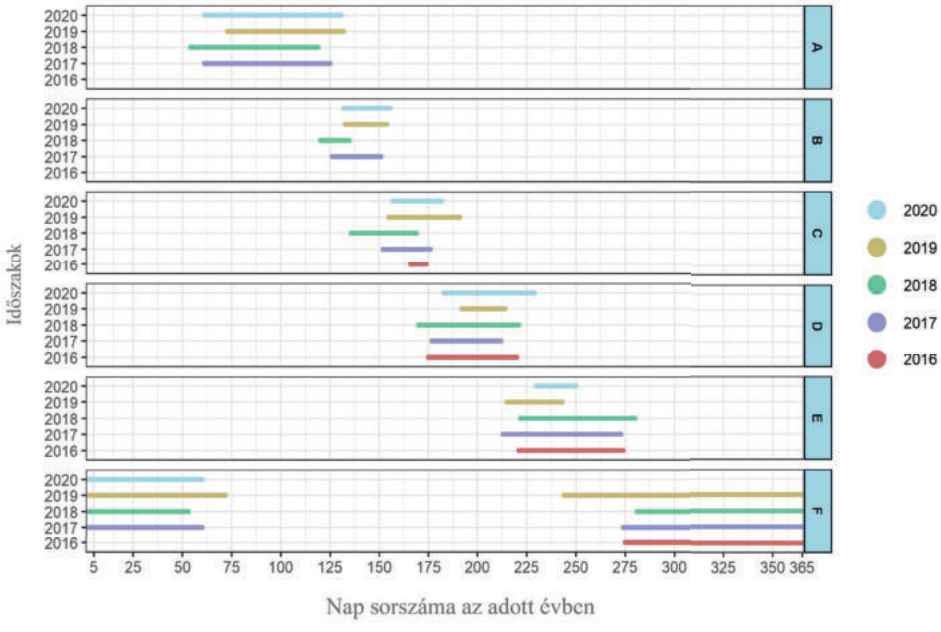
1. ábra. Kaptártömeg (kg) idősora 2016-tól 2020-ig.

jelenti, viszont ez a hozam a vizsgált években meglehetősen szélsőséges volt az eltérő időjárásnak köszönhetően. Az akác nektárképződésére a legoptimálisabb a szélcsendes, borult időjárás, a 20–25 °C-os nappali hőmérséklet és a párás, 80–90%-os páratartalmú levegő (*Kardos*, 1974; *Sajermann*, 1983). A fagykár ugyanakkor negatív hatással van a nektárképződésre (*Farkas* and *Zajácz*, 2007). *Márton* (2011) szerint, ha megfelelőek a feltételek, az akácmézhozam kaptáranként akár 50 kg felett is lehet, viszont gyengébb években alig éri el az 5–10 kg-ot. A vizsgált kaptár esetén az egyes évek mézhozamát a *2. táblázat* mutatja.

A *2. táblázat* adatai alapján a vizsgált területen a legtöbb mézet 2017-ben gyűjtötte a méhcsalád. Ebben az évben ötször tudtak pergetni, ami annak is köszönhető, hogy az akácról hosszú ideig tudtak gyűjteni a méhek. 2017-ben az akác május 6-án már babos állapotban volt, melyről összesen 26 kg mézet tudtak behordani a méhek, amiből május 28-án 19 kg mézet pergettek. Ezt akác szempontjából egy közepesen jó évnek értékeltük, hasonlóan a 2018-as évhez. A 2017-es és 2018-as év közötti nagyobb mézhozam különbséget az okozta, hogy míg 2017-ben három alkalommal tudtak napraforgóról pergetni, addig 2018-ban csak kétszer (*Vincze*, 2019). A vizsgált időszakban a 2. legnagyobb mézhozamot 2020-ban kaptuk, ami a megfelelő időjárás mellett az ekkor bevezetett rakodó kaptároknak is köszönhető.

	2016	2017	2018	2019	2020
Pergetések száma (db)	2	5	4	3	5
Összes mézhozam (kg)	15,5	73	49,5	15	67,7
Akác mézhozam (kg)	-	19	18	6	11

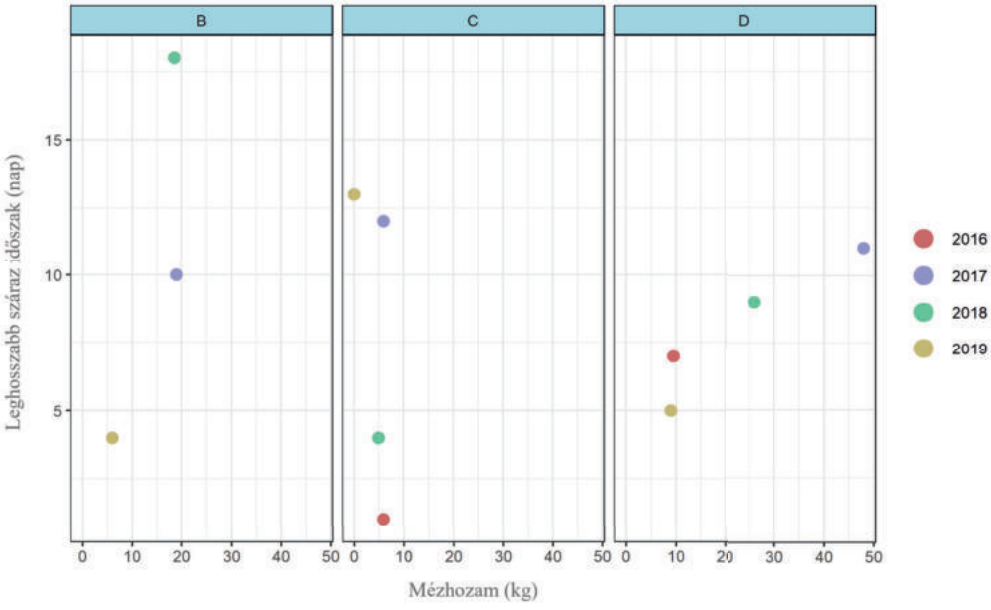
2. táblázat. Pergetések száma és a mézhozam változása az egyes években.



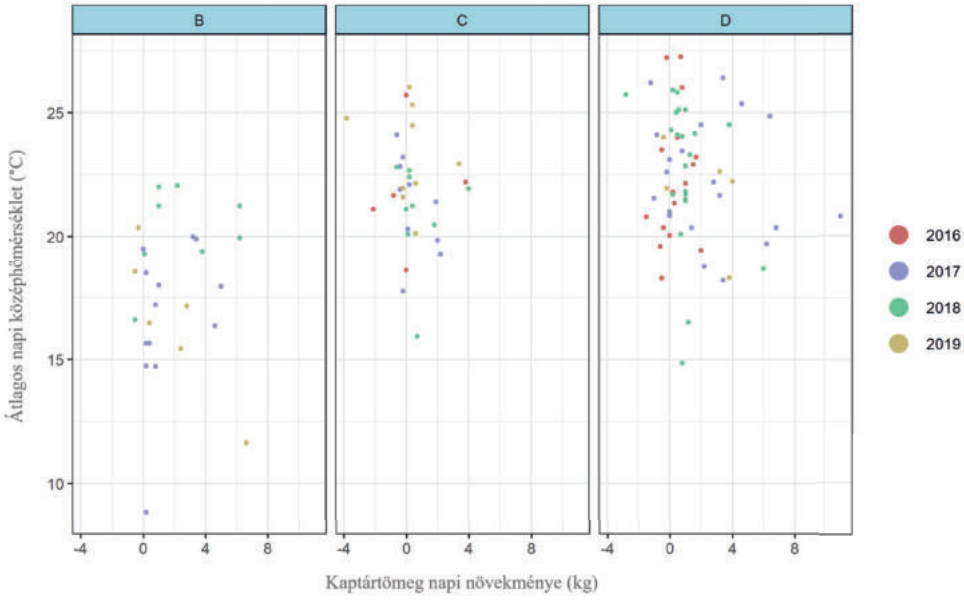
2. ábra. Időszakok hossza 2016-tól 2020-ig (A=tavaszi felkészülés időszaka, B=akác virágzásának időszaka, C=vegyes virágok időszaka, D=napraforgó virágzásának időszaka, E=téli felkészülés időszaka, F=nyugalmi időszak).

A meteorológiai viszonyok hatása a kaptártömegre

A kapcsolatok elemzését a vegetációs periódusokban (B, C, D) végeztük el, rendre az akác, a vegyes virágok és a napraforgó mézelésének idején. Elsőként arra kerestük a választ, hogy az adott időszakokat jellemző meteorológiai viszonyok (átlagos, maximum- és minimum-hőmérsékletek, csapadékösszeg, átlagos globálsugárzás, száraz napok száma, leghosszabb száraz periódus az időszak során), valamint a mézhozam között megfigyelhető-e valamilyen összefüggés. Mivel a kipergethető méz mennyiségét több hatás együttesen befolyásolja, ezért az egyes meteorológiai változók önállóan általában nem mutattak egyértelmű összefüggést a mézhozammal, ráadásul esetenként a különböző periódusok között is eltérőnek adódott ugyanannak a tényezőnek a hatása. A vizsgált mennyiségek közül a leghosszabb száraz időszak (száraz napok száma) és a mézhozam között találtunk pozitív kapcsolatot a B és D időszakban (akác és napraforgó virágzás idején), vagyis a száraz napok növekedésével a kipergethető méz mennyisége is emelkedett az akác és a napraforgó virágzásának időszakában, viszont a vegyes virágok idején a kapcsolat nem volt ennyire egyértelmű (*3. ábra*). Ugyanakkor azt is meg kell jegyezni, hogy a vizsgált néhány év adatsora még



3. ábra. Éves mézhozam változása a leghosszabb száraz időszak függvényében (B=akác virágzásának időszaka, C=vegyes virágok időszaka, D=napraforgó virágzásának időszaka).



4. ábra. Kaptártömeg napi növekményének változása az átlagos napi középhőmérséklet függvényében. (B=akác virágzásának időszaka, C=vegyes virágok időszaka, D=napraforgó virágzásának időszaka).

nem feltétlenül elegendő megfelelő következtetések levonására, de információt nyújthat arra vonatkozóan, hogy a jövőben mely változókat érdemes közelebbről megvizsgálni.

A továbbiakban a meteorológiai állapotjelzők és a kaptártömeg napi változásait vizsgáltuk. A *4. ábra* az átlagos napi középhőmérséklet, valamint a kaptártömeg napi növekménye közötti kapcsolatot mutatja az egyes években és különböző vegetációs periódusokban (B, C, D). Az ábra alapján szoros kapcsolatot nem találtunk; adott hőmérsékleti értékek esetén a különböző években gyakran jelentősen eltérő kaptártömeg változás volt megfigyelhető, sőt, az adott éven belüli periódusoknál is nagy szórást mutatott a napi tömegváltozás. A továbbiakban ezért mindenképpen részletesebb időbeli felbontásban érdemes majd a változók együttes hatását elemezni, továbbá hosszabb adatsorokat vizsgálni.

Statisztikai elemzések

A következőkben statisztikai vizsgálataink eredményeit mutatjuk be. Az adatsoron elvégeztük a kaptártömeg és a méz- és méhtömeg növekmény és a meteorológiai elemek napi értékpárjainak korrelációs vizsgálatát.

A kaptártömeg növekménye és a középhőmérséklet, valamint a maximumhőmérséklet között a teljes időszakra nézve a Pearson-féle korrelációs együttható egyaránt R = 0,18, ami elmarad a szakirodalomban található értékektől. Valamivel nagyobb korrelációs együtthatót kaptunk a kaptártömeg napi növekménye és a globálsugárzás között R = 0,24. Méz és méhtömegre elvégezve a korrelációt, a legjobb eredményt ez esetben is az átlagos globálsugárzással kaptuk (R = 0,29). A korrelációnál is hasonló következtetéseket vontunk le, mint a mintázatok elemzésénél. Az alacsony korrelációs együttható értékeket okozhatja a kaptártömeg, valamint méz és méhtömeg növekmény változó komplexitása és a különböző környezeti abiotikus és biotikus folyamatok

egyidejű hatása. Nagyobb korreláció eléréséhez valószínűleg növelni kell az elemzések időbeli felbontását, és nagyobb mennyiségű adatra lenne szükség. Ugyanakkor az eredmények egy elsődleges becslésre hasznosak lehetnek.

A továbbiakban az egymást követő mintavételek összefüggése miatt Granger-okságot vizsgáltunk, amely két vagy több állapothatározó között vizsgál meg kapcsolati viszonyt egy idősorban (*Leamer*, 1985). A teszt során nem ok-okozatiságot vizsgálunk, hanem azt, hogy egy idősor hogyan jelezhető előre egy másik idősor alapján. Tesztjeink kapcsán azt vizsgáltuk, hogy a meteorológiai adatsornak *x(t)* egy változója milyen mértékben magyarázza a méhészeti adatsor értékeinek *y(t)* változását. Másképpen, hogy az *x* minta megelőző megfigyelései mennyiben tartalmaznak hasznos információt az *y* sorozat előrejelzésében. A nullhipotézisünk az, hogy az *x(t)* meteorológiai állapothatározó nem magyarázza az *y(t)* méhészeti adatsor változását, tehát *x(t)* nem okozza *y(t)*-t a Granger-teszt alapján. A nullhipotézis akkor vetendő el, ha a *p*-érték, jelen esetben *Pr* érték, egy kiválasztott szignifikancia szintnél alacsonyabb. Ellenhipotézisként pedig azt fogalmazhatjuk meg, hogy *x(t)* meteorológiai változó magyarázza *y(t)*-nek a változását (*Granger*, 1969). A Granger-teszt *x(t)* és *y(t)* változóra:

$$y_t = \hat{y}_t + \epsilon_{1t} = \beta_{01} + \sum_{p=1}^{P} \left(\beta_{11,p} y_{t-p} + \beta_{12,p} x_{t-p}\right) + \epsilon_{1t}, \quad (1)$$

$$x_t = \hat{x}_t + \epsilon_{2t} = \beta_{02} + \sum_{p=1}^{P} \left(\beta_{21,p} y_{t-p} + \beta_{22,p} x_{t-p}\right) + \epsilon_{2t}, \quad (2)$$

ahol *P* a figyelembe vett múltbeli megfigyelések száma és a β mátrix tartalmazza azok együtthatóit. Az ϵ_1 és ϵ_2 maradványtagok az *x(t)* és *y(t)* előrejelzett értékeinek hibái (*Chen et al*., 2004). Ha a $(\beta_{12,1,}...\beta_{12,P})$ nem nullvektor és $(\beta_{21,1},...\beta_{21,P})$ nullvektor, akkor azt mondhatjuk, hogy *x(t)* Granger okozza *y(t)*-t. Ha $\beta_{(12,1,...12,P)}$ és $\beta_{(21,1,...21,P)}$ sem nullvektor, akkor függetlenség van a két adatsor között. Ha mindkét vektor nullvektor, akkor nincs Granger-féle értelemben vett ok-okozati összefüggés (*Kodra et al*., 2011). A teszt során a kaptártömeg növekményt és néhány légköri állapotjelző napi átlagos értékeit vizsgáltuk. A késleltetés növelésével egyre csökkent a F-teszt statisztika és a *Pr* (valószínűségi) érték közötti távolság, amely a szignifikáns eredmény záloga. A tesztnél fontos az irányt megválasztani, tehát, hogy mely adatsor változásai vannak hatással a másikra. A tesztet R programnyelven végeztük el az *„lmtest”* csomag segítségével (*Zeileis* and *Hothorn*, 2002). A Granger-teszt függvény okozat-ok sorrendben írható fel, ahol megadható az *„order”* paraméter segítségével a késleltetés mértéke. A *p*-értéket a Wald-teszt alapján számítottuk (*Lafontaine* and *White*, 1986).

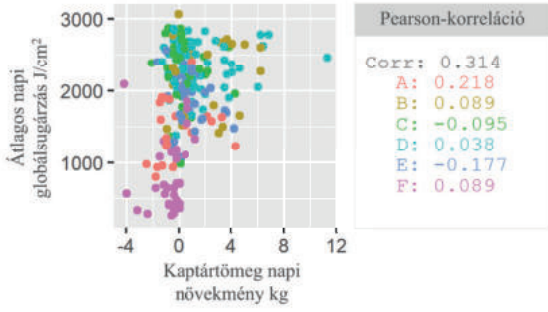
A teszt eredményeit a *3–4. táblázatokban* jelenítettük meg, ahol a napi kaptártömeg növekményét (*3. táblázat*), illetve a napi méz- és méhtömeg napi növekményét vizsgáltuk a napi átlagos globálsugárzással, napi átlagos közép-, maximum- és minimumhőmérséklettel a teljes időszakra (2016–2020), illetve periódusokra bontva (*4. táblázat*). A periódusokra bontásnál vizsgáltuk az összeillesztett akác és napraforgó időszakokat 2016–2020 között, illetve külön megvizsgáltuk az egyes éveket is különböző hordási időszakokban. A táblázatokban a szignifikáns eredményeket pipával jelöltük. A teljes vizsgált időszakot tekintve legjobb eredményre a globálsugárzással jutottunk (F = 17,6; *Pr* = 0,00004) a méz- és méhtömeg növekményt tekintve. Az időszakokat leválogatva meghatározók voltak a hőmérsékletek (az átlagos napi közép-, maximum- és minimumhőmérséklet). Az eredményeket egyidejű ok-okozatiságra a 95%-os szignifikancia szinten vizsgáltuk.

Kaptártömeg napi növekménye		Átl. globálsugárzás	Átl. $T_{közép}$	Átl. T_{max}	Átl. T_{min}
Teljes adatsor		✓			
Akác	Teljes	✓			
	2019			✓	
Napraforgó	2018		✓	✓	✓
	2019		✓	✓	✓

3. táblázat. Szignifikáns eredmények a kaptártömeg napi növekménye vizsgálatakor (Átl. globálsugárzás = napi átlagos globálsugárzás [J/cm²], Átl.$T_{közép}$ = napi átlagos középhőmérséklet [°C], Átl.T_{max} = napi átlagos maximumhőmérséklet [°C], Átl.T_{min} = napi átlagos minimumhőmérséklet [°C]).

Méz- és méhtömeg napi növekménye		Átl. globálsugárzás	Átl. $T_{közép}$	Átl. T_{max}	Átl. T_{min}
Teljes adatsor		✓	✓	✓	✓
Akác	Teljes				
	2019				
Napraforgó	2018		✓	✓	✓
	2019		✓	✓	✓

4. táblázat. Szignifikáns eredmények a méz- és méhtömeg napi növekményének vizsgálatakor (Átl. globálsugárzás = napi átlagos globálsugárzás [J/cm²], Átl.$T_{közép}$ = napi átlagos középhőmérséklet [°C], Átl.T_{max} = napi átlagos maximumhőmérséklet [°C], Átl.T_{min} = napi átlagos minimumhőmérséklet [°C]).



5. ábra. A kaptártömeg napi növekménye (kg) és az átlagos napi globálsugárzás (J/cm²) Pearson-korrelációja a teljes, illetve a leválogatott időszakokra.

Összefoglalás

A változók kapcsolatainak elemzése, illetve a statisztikai vizsgálatok (korrelációk, Granger-teszt) eredményei rámutattak az időjárási elemek háziméhekre gyakorolt hatására. A legjobb eredményt a méhészeti változók a globálsugárzással mutatták. A vegetációs periódusokat tekintve, melyek során kevesebb volt a méhészeti beavatkozás, a hőmérsékleti értékek is jobb egyezést és szignifikáns kapcsolatot mutattak a vizsgált változókkal. A későbbiekben további fontos meteorológia változónak tartjuk a hőségnapok és a száraznapok számát, továbbá több meteorológiai állapotjelző egyidejű vizsgálatát, különböző időjárási helyzetek elemzésével. A méhek a környezeti feltételekhez, az időjáráshoz való gyors alkalmazkodását számításaink is bizonyították. A közeljövőben célszerűnek tartjuk több kaptár bevonását, időszakok leválogatását, továbbá kellően nagy adatmennyiséggel az emberi tevékenység kiszűrését. Az időbeli felbontást célszerű 1 órásra vagy 10 percesre növelni, továbbá több tér- és időskálán elvégezni a számításokat. Digitális automata kaptármérlegekkel az adatmennyiség növelése a későbbiekben felgyorsulhat és további méhészetek bevonásával nőhet az adatmennyiség is. Ezentúl érdemes összetett agrometeorológiai változókat vizsgálni és további állapothatározókat bevonni a vizsgálatokba. A jövőben céljaink között szerepel a hatások további komplex vizsgálata és a kaptártömeg változások modellezése az időjárási állapothatározók függvényében.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 számú projekt keretében valósult meg.

A szerzők köszönetüket fejezik ki Vincze Ferencnek, debreceni méhésznek és családjának, akik adataikkal és szakmai tapasztalatukkal hozzájárultak a kutatásunkhoz.

Irodalomjegyzék

Abou-Shaara, H.F., Owayss, A.A., Ibrahim, Y.Y., and *Basuny, N.K.*, 2017: A review of impacts of temperature and relative humidity on various activities of honey bees. *Insectes Sociaux 64*, 455–463. doi:10.1007/s00040-017-0573-8

Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A., and *Klein, A.M.*, 2008: Long-Term Global Trends in Crop Yield and Production Reveal No Current Pollination Shortage but Increasing Pollinator Dependency. *Curr. Biol. 18*, 1572–1575. doi:10.1016/j.cub.2008.08.066

Aizen, M.A. and *Harder, L.D.,* 2009: The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Curr. Biol. 19*, 915–918. doi:10.1016/j.cub.2009.03.071

Anderegg, W.R.L., Abatzoglou, J.T., Anderegg, L.D.L., Bielory, L., Kinney, P.L., and *Ziska, L.*, 2021: Anthropogenic climate change is worsening North American pollen seasons. *Proc. Nat. Acad. Sci 118*. doi:10.1073/pnas.2013284118

Benedek, P., 1983: *A méhészet és a mezőgazdasági növénytermesztés. In: (Szerk. Nikovitz A.)*: A méhészet kézikönyve I.-II. Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont, Hungaronektár, Budapest, 577–672 p.

Bock, A., Sparks, T.H., Estrella, N., and *Menzel, A.*, 2013: Climate-Induced Changes in Grapevine Yield and Must Sugar Content in Franconia (Germany) between 1805 and 2010. *PLOS ONE, 8*, e69015. doi:10.1371/journal.pone.0069015

Bock, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Jee, N., Casebow, A., Schunk, C., Leuchner, M., and *Menzel, A.*, 2014: Changes in first flowering dates and flowering duration of 232 plant species on the island of Guernsey. *Glob. Change Biol. 20*, 3508–3519. doi:https://doi.org/10.1111/gcb.12579

Bordier, C., Dechatre, H., Suchail, S., Peruzzi, M., Soubeyrand, S., Pioz, M., Pélissier, M., Crauser, D., Conte, Y.L., and *Alaux, C.*, 2017: Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees *(Apis mellifera). Sci. Rep. 7*, 3760. doi:10.1038/s41598-017-03944-x

Burrill, R.M. and *Dietz, A.*, 1981: The response of honey bees to variations in solar radiation and temperature. *Apidologie 12*, 319–328. doi:10.1051/apido:19810402

Celli, G. and *Maccagnani, B.*, 2003: Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bull. Insectol. 56*, 137–139.

Chen, Y., Rangarajan, G., Feng, J., and *Ding, M.*, 2004: Analyzing multiple nonlinear time series with extended Granger causality. *Phys. Lett. A 324*, 26–35. doi:10.1016/j.physleta.2004.02.032

Clarke, D. and *Robert, D.*, 2018: Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie 49*, 386–396. doi:10.1007/s13592-018-0565-3

Crane, E., 2009: Chapter 19 - Beekeeping, In: (Eds. Resh, V.H., and Cardé, R.T.) Encyclopedia of Insects. Academic Press, San Diego, 66–71. doi:10.1016/B978-0-12-374144-8.00019-9

Csóka, G., Csókáné Hirka, A., Csepelényi, M., Szőcs, L., Molnár, M., Tuba, K., Hillebrand, R., and *Lakatos, F.*, 2018: Response of forest insects to the climate change (case studies). *Erdészettudományi Közlemények 8*, 149–162.

Devillers, J., Doré, J.C., Tisseur, M., Cluzeau, S., and *Maurin, G.*, 2004: Modelling the flight activity of Apis mellifera at the hive entrance. *Comput. Electron. Agricult 42*, 87–109. doi:10.1016/S0168-1699(03)00102-9

Edward E. Leamer, 1985: Vector autoregressions for casual inference? *Carnegie-Rochester Conf. Ser. Publ. Policy 22*, 255–304.

Faluba, Z., 1983: *Méhek, méhészkedés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

FAO, 2018: Why bees matter: The importance of bees and other pollinators for food and agriculture.

Farkas, Á. and *Zajácz, E.*, 2007: Nectar Production for the Hungarian Honey Industry. *Eur. J. Plant Sci. Biotechnol*. 125–151.

Fitter, A.H. and *Fitter, R.S.R.*, 2002: Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. *Science 296*, 1689–1691. doi:10.1126/science.1071617

Flores, J.M., Gil-Lebrero, S., Gámiz, V., Rodríguez, M.I., Ortiz, M.A., and *Quiles, F.J.*, 2019: Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment. *Sci. Total Environ. 653*, 1111–1119. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.004

Frisch, K.W., 1947: Duftgelenkte Bienen im Dienste der Landwirtschaft und Imkerei. Springer Verlag, Wien, 189 p.

Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., and *Vaissière, B.E.*, 2009: Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econom. 68*, 810–821. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.06.014

Genersch, E., 2010: Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Appl. Microbiol. Biotechnol. 87*, 87–97. doi:10.1007/s00253-010-2573-8

Gill, R.J., Ramos-Rodriguez, O., and *Raine, N.E.*, 2012: Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature 491*, 105–108. doi:10.1038/nature11585

Granger, C.W.J., 1969: Investigating Casual Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica 37*, 424–438.

Gulyás, S., 1983: *A nektár. In Nikovitz A. (Szerk.): A méhészet kézikönyve I.-II.* Állatenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont, Hungaronektár, Budapest, 826 p., 510 p.

Hambleton, J.I., 1925: *The Effect of Weather Upon the Change in Weight of a Colony of Bees During the Honey Flow*. U.S. Department of Agriculture, 60 p.

He, X.-J., Tian, L.-Q., Wu, X.-B., and *Zeng, Z.-J.*, 2016: RFID monitoring indicates honeybees work harder before a rainy day. *Insect Sci. 23*, 157–159. doi:10.1111/1744-7917.12298

Hegland, S.J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A.-L., and *Totland, Ø.*, 2009: How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecol. Lett. 12*, 184–195. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x

Holmes, W., 2002: The influence of weather on annual yields of honey. *J. Agricult. Sci. 139*, 95–102. doi:10.1017/S0021859602002277

Ion, N., Stefan, V., Ion, V., Fota, G., and *Coman, R.*, 2007: Results concerning the melliferous characteristics of the sunflower hybrids cultivated in Romania. *Zootechnie si Biotechnologii 40*, 80–90.

Jiang, J.-A., Wang, C.-H., Chen, C.-H., Liao, M.-S., Su, Y.-L., Chen, W.-S., Huang, C.-P., Yang, E.-C., and *Chuang, C.-L.*, 2016: A WSN-based automatic monitoring system for the foraging behavior of honey bees and environmental factors of beehives. *Comput. Electron. Agricult. 123*, 304–318. doi:10.1016/j.compag.2016.03.003

Kardos, I., 1974: Megfigyelések az akácról. *Méhészet, 66–67*.

Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., and Tscharntke, T., 2007: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. Roy. Soc. B: Biol. Sci. 274*, 303–313. doi:10.1098/rspb.2006.3721

Kodra, E., Chatterjee, S., and *Ganguly, A.R.*, 2011: Exploring Granger causality between global average observed time series of carbon dioxide and temperature. *Theor. Appl. Climatol. 104*, 325–335. doi:10.1007/s00704-010-0342-3

Komasilova, O., Komasilovs, V., Kviesis, A., and *Zacepins, A.*, 2021: Modeling of the Potential Honey Bee Colony Foraging Activity Based on the Agrometeorological Factors. *Baltic J. Modern Comput. 9*, 280–289. doi:https://doi.org/10.22364/bjmc.2021.9.3.04

Lafontaine, F. and *White, K.J.*, 1986: Obtaining any Wald statistic you want. *Econ. Lett. 21*, 35–40. doi:10.1016/0165-1765(86)90117-5

Le Conte, Y. and *Navajas, M.*, 2008: Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique*, 13.

Lecocq, A., Kryger, P., Vejsnæs, F., and *Jensen, A.B.*, 2015: Weight Watching and the Effect of Landscape on Honeybee Colony Productivity: Investigating the Value of Colony Weight Monitoring for the Beekeeping Industry. *PLOS ONE 10*, e0132473. doi:10.1371/journal.pone.0132473

Lever, J.J., van Nes, E.H., Scheffer, M., and *Bascompte, J.*, 2014: The sudden collapse of pollinator communities. *Ecology Letters, 17*, 350–359. doi:10.1111/ele.12236

Lundie, A.E., 1925: The Flight Activities of the Honeybee. United States Department of Agriculture.

Mace, H., 1912: The Influence of Weather on Bees. *Nature 89*, 62–65. doi:10.1038/089062c0

Magyar, D., Dumitrica, P., Mura-Mészáros, A., Medzihradszky, Z., Leelőssy, Á., and *Martin, S.S.*, 2021: The Occurrence of Skeletons of Silicoflagellata and Other Siliceous Bioparticles in Floral Honeys. *Foods 10*, 421. doi:10.3390/foods10020421

Márton, Á., 2011: *Méhészet*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.

McLellan, A.R., 1977: Honeybee Colony Weight as an Index of Honey Production and Nectar Flow: A Critical Evaluation. *J. Appl. Ecol. 14*, 401–408. doi:10.2307/2402553

Meikle, W.G., Holst, N., Colin, T., Weiss, M., Carroll, M.J., McFrederick, Q.S., and *Barron, A.B.*, 2018: Using within-day hive weight changes to measure environmental effects on honey bee colonies. *PLOS ONE 13*, e0197589. doi:10.1371/journal.pone.0197589

Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Å., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Måge, F., Mestre, A., Nordli, Ø., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Vliet, A.J.H.V., Wielgolaski, F.-E., Zach, S., and *Zust, A.*, 2006: European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Glob. Change Biol. 12*, 1969–1976. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x

Ngo, T.N., Rustia, D.J.A., Yang, E.-C., and *Lin, T.-T.*, 2021: Automated monitoring and analyses of honey bee pollen foraging behavior using a deep learning-based imaging system. *Comput. Electron. Agricult. 187*, 106239. doi:10.1016/j.compag.2021.106239

Ollerton, J., Winfree, R., and *Tarrant, S.*, 2011: How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos 120*, 321–326. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

Őrösi, P.Z., 1955: *Méhek között*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Pinzauti, M., 1986: The influence of the wind on nectar secretion from the melon and on the flight of bees: the use of an artificial wind-break. *Apidologie 17*, 63–72.

Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., and *Kunin, W.E.*, 2010: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evolut. 25*, 345–353. doi:10.1016/j.tree.2010.01.007

Puškadija, Z., Štefanić, E., Mijić, A., Zdunić, Z., Parađiković, N., Florijančić, T., and *Opačak, A.*, 2007: Influence of weather conditions on honey bee visits (Apis mellifera carnica) during sunflower (Helianthus annuus L.) blooming period. *Poljoprivreda 13*, 230–233.

Rader, R., Reilly, J., Bartomeus, I., and *Winfree, R.*, 2013: Native bees buffer the negative impact of climate warming on honey bee pollination of watermelon crops. *Glob. Change Biol. 19*, 3103–3110. https://doi.org/10.1111/gcb.12264

Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L.A., Garatt, M.P.D., Howlett, B.G., Winfree, R., Cunningham, S.A., Mayfield, M.M., Arthur, A.D., Andersson, G.K.S., Bommarco, R., Brittain, C., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Entling, M.H., Foully, B., Freitas, B.M., Gemmill-Herren, B., Ghazoul, J., Griffin, S.R., Gross, C.L., Herbertsson, L., Herzog, F., Hipólito, J., Jaggar, S., Jauker, F., Klein, A.-M., Kleijn, D., Krishnan, S., Lemos, C.Q., Lindström, S.A.M., Mandelik, Y., Monteiro, V.M., Nelson, W., Nilsson, L., Pattemore, D.E., Pereira, N. de O., Pisanty, G., Potts, S.G., Reemer, M., Rundlöf, M., Sheffield, C.S., Scheper, J., Schüepp, C., Smith, H.G., Stanley, D.A., Stout, J.C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Vergara, C.H., Viana, B.F., and *Woyciechowski, M.*, 2016: Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *PNAS 113*, 146–151.

Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng', A., and *Viana, B.F.*, 2008: Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol. Lett. 11*, 499–515. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x

Sajermann, G., 1983: Méhészetünk alapja az akác. *Méhészet 4–5*.

Sparks, T.H., Langowska, A., Glazaczow, A., Wilkaniec, Z., Bieńkowska, M., and *Tryjanowski, P.*, 2010: Advances in the timing of spring cleaning by the honeybee Apis mellifera in Poland. *Ecol. Entomol. 35*, 788–791. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01226.x

Svoboda, J., 1962: Teneur en strontium 90 dans les abeilles et dans leurs produits. *Bull. Apicole 5*, 101–103.

Szabo, T.I., 1980: Effect of Weather Factors on Honeybee Flight Activity and Colony Weight Gain. *J. Apicult. Res. 19*, 164–171. doi:10.1080/00218839.1980.11100017

Tarczay, K. és *Feiler, J.*, 2017: Az éghajlatváltozás kihívásai a méhekre és a méhészetekre. *Légkör 62*, 171–174.

Thimmegowda, G.G., Brockmann, A., Dhandapany, P.S., and *Olsson, S.B.*, 2020: Reply to Negri et al.: Air pollution and health impacts on bees: Signs of causation. *Proc. Nat. Acad. Sci. 117*, 26578–26579. doi:10.1073/pnas.2017972117

Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P., Lentini, G., and *Ferracini, C.*, 2021: A Qualitative Analysis of Beekeepers' Perceptions and Farm Management Adaptations to the Impact of Climate Change on Honey Bees. *Insects 12*, 228. doi:10.3390/insects12030228

Vincze, C., 2019: A méhészet és a klíma(változás) összefüggései. Szakdolgozat. Debreceni Egyetem, Debrecen.

Williams, I.H., Corbet, S.A., and *Osborne, J.L.*, 1991: Beekeeping, Wild Bees and Pollination in the European Community. *Bee World 72*, 170–180. doi:10.1080/0005772X.1991.11099101

Zeileis, A. and *Hothorn, T.*, 2002: Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News 2*, 7–10.

[**1**]: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Debrecen/leirasok/szamitasok/

[**2**]: https://odp.met.hu/

Hajók az időjárás markában

Szabó Dorottya
Országos Meteorológiai Szolgálat, szabo.d@met.hu

A hajózás az egyik leginkább időjárásnak kitett ágazat. Ugyan manapság már nem csak a kedvezőtlen időjárás okozza a balesetek nagy részét, technikai probléma, és emberi mulasztás ugyanúgy adódhat, mégis fontos tényező még a mai fejlett világban is. A cikkben most olyan hajókat, illetve már hajóroncsokat mutatunk be, ahol a szerencsétlenség megtörténtében az időjárásnak kulcsszerepe volt.

Az egyik leginkább időjárásfüggő ágazat a hajózás. Ugyan az évek során a technológia egyre fejlettebb, manapság is nagyon fontos tényező. A 20. század elejéig, vagyis az iparosodásig a hajószerencsétlenségek döntő többségéért az időjárási körülmények voltak felelősek, ma már sokkal szerteágazóbbak a haváriát kiváltó okok: motortűz, lék, emberi döntések, esetleg egyszerűen gazdasági problémák jelenthetik egy-egy hajó végzetét.

A világon több ezer hajóroncs található. Egészen a 15–16. századig visszamenőleg kerültek elő maradványok, az akkor még fából készült hajókból. Mivel ma már fémből készülnek a hajók, sokkal tovább tart a teljes lebomlásuk. Sok közülük úgy kerül végső nyughelyére, hogy búvárfelszerelés sem kell a megtekintésükhöz, így akár programnak is jó lehet egy-egy roncs felkeresése. Ebben a cikkben a teljesség igénye nélkül olyan hajóroncsokat mutatunk be, amelyek részben vagy egészben kilógnak a vízből, vesztüket pedig egytől-egyig az időjárás okozta. (Sajnos a sós víz és az időjárási körülmények később sem kímélik a roncsokat, ezért van, amelyik – sok év után – napjainkban már nem látható. Ezenkívül egy szerencsésen megmenekült hajó is helyet kapott a sorozatban.)

SS America/ American Star – Kanári-szigetek, Fuerteventura

A 220 méter hosszú, 11 szintes hajót 1938-ban kezdték el építeni az Egyesült Államokban, a United States Line részére. Közel 54 éves pályafutása során főként személyszállításra használták. Érdekessége, hogy belső tereit nők tervezték, akik az akkor divatos díszes dekoráció helyett inkább letisztultabb, modernebb belső tereket kívántak kialakítani. 1940. augusztus 10-én állt szolgálatba a hajó, America néven. (A tulajdonosváltások alkalmával gyakran nevezték át a hajókat – bár egy átnevezés mindig rossz ómen – az America többször is viselte ezt a nevet élete során.)

A háború azonban közbeszólt, s 1941-ben a haditengerészet szolgálatba hívta. Egészen 1946-ig katonai célokra használták, mielőtt visszatért volna a szabadidős személyszállításhoz. Ezt követően a 80-as évekig több tulajdonosváltáson is átesett, de mindig szállodahajóként üzemelt. Végül néhány év pihenő után Thaiföldre akarták szállítani, hogy ötcsillagos luxushajót csináljanak belőle. A rossz állapota miatt nem engedték át a Szuezi-csatornán, ezért a Jóreménység fokát megkerülve készültek Thaiföldre vinni egy vontatóhajó segítségével.

Az America/ American Star Fuerteventura partjainál. Mára már sajnos teljesen eltűntek a roncs kilógó részei.

1993 decemberében vontatták ki Görögországból, ahonnan a rossz időjárás miatt csak második próbálkozásra sikerült ténylegesen útnak indulnia szilveszterkor. Az ukrán vontatóhajóval együtt január közepén ismét viharba kerültek, a vontatókötelek pedig elszakadtak. Megpróbálták újra átkötni a köteleket, ez azonban nem sikerült, ehhez a segítségül küldött két másik vontatóhajó sem bizonyult elegendőnek. A legénységet és a vontatókat kimentették, de az ekkor már American Star névre keresztelt hajót a sorsára hagyták, amely január 18-án zátonyra futott a Kanári-szigeteknél, Fuerteventura közelében. Noha a tulajdonosok próbáltak megoldást találni, a következő két napban az erős hullámzás és a kedvezőtlen időjárás kettétörte a hajót. A tat végül 1996-ban elsüllyedt, míg az orr-rész még 10 évig állva maradt. Megkezdődött a lassú elmúlás. A sós víz hatására fokozatosan omlott össze a megmaradt roncs. Először az oldalára borult, majd szépen lassan maga alá temette a tenger. 2018-ban már csak az orr eleje volt látható apálykor, 2022-re pedig az utolsó kiálló rész is végleg víz alá került.

MV Sygna – Ausztrália, Newcastle

A 217 méter hosszú teherszállító hajó 1967-ben épült Norvégiában. Mindössze hét éven át szállított árut, amikor 1974-ben zátonyra futott az ausztrál Stockton Beachen, a viharos időjárás következtében. Fényképek őrzik 42 év emlékét, ahogy a hajó megmaradt részét fokozatosan visszahódította az óceán.

1974 májusában nagy viharok tomboltak Newcastle partjainál, a viharos szél több mint 17 méteres hullámokat gerjesztett a kikötő bejáratánál. A Sygna üresen, a szénrakományra várva, a kikötő közelében horgonyzott, amikor a meteorológiai szolgálat kiadta a riasztást a közelgő viharos szélre. A partközelben veszteglő hajóknak ekkor a nyílt tenger felé kellett volna venniük az irányt, ahol biztonságosabban tudnak várakozni, nehogy a szél és a hullámok a partra sodorják őket. Az ott várakozó tíz hajó közül hét így is tett, a Sygna azonban nem tartozott közéjük.

A kapitány ugyan másnap reggel kiadta a parancsot az indulásra, azonban a 165 km/h-s széllökések közepette a motorok nem bírtak az erős hullámzással, és a hajó a parttal párhuzamosan elfordult, majd zátonyra futott. A legénységet mostoha körülmények között mentették ki, de senki sem sérült meg. A teherszállítóból viszont megközelítőleg 700 tonna olaj folyt a vízbe, amelynek tisztítására akkor semmilyen intézkedés nem történt.

A vihar elcsitulását követően megkezdődtek a mentési munkálatok. A hajót megfordították, így a nehezebb tat a mélyebb vízbe került. Ennek következtében a Sygna gerince megroppant. Szeptember elején egy

mentőcsapat több sérülést is kijavított a testen, illetve több ezer tonna vizet szivattyúzott ki, hogy le tudja vontatni a hajót a zátonyról. Szerencsétlenségükre mire az orr-rész kiszabadult a homok fogságából, a tat mintegy 80 méterre újra zátonyra került. Novemberben ismét kísérletet tettek a mentésre, amely az öböl 16 km-es körzetében jelentős olajszennyezést okozott. Végül egyéves pihenőt követően az orr-részt 1976 januárjában elvontatták és szétszedték.

A tat a zátonyon maradt, s a természetre bízták a sorsát. A tartós hullámzás az évek során egyre jobban kikezdte a megmaradt roncsot, amely 2016. június 4–5-én a heves viharok következtében teljesen összeomlott, így ma már alig ér a vízvonal fölé a hajó maradványa.

A Sygna volt az utolsó hajó, amely Newcastle kikötője közelében veszett oda.

Pasha Bulker/Anthea – Ausztrália, Newcastle

Egy kicsit kilóg a sorból a 2006-ban épült 225 méteres teherhajó, ugyanis Anthea néven manapság is forgalomban van. Azért kerülhetett be mégis ebbe a válogatásba, mert 2007-ben egy rövid ideig a newcastle-i Nobbys Beach látványossága volt, amikor egy vihar során zátonyra futott. Története kísértetiesen hasonlít a Sygna esetére.

A Pasha Bulker hamar látványosság lett a newcastle-i strandon.

2007. június 8-án a newcastle-i kikötő rádión értesítette a kikötőn kívül veszteglő hajókat a közelgő viharra. A Pasha Bulker kapitánya azonban ezt figyelmen kívül hagyta – 10 másik hajóval együtt –, s ez végzetesnek bizonyult. A nagy szélben és magas hullámokban a hajó tökéletesen üzemelő motorral és két felhúzott horgonnyal sodródott ki a partra, anélkül, hogy segítséget kért volna a kikötő vontatóhajóitól. Az erős hullámzás és a szeles idő a parttal párhuzamosan fordította a hajót, amely felült a homok- és kőpadokra.

Alig egyhónapos veszteglése során látványosság lett, s még a Greenpeace is felhasználta, hogy felhívja a figyelmet a klímaváltozásra, illetve arra, hogy a jövőben egyre gyakrabban kell olyan extrém időjárási körülményekre számítani, ami a Pasha Bulkert erre a sorsra juttatta.

A hajó elvontatásának megtervezése a baleset után azonnal megkezdődött. A legénységet még aznap kimenekítették, másnap pedig megérkeztek annak a dán cégnek az emberei is, akik a mentéssel meg lettek bízva. Végül az előkészítést követően július elején sikerült a Pasha Bulkert lehúzni a zátonyról, s a hónap végén – kisebb javításokat követően – Japánba szállítani, ahol a teljes felújítás zajlott.

Vizsgálat indult, amely kiderítette, hogy a kedvezőtlen időjárási feltételek és a kapitány tapasztalatlansága egyaránt felelősek voltak a balesetért. A legkritikusabb helyzetben a kapitány ugyanis elhagyta a hidat és reggelizni ment, nem törődve a riasztással. Az előrejelzések már napokkal korábban figyelmeztettek az erős szélre.

Időjárási háttér: 2007. június 8-án Új-Dél-Walesben egy alacsony nyomású rendszer alakította az időjárást, özönvíz szerű esőzést és viharos szelet okozva a partvidéken. A lezúduló csapadék mennyisége 36 óra alatt meghaladta helyenként a 300 mm-t, amely áradásokat, földcsuszamlást és nagy területen áramszünetet okozott. A legnagyobb széllökések Newcastle partjánál elérték a 124 km/h-t.

MV Demetrios II – Ciprus, Chloraka

A Demetrios egy 66 méter hosszú teherhajó volt, amely Németországban készült 1964-ben. 1998. március 23-án, hondurasi lobogó alatt hajózva futott

A Demetrios II a ciprusi Páfosz közelében.

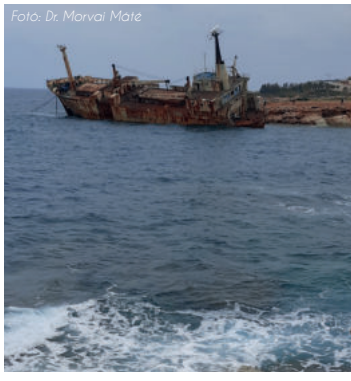
zátonyra a ciprusi Páfosz partjainál. Éppen Görögországból Szíriába tartott fával megrakodva, amikor Ciprus közelében a nagy hullámzás és a rossz időjárás miatt egy sziklazátonyra futott néhány száz méterre a parttól. A legénységet kimenekítették. A későbbi vizsgálat megállapította, hogy a kapitány és az elsőtiszt képesítési papírjai hamisak voltak.

A hajó rakományát, üzemanyagát és az egyéb mérgező anyagokat eltávolították, hogy ne szennyezze be a környezetet. Megpróbálták a Demetriost is elvontatni, ez azonban nem sikerült. Ma már turistalátványosságnak számít a 25 éve a part felé néző hajó.

Ugyan a roncsot nem lehet egyszerűen megközelíteni, a viszonylag egyenes partszakaszon már messziről látszik a „közeledő szellemhajó", amely a sötét rozsda színével, és a part felé néző orrával különleges látványt nyújt.

Edro III – Ciprus, Peyia

1966-ban Norvégiában építették a 83 méter hosszú, nagyjából 2500 tonnás hajót. 2011. december 8-án futott zátonyra a Sierra Leone zászlaja alatt hajózó, albán kézben lévő teherszállító. Az Edro előző este indult Limassolból, és Rodoszra tartott, gipszkarton lapokkal megrakodva. Induláskor még viszonylag nyugodt volt a víz, így megfelelőnek ítélték a körülményeket a kihajózáshoz, a nyílt tengert elérve azonban a hajó viharba került. Hiába harcolt az erős széllel, a hullámzással és a sötéttel, az Edro elsodródott és sziklának ütközött, aminek következtében



Fotó: Dr. Morvai Máté

Az Edro III nagy népszerűségnek örvend a turisták körében. Nem csak éttermet, de házasságkötő ™boldogság kaput" is találunk a közelében.

irányíthatatlanná vált, s végül a parti sziklákon végezte másnap hajnalra Peyia közelében. A szerencsétlenül járt hajó 15 méterre a parttól, 12 fokos szögben az oldalára dőlve állt meg, az orra beékelődött a kövek közé. A legénységet helikopterrel kimentették, az üzemanyagot és egyéb káros anyagokat pedig eltávolították. A hajótest elszállítása olyan bonyolult és költséges lett volna, hogy végül számos próbálkozás után ott hagyták. Az évek során a hullámzás egyre közelebb sodorta a parthoz, illetve tovább döntötte, így teljesen megfeneklett. Az üres roncs nem jelent veszélyt az egyébként Natura 2000 besorolású környezetére. Alig egy kilométerre a Demetriostól népszerű látványosság lett a környéken, amely egy étterem és esküvői helyszín hátteréül is szolgál manapság.

Az öböl, amelynek bejáratánál a hajó fekszik tengeri barlangjairól is híres. A több ezer év alatt létrejött, helyenként 20 méter magas falba vájódott üregek páratlan látványt nyújtanak, de megközelítésük csak a tenger felől lehetséges.

Jacaranda – Dél-Afrika

1953-ban épült Németországban a 79 méteres és 1600 tonnás görög tulajdonú teherszállító, amely 1971. szeptember 18-án futott zátonyra. Aznap a napsütés ellenére erős szél fújt a Qolora-torkolat közelében, amely a hajó vesztét jelentette. A Jacaranda éppen rakomány nélkül haladt, ezért jóval alacsonyabbra került a vízvonala. Valószínűleg a hajó motorhibával küzdött, ezért a viharos széllel szemben jóval tehetetlenebb volt. A legénység két horgonnyal is próbálta stabilizálni a testet, de a horgonyok szántottak a homokban, így ez sem segített, s végül a hajó a szikláknak ütközött. A legénységet – köztük a kapitány feleségét – kimentették, így senki sem sérült meg.

A roncsból mára szinte semmi nem látszik, bár az orr-rész sokáig állt a parti homokban. Néhány évvel ezelőtt még jóval látványosabb volt, de az állandó hullámzás megtette a hatását. A test körvonala azonban még most is kivehető, de már csak éppen a vízvonal fölé érnek az elrozsdásodó utolsó maradványok.

Plassy – Írország

Eredetileg a brit Királyi Haditengerészet rendelte meg az 50 méter hosszú aknakereső hajót 1939 decemberében. Egy évvel később el is készült, így 1941. március 20-án szolgálatba állhatott. Másfél éven keresztül a hazai vizeken szolgált, majd 1942 novemberében Afrika partjainál vett részt egy hadműveletben, ezt követően pedig a Földközi-tengeren maradt. A világháború végével már nem volt rá szükség, ezért teherhajóvá alakították, s előbb egy brit, majd az ír Limerick Steamship Company alkalmazásába került. Utóbbi a Limerick mellett fekvő Plassey-ről Plassy-re keresztelte a hajót 1951-ben. A teherhajó egészen 1960-as katasztrófájáig az ír partokat járta rakományaival.

1960. március 8-án egy rakomány whiskyt, ólomüveget és fonalat szállított éppen, amikor a Galway-öbölben heves viharba került, és az öböl bejáratánál fekvő Inisheer sziget mellett zátonyra futott. Helyi lakosok egy csoportja sikeresen kimenekítette a teljes legénységet a süllyedő hajóról. Néhány héttel később egy következő vihar lesodorta a hajót a szikláról és partra mosta.

A Demetrios II a ciprusi Pháfosz közelében.

Az America/ American Star Fuerteventura partjainál.

A roncs azóta is ott fekszik a parti köveken, s turista látványossággá vált. Még egy tévésorozatban is felbukkant. A hajótest lassan elkorrodálódik, de mivel nem érintkezik közvetlenül a vízzel, így lassabban bomlik le. 2014-ben a Chrisitne névre keresztelt vihar valamelyest módosított a pozícióján.

Maheno – Fraser-sziget

Új-Zéland legnagyobb személyszállítással foglalkozó vállalatának, a Union Steam Ship Company-nak személyhajója volt a Maheno 1905 és 1935 között. A 120 méteres hajón 240 elsőosztályú, 120 másodosztályú és 60 harmadosztályú férőhely volt, ezen kívül hűtött raktérrel is rendelkezett. Az elsőosztályú utasok számára étkező, dohányzó szoba és zeneszoba állt rendelkezésre. A világítást elektromos hálózatról üzemeltették, és modern tűzoltó készülékekkel is el volt látva a hajó. Az ausztrál Sydney-t és Melbourne-t kötötte össze Új-Zélanddal, illetve a tasmaniai Hobarttal. Rendszeres utakat tett Sydney és Vancouver között is.

Az első világháború idején kórházhajóvá alakították, nyolc kórteremmel és két műtővel, a személyzet szakképzett orvosokból és ápolókból állt. Az európai hadszíntéren teljesített szolgálatot, de időnként az új-zélandi sérülteket szállította haza. 1918 novemberében leszerelt a hadi szolgálatból, és visszakerült tulajdonosához, aki továbbra is személyszállításra használta, egészen az 1935-ös kereskedelmi tevékenysége végéig.

1935. július 3-án indult Sydneyből utolsó útjára az Oonah, egy 1888-ban épült komp társaságában. A Maheno propellereit előzőleg eltávolították, s az Oonah-hoz kötve indult útnak. Mindkét hajót Oszakába akarták szállítani, ahol egy erre szakosodott cég szerelte volna szét őket. Július 7-én nagyjából 50 mérföldre a parttól a 270 méter hosszú acélkötél elszakadt, amikor a vontatmány viharba keveredett. A vontatókötelet nem sikerült újra csatlakoztatni, s a Maheno nyolc fős legénységével együtt elsodródott és eltűnt. Csak három nappal később találták meg a Fraser-sziget partján, ahol a legénység tábort verve várta a segítséget.

A partra sodródott hajó szerelvényeit leszerelték, de az újjáépítési kísérletek kudarcba fulladtak, így nem juthatott el a japán gyárba. Megpróbálták újra értékesíteni, de nem jártak sikerrel. A roncs azóta is a sziget keleti partján pihen, s lassan felemészti a rozsda. Az azóta turista látványosságnak számító roncs életveszélyessé vált, ezért már csak biztonságos távolságból lehet csodálni.

Visszaemlékezés három agrometeorológusra

Tóth Róbert
Országos Meteorológiai Szolgálat, toth.r@met.hu

Erdős László, Kozma Ferenc és Stollár András – a hazai agrometeorológia jelentős alakjai – már évtizedek óta nincsenek közöttünk. Ezzel a képes, egyéni hangvételű írással szeretném emléküket megerősíteni.

Szakmai pályám elején kerültem kapcsolatba dr. Erdős Lászlóval, dr. Kozma Ferenccel és dr. Stollár Andrással. Az idei esztendő mindhármuk esetében születésük vagy haláluk viszonylag kerek évfordulóját hozta, ez adta az ösztönzést, hogy egy rövid írással újra megemlékezzünk róluk. Kezdő koromban, 1985-ben még egy nagy létszámú Agrometeorológiai Főosztály tevékenykedett az OMSZ-nál, az ott dolgozókat röviden agrósoknak nevezték. E három agrometeorológust akkor már a szakma nagy öregjei közt emlegették.

Folyóiratunk Feri (*Ambrózy*, 1997) és Stoli (*Mersich*, 2003) elhunytakor szentelt nekik egy-egy búcsúztatót, illetve Simon Antalnak a magyarországi meteorológusokról készített összeállításában (*Simon*, 2004) megtalálhatjuk mindhármuk szakmai életútját, munkásságukat publikációik őrzik. Én most néhány személyes gondolatot, múltbeli élményt szeretnék megosztani.

DR. ERDŐS LÁSZLÓ

Soltvadkert, 1926. október 22. – Budapest, 1993. október 8.

Erdős tanár úr – aki 30 éve nincs közöttünk – nem volt népszerű sem az egyetemi hallgatók, sem a kortárs agrometeorológusok körében. Ezt talán egyéni, némileg különc stílusának köszönhette. Egy alkalommal hallottam csak, hogy más hazai agrometeorológusról elismerően nyilatkozik. Ez Szabó Tibor egykori agrós munkatársam (jelenleg Martonvásár polgármestere) doktori védésekor történt 1991-ben. Tibort – aki Felvidékről települt át – nagy elégtételnek nevezte a trianoni veszteségekért.

Negyedévesként hallgattunk két félév agrometeorológiát az ELTE TTK-n. Ekkor döntöttem el, hogy ezen a területen szeretnék majd dolgozni, így Erdős tanár úrtól kértem szakdolgozati témát. Ő azonnal telefonált dr. Kozma Ferencnének (Zsóka), aki akkor a Központi Meteorológiai Intézet (KMI) igazgatóhelyettese volt, s a főbb kérdésekben dönteni szokott. „Zsóka kérem, itt egy bajszos fiatalember, agrós szeretne lenni, s kellene szakdolgozati téma.” Zsókának egyetlen kérdése volt, hogy van-e jogsim. Ez a feltétel az akkor a Nyírségben zajló Konzerv Program miatt volt érdekes, gyakran kellett odautazni. Mivel már megszereztem a vezetői engedélyt, így mehettem a KMI-be, ahol dr. Dunkel Zoltán osztályvezetőre bíztak.

Erdős tanár úr születési helyeként Soltvadkert szerepel, de ő a közeli bócsai tanyavilágban látta meg a napvilágot, ami közigazgatásilag Soltvadkerthez tartozott. Ezt akkor tudtam meg, amikor az államvizsga tételsort állítottuk össze, s a tanár úr tőle szokatlan nosztalgiázós hangulatba esett. Mesélt a gyerekkoráról,

a tanyasi életről, az akkori kedvenc ételeiről, amelyek nagyban egyeztek az enyémekkel, hiszen az én származási helyem nem esik messzire az övétől.

Többekkel ellentétben az én kedvem nem vette el a tanár úr az agrometeorológiától, segítőkész volt, s úgy vélem, a szigorú külső mögött érző szív lapult.

Tanszéki kirándulás Pityerszeren 1982-ben: háttal Tölgyesi László, szemből Horváth Ákos, jobbról Erdős tanár úr felejthetetlen orkán kabátjában.

DR. KOZMA FERENC

Balassagyarmat, 1928. december 22. – Budapest, 1997. február 5.

Feri a sorkatonai ideje alatt rádiótávírászként szolgált, azaz morzézott. Ezt a készséget kamatoztatta Szolgálatunk Hírközpontjában, ahova 1950-ben lépett be. Én 35 évvel később ismertem meg, amikor friss végzősként elhelyezkedtem az Agrometeorológiai Főosztályon, amelynek a vezetője akkor Feri volt. Közvetlen, barátságos ember lévén, rögtön felajánlotta a tegeződést, ami nekem kezdetben nem volt egyszerű, hiszen korban a nagyapámhoz állt közel. Németül jól beszélt, így nagy részt vállalt a Fertő tó hő- és vízháztartásának közös osztrák-magyar kutatásában. A vasfüggöny megléte idején ez a tevékenység csak különleges engedélyek birtokában történhetett. Az osztrák kollégák is igen megkedvelték Ferit.

1991-ben elnyertem egy háromhónapos ösztöndíjat a ZAMG-nál (Osztrák Meteorológiai és Geodinamikai Központi Hivatal). Feri ellátott jó tanáccsal, hogy kit keressek meg őrá hivatkozva. Az ottani Megfigyelési Főosztály vezetője valóban megkülönböztetett figyelmet fordított rám és sikerült felélénkíteni a két szolgálat közötti szakmai és sportkapcsolatokat is. Ők a felszíni mérőhálózat automatizálásában előrébb tartottak, így nagy segítség volt számunkra, hogy a tapasztalataikat megosztották velünk. Szolgálataink között ekkor indultak, s váltak hagyománnyá a nemzetközi labdarúgó meccsek.

Feri szeretett főzni, valamint jókat enni és inni. Ez utóbbi szokását Zsóka néni próbálta visszafogni. Gyakran megvendégelte a munkatársait, így főzési tudományának elismeréssel adózhattunk. Jó humora volt, különösen Stolival ugratták egymást napi rendszerességgel.

A fiatal munkatársait szakmailag támogatta, boldogulásukat egyéb módon is egyengette, a mai napig jó szívvel gondolok Ferire.

Baráti összejövetel Pircsinél. A képen látható agrósok balról: Gyuró Béláné (Ági), Lambert Károly, Kozma Ferenc Berkó Gyuláné (Gabi) ölében, Pásztor Krisztina, Dunkel Zoltán, Tiringer Csaba, Tóth Róbert, Csapó Piroska, Szabó Tibor és Stollár András.

DR. STOLLÁR ANDRÁS

Paks, 1935. május 5. – Budapest, 2003. január 6.

Stoli is rendkívül közvetlen és barátságos volt, akár egy kedves családtag, minden munkatárs bátran fordulhatott hozzá. Mi, akkori fiatal agrósok Stoli bácsinak hívtuk. 1985-ben a KMI szakszervezeti vezetője volt, de tevékenykedett a Lakásügyi Bizottságban és a pártszervezetben is. Bizonyára ez utóbbitól kapta a feladatot, hogy engem is, mint fiatal új belépőt már az első

Vidám összejövetel a Központi Légkörfizikai Intézetben. Előtérben Feri és Stoli.

napon agitáljon a KISZ-be, a pártba, a munkásőrségbe és a szakszervezetbe. A rendszerváltást követően ezen az akcióján azért jót derültünk, a 80-as években azonban ezeken még múlhatott a munkahelyi karrier, korábban pedig még ennél is több.

Stoli születési helyeként Paks szerepel, de úgy mesélte, hogy a Pakstól kb. 9 km-re fekvő Gyapán született, és ott is gyerekeskedett. Édesanyját korán elveszítette, elmondása szerint a második világháború vége felé egy szovjet konvoj haladt el a falu mellett, s édesanyja kiment az ajtó elé megnézni a zaj forrását. S ekkor az egyik derék felszabadító katona odalőtt egy sorozatot, ami eltalálta.

Stoli 1946-tól Gyönkön, Bonyhádon, majd a fővárosban kollégistaként tanult tovább, ahol nyilván erős ideológiai hatás érte. Ezeket a tanokat otthon is meg kellett próbálnia terjeszteni, de édesapja finoman szólva nem volt vevő rá.

Stolival 1989-ben adódott különösen hosszú idő az ilyenfajta beszélgetésre, amikor az NDK-magyar agrometeorológiai együttműködés közös kutatásainak megbeszélésére vonatoztunk Hallébа és vissza. Ez kevéssel a berlini fal lebontása előtt történt, amikor a keletnémetek tömegei szöktek át hazánkba. A Hallei Agrometeorológiai Intézetben két német szakember szorgalmazta nagyon ezt az együttműködést. Egyikük Georg Müller volt, aki Budaörsön született, de a háború után kitelepítették sváb családjával, másikuk pedig Jurik Müller, aki korábban FDJ-tagként (a keletnémet kommunista ifjúsági szervezet) Budapesten dolgozott nyári építőtáborban, s itt szerzett magyar feleséget. Stoli a sváb gyökerű családjából hozott német nyelvtudást, én meg nyelviskolában tanultam. A hallei kollégák még akkor sem bíztak abban, hogy hamarosan komoly politikai változások jönnek náluk is, e témáról csak félve, nagyon óvatosan mertek beszélni.

Mivel Stoli lányai zenész pályára készültek, Hallébан jó áron, keletnémet márkáért vásárolt egy viola da gambát, ami egy hathúros cselló méretű vonós hangszer. Vámot kellett volna rá fizetni, de a vámhivatal zárva volt, nekünk pedig haza kellett indulni. A gamba a hatalmas tokban a kupénk jó részét elfoglalta. Stoli izgult, de kockáztatott, hogy a határon elkobozhatják. A rendkívül szigorú határőrök a csehszlovák határon azonban a velünk utazó fiatal NDK párt szállították le, s nem engedték tovább őket, miközben a gambára ügyet sem vetettek. Így nagy örömet szerzett a lányoknak a hangszerrel, amit később az NSZK-ban adtak el jelentős haszonnal.

Stoli lelkesen eljárt velünk focizni és pingpongozni, s nem vette zokon az ugratásokat, amiből azért kijutott neki. Szenvedélyes Újpest szurkoló volt, s nem úszta meg azt sem, ha rosszabbul ment kedvenc csapatának.

Az egyetemen, majd szakmai pályafutásom elején meghatározó személyek voltak mindhárman, számomra már úton vannak a legendává válás felé.

Április 1-jei férfinap az obszervatóriumban (Zsoldos Erzsébet archívumából).

Irodalom

Ambrózy P., 1997: In Memoriam. *Légkör 42*, 37.

Mersich I., 2003: Dr. Stollár András 1935-2003. *Légkör 48*, 34.

Simon A., 2004: Magyarországi meteorológusok életrajzi lexikonja. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.

Kiváló társadalmi észlelők világnapi kitüntetése

Tóth Róbert, Kiss Márton
Országos Meteorológiai Szolgálat, toth.r@met.hu

Számos társadalmi csapadékmérőnk hosszú ideje pontosan, lelkiismeretesen végzi a meteorológiai megfigyeléseket szerte az országban. E példamutató elkötelezettséget az Országos Meteorológiai Szolgálat évről évre elismerő plakettel jutalmazza. Írásunkban bemutatjuk az idén kitüntetett észlelő munkatársakat.

Szolgálatunk régi hagyománya szerint az idei Meteorológiai Világnapon is kitüntettünk néhány olyan hagyományos csapadékmérő állomást vezető munkatársat, akik hosszú ideje magas színvonalon végzik a rájuk bízott feladatot. Elkötelezett hozzáállásukat jól szemlélteti Havasiné Kürtös Ágnes – a 2022-ben kitüntetett bácsbokodi észlelőnk – hozzánk írt leveléből vett idézet: „Kicsit meghatódtam, mikor a Légkör c. lapban a rólunk szóló riportot olvastam. Igen, az én életemnek már gyerekkorom óta része, hogy szüleim a meteorológiai jelenségeket tudatosan figyelik, és a csapadékot mérik. Az ő munkájukat tiszteletben tartva természetes volt számomra, hogy haláluk után én folytassam ezt a soha nem terhes feladatot."

Az idén kitüntetett öt észlelőnk közül három – a bácsbokodihoz hasonló – több generációs csapadékmérő család, 70–80 év észleléssel a hátuk mögött.

Ezzel az írásunkkal is szeretnénk köszönetünket és tiszteletünket kifejezni a díjazottak hasznos, kitartó munkájáért.

Fertőd

Fertődön 1905. július elsején kezdődött a csapadékmérés. 1952-ben az állomást klímaállomássá fejlesztették, mivel Fertőd vált a hazai gyümölcskutatás egyik fontos bástyájává. A málna, ribiszke, szamóca nemesítésének adott otthont, így szükség volt pontos, több meteorológiai elemre kiterjedő vizsgálatra. Az állomás 1967-ig működött klímaállomásként, majd az országos adatbázisba már csak csapadék adatokat küldött, de házi használatra egészen 1993-ig üzemben maradt az állomás. Észlelőnk, Zsugonitsné Takács Ibolya, a kutatóintézet átalakulásakor levélben jelezte Szolgálatunknak, hogy otthonában folytatná a méréseket, melyek már a szívéhez nőttek. Állomásunk így 1994-ben költözött jelenlegi helyére. Még 1987-ben vette át elődjétől, Németh Józseftől a kutatóintézeti állomás kezelését, akitől annak idején elleste a mérési fortélyokat, és már korábban is besegített a napi háromszori klímamegfigyelések végzésénél. Ennek már több mint 36 éve. 1970-től 2006-ig dolgozott kertészként, ezután pedig nem csupán a növények szeretete, hanem az időjárás megfigyelése is megmaradt nyugdíjas éveire. Feljegyzései lelkiismeretes, pontos munkáról tanúskodnak. Lelkesen mesélt a klíma megfigyelésekről, a napfénytartam-mérőről, a szélzászlóról, a hőmérőházról. Nagy szívfájdalma, hogy annak idején a kutatóban maradt műszerek elkallódtak. Mint mondta, az online adatküldést is szerette volna megkezdeni, de nem az ő világa a számítógép, annak ellenére, hogy unokái is próbálták rávenni. Így továbbra a hagyományos, postai

levelezőkartonos jelentéseken küldi adatait. Büszkén mesélt unokáiról, akik közül hárman már felnőttek, távol élnek, ám további – itthon lévő – két kisebb unokája gyakori vendége. Sajnos, férje betegsége miatt otthoni teendői lekötik, így nem tudott részt venni a világnapi ünnepségen. Észlelőnk elmondta, hogy valószínűleg családon belül lesz gazdája a méréseknek, mivel Fertődön élő fia szeretné folytatni édesanyja nagy gonddal végzett munkáját.

Zsugonits Miklósné otthonában a kitüntetéssel.

Gyermely

Gyermely másfél ezer lakosú község Komárom-Esztergom vármegyében, leginkább a tésztagyártásáról híres. Oláh Mihály méhész kezdte meg itt a csapadékmérést 1928-ban.

Tóth Ferenc és felesége családjának életében a csapadékmérő üzemeltetése 82 évet ölel át. Tóth Ferencné nagybátyja kezdte a méréseket a községhez tartozó Gyarmatpusztán, majd átadták édesapjának, s 1982 óta Feri bácsi és neje folytatják a mai napig is Gyermelyen. Azóta a fiuk mezőgazdasági vállalkozó lett, így számára is hasznos információnak számít a csapadék rendszeres figyelemmel kísérése.

A családban megmaradt a történet, amikor 1945-ben az oroszok ellopták a csapadékmérőt. Valószínűleg csajkának vitték el, később talán abból ettek vagy ittak. Ekkor egy ideig szünetelt a mérés is, hiszen meg kellett várni az új eszköz megérkezését.

Tóth Ferenc gyermelyi otthonában a kitüntetéssel.

Emlékezetes időjárási esemény volt az 1955. augusztus 3-i hatalmas felhőszakadás, amikor a környező dombokról lezúduló víztömeg tetemes károkat okozott. A gabonaasztagokat és a többi terményt sok helyen az iszap temette maga alá, ahogyan a behordott takarmány is átnedvesedett. Az egyébként kis helyi patak áradása elvitte a fürdő falait, de a környező portákról vitte a libákat, baromfit, állatokat, a cipőket kimosta a házakból, a használati tárgyakat az udvarokból. Érdekes, hogy akkoriban a csapadékmérő még Gyarmatpusztán volt felállítva (tehát 2–3 km-re Gyermely központjától), és a mérés tanúsága szerint ott nem volt ilyen jelentős a csapadék mennyisége. (Ellenőriztük az adatbázisban, hogy az adott nyári napon Gyermelyen 93,2 mm, míg Gyarmatpusztán 54,6 mm csapadék hullott. Jól mutatja a csapadék térbeli változékonyságát.)

Szálka

Szálka 560 fős kis falu Tolna vármegyében Szekszárdtól délnyugatra. Az ide látogatót rendezett településkép fogadja, sváb múltja kézzel tapintható. A honfoglalás idején már lakták, a 19. század végén 1500-nál is többen. Bár 1946-ban a németajkú lakosok többségét kitelepítették Németországba, ma is a lakosság negyede német nemzetiségű. Egyik nevezetessége a Lajvér-patak duzzasztásával létesített Szálkai-tó. A másik a Szálkai 22-es néven elhíresült gímbika, amelyet az itteni vadászterületen ejtettek el 1891-ben, s 14,5 kg-os agancsával sokáig világrekorder volt.

A Szálkai-tó.

Szálkán 143 éve folynak meteorológiai mérések, ugyanis 1881. február 1-jén éghajlati állomás kezdte meg működését a Montenuovo hercegi erdőbirtok erdőgondnokságán. 1935-től csak a csapadékmérés maradt meg. Négy évig a plébánián folytatódott a megfigyelés a plébános és a kántortanító munkájának köszönhetően, majd 11 évig újra az erdőgondnokságon. Ezt követően három évig Szikorszky Jenő főerdész a háza udvarán végezte a méréseket, s ő kereste meg Komlósi Jánost azzal, hogy folytassa a csapadékmérést a faluban. Komlósi úr akkoriban VB-titkárként dolgozott, míg felesége – aki szintén részt vett a csapadékmérésben – varrónőként. Ha időnként nyaralni mentek, fiukat, Komlósi Lászlót kérték meg, hogy végezze addig helyettük a csapadékmérést, így neki nem okozott nehézséget átvenni a feladatot, amikor a szülők már nem folytathatták. Ő és felesége 1986-tól napjainkig mérik a csapadékot. Már mindketten elérték a nyugdíjkorhatárt. Komlósi László, aki korábban fuvarozóként dolgozott, nyugdíjba vonult, míg Komlósi Lászlóné továbbra is aktívan dolgozik ápolónőként Szekszárdon a kórházban. Három gyermekük hét unokával ajándékozta meg őket. Egyik fiuk szintén Szálkán telepedett le, így van remény, hogy a településen a hosszú családi mérési sorozat folytatódik.

Komlósi László a csapadékmérő mellett.

Tengelic

Tengelic mintegy 2100 lakosú község Tolna vármegye Paksi járásában. A település területén a csapadékmérés 1902-ben indult a Szőlőhegyen. 1907-ben alakult önálló községgé Gindly-család néven, s 1931-től nevezik Tengelicnek.

Soós Istvánné agronómus 1981-ben vette át a csapadékmérést a termelőszövetkezetnél működő állomáson. 1983-tól az Aradi utcai házuknál folytatta a méréseket, ahol a megnövekvő fák miatt háromszor is át kellett helyezni a kettősfalú csapadékmérőt.

Soósné észlelési időszaka alatt 2010-ben – ahogy országosan a legtöbb helyen – hullott kimagasló csapadék mennyiség, összesen 983 mm, amihez május 177, június 141 és szeptember 154 mm-rel járult hozzá. Az évi átlagos csapadékmennyiség Tengelicen 620 mm, de 2020-tól jelentős csökkenés mutatkozik 400–500 mm összegekkel. 2016 januárjában fordult elő 16 cm hóréteg, azóta nem hullott jelentős

Soós Istvánné a kép közepén; a kép bal szélén Keszthelyi Nikoletta helyettes államtitkár, jobbról Hanyecz László elnöki jogkörben eljáró gazdasági elnökhelyettes.

mennyiségű hó. A 2015. május 6-i dió nagyságú jégeső jelentős károkat okozott a falu háztetőiben, redőnyeiben. Emlékezetes még az 1975. július 5-én a kora délután egy óra alatt lehullott 67 mm csapadék, amit az árkok nem tudtak elvezetni, így a víz sok helyen betört az udvarokba komoly károkat okozva.

Soós Istvánné személyesen vette át a világnapi kitüntetését az OMSZ székházában.

Bélapátfalva

Bélapátfalva Heves vármegyei kisváros a Bükk nyugati lábánál, a Recska-patak szeli át. „Életemben először 1970 körül jártam itt – amikor a Vízügynél sofőrként is dolgozó édesapámat kísértem el nyári szünetben – s feltűnő volt, hogy minden szürke, az épületek, a növényzet. Ezt a szürkeséget az 1908–2002 között üzemelő Bélapátfalvi Cementgyár okozta.” (szerző). Barta Norbertné megerősítette ezt a környezetvédelmileg nem dicséretes időszakot azzal a példával, hogy a szilvafán az érett szilvát szabad szemmel nem tudták megkülönböztetni a levelektől a rájuk rakódott és megkötött cementportól.

Bélapátfalván 1900-ban indult csapadékmérő állomás a postánál, az első észlelők királyi postamesterek voltak. 1926-tól az alsó iskola udvarán tanítók folytatták a megfigyelést. 1951-ben kapott Bartáné édesapja, Vágó Dezső megbízást a csapadékmérésre. Vágó úr 1949-ben jegyzőnek érkezett a településre, majd VB-titkárként folytatta, amíg hagyták. Ezt követően a vasútnál kapott munkát. A csapadékmérő a községháza virágos kertjéből 1953-ba került a Táncsics Mihály utcába, ahol a mai napig is működik.

Barta Norbertné a kertjében.

Vágó úr halála után rövid ideig a felesége végezte a méréseket, majd Bartáné 1992-től, így a család összességében 72 éve végzi ezt a nagy rendszerességet igénylő feladatot. Bartáné matematikát és fizikát tanított a helyi iskolában, ahol 25 évig igazgató-helyettesként is dolgozott. Férjével 57 éve élnek együtt, két gyerekük, három unokájuk és egy dédunokájuk tartozik a közvetlen családhoz.

Barta Norbertné (Vágó Ilona) a birtokában lévő közel 70 évnyi csapadék adatot feldolgozta, s azt elküldte levélben. Ezekből szemezgetve adunk közre néhány olyan információt, ami jól jellemzi hazánk változékony csapadékklímáját.

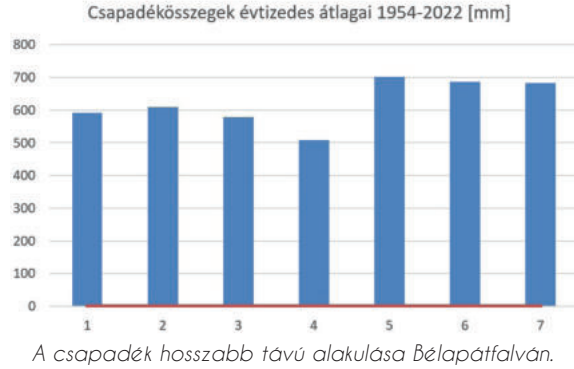
Legkisebb havi csapadékösszeg [mm]	1954-2022	Legnagyobb havi csapadékösszeg [mm]
0,4 (1964)	január	107,3 (1979)
0,1 (1998)	február	109,5 (2016)
0,1 (1973)	március	106,7 (2013)
5,4 (1992)	április	114,0 (1955)
11,1 (1973)	május	245,8 (2010)
10,9 (1968)	június	201,0 (1973)
7,2 (1984)	július	227,2 (2010)
4,3 (1961)	augusztus	176,2 (1970)
0,0 (1986)	szeptember	136,0 (2010)
0,2 (1995)	október	187,0 (1974)
0,3 (2011)	november	143,7 (1962)
1,0 (1989)	december	101,6 (1976)

Havi csapadékösszeg szélsőértékek Bélapátfalván 1954–2022 között.

A táblázatból látható, hogy 1986 szeptemberében munka nélkül maradt az észlelő, míg 2010 májusában rekordot mért 245,8 mm-rel. 1992 volt a legszárazabb év, akkor mindössze 286,4 mm hullott, míg 2010-ben 1152,7 mm-rel megdőlt minden korábbi rekord.

A lenti ábrán követhetjük az elmúlt 7 évtized csapadékátlagainak alakulását. Az 1954-gyel induló első három évtizedben 600 mm közelében volt az évi lehullott mennyiség, ami a 80-as évekre 500 mm közelébe csökkent. Az utóbbi három évtizedben azonban 700 mm köré tornázta fel magát az évi csapadékösszeg.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mind az öt kitüntetett csapadékmérőnek köszönetet mond a több évtizedes megfigyelő munkáért, amivel hozzájárultak a nemzeti éghajlati adatvagyon gyarapításához. További életükhöz, munkájukhoz kiváló egészséget, sok örömöt kívánunk!



A csapadék hosszabb távú alakulása Bélapátfalván.

Interjú dr. Radics Kornéliával

Dobi Ildikó, Fejes Edina
Országos Meteorológiai Szolgálat, dobi.i@met.hu

Dr. Radics Kornéliát, az OMSZ volt elnökét 2023. februártól a WMO RA VI régiós iroda élére nevezték ki. Ennek kapcsán készítettük vele az alábbi interjút.

Riporter: Az életrajzodból tudjuk, hogy Nagykanizsán születtél. Meteorológus és csillagász MSc diplomád is van. Mi vonzott ehhez a két tudományterülethez?
Radics Kornélia: Már óvodás koromban csillagász akartam lenni, de ne kérdezzétek, hogy miért. Tulajdonképpen azért választottam a meteorológiát, mert a csillagász szakra a 90-es években még nem lehetett közvetlenül felvételizni, csak fizikus, geofizikus vagy meteorológus szak mellett tudtam másodszakként felvenni. Talán azért maradt meg az életemben hangsúlyosabban a meteorológia, mert két évvel előbb lett meteorológus diplomám. Javában a meteorológiai doktori iskola hallgatója voltam, amikor megszereztem a csillagász oklevelet is. Nem bántam meg, hogy erre a területre sodort az élet. Ha én nem is foglalkozom ma már a csillagászattal, a családomban maradt. Az idősebb lányom ezen a területen tanul, sikereket is elért, hiszen a csillagászati olimpiáról két alkalommal is bronzérmet hozott.
R: Az ELTE Meteorológus szakon a témavezetőd dr. habil Bartholy Judit egyetemi tanár volt. Mi az, amit tőle tanultál, neki köszönhetsz, illetve átvettél tőle?
R.K.: Tény, hogy nem csupán Judit szakmai életútja, de magánélete is komoly hatással volt rám. Kapcsolatunk régen kezdődött. Az egyetem második évének szeptemberében egy csoporttársnőmmel mentünk órára, amikor Judit elénk állt és megjegyezte, hogy nehezen tudja elfogadni, hogy „két ilyen tehetséges hallgatója" miért nem választott még magának kutatási témát. Ez a megjegyzés mély benyomást tett rám, s már másnap jelentkeztem nála, hogy részt szeretnék venni egy TDK kutatásban. Ő volt nem csupán a diplomamunkám, de a doktori disszertációm témavezetője is.

A Judittal végzett közös munka során tanultam meg az alapokat, a szakma iránti tiszteletet, a szakma szeretetét és az elfogadást. A problémamegoldó gondolkodásom is tőle származik, úgymint a hit abban, hogy az ember elérheti a céljait. Élénken élnek bennem az emlékek a fűtetlen Ludovika téri épületben, a téliszünetben kutatással töltött napokról ugyanúgy, mint a számtalan közös konferenciarészvételről, kirándulásról. Mindig támogatott, a mai napig is támogat, mellettem állt életem minden fontos pillanatában. A Genfbe utazásom előtti napon küldött üzenete is mélyen meghatott. Bár nem beszélünk heti rendszerességgel, úgy érzem, szoros kapcsolat alakult ki köztünk.
R: Már az egyetemi éveid alatt sokfelé jártál a világban, és utána hivatali kiküldetéseid során is. Melyik alkalmakra emlékszel vissza a legszívesebben?
R.K.: Az első külföldi út szerintem mindenki életében meghatározó. Az én első utam Brazíliába vezetett. Abban az időben nem volt még elterjedt a mobiltelefon, a bankkártya, és az internet. Némi schillinggel és márkával a kezemben ültem a repülőn, utaztam a világ

Dr. Radics Kornélia

másik felére, ahol – hamar rá kellett jönnöm, hogy – csak a dollárt fogadták el. A São Pauloi reptéren döbbentem rá, hogy igen bátor vagyok, és hogy számomra is hihetetlen mit meg nem teszek egy kutatás kedvéért. Az út során sok kalandot éltem át: például allergiás voltam a csapból folyó vízre, így a fürdés meglehetősen nehézkesen ment. Ez komoly kihívást jelentett, hiszen az őszi félévben voltam ott, amikor nyárba hajló idő volt, 40 fokos hőmérséklettel.

A Sao Pauloi Állami Egyetem Informatikai Karán végeztem a kutatásokat egy csillagászati ösztöndíj keretében, melynek során a Shoemaker–Levy 9 üstökös megfigyelési adataival foglalkoztam. Egy számomra teljesen idegen kisvárosban, Guaratinguetában voltam egyedül huszonegynéhány évesen, ahol mindenki tudta, hogy én vagyok a Kornélia. Azt gondolták, hogy Amerikából jöttem, mert angolul beszéltem. A kisváros úgy nézett ki, mint egy négyezres lélekszámú magyar település, csak körbe véve nyomornegyeddel.

Az út számomra szemléletformáló utazás is volt. Előtte sokszor nem értettem azokat a külföldre szakadt magyarokat, akik néhány év alatt elfelejtették anyanyelvüket. A kint tartózkodásom ideje alatt teljesen elszigetelt környezetben voltam néhány hónapig, senkivel nem tudtam magyarul beszélni, még a szüleimmel se. Hazafelé jövet, a Heathrow repülőtéren odalépett hozzám egy hölgy, aki látta a kezemben a magyar útlevelet, s beszélgetni szeretett volna velem. De nem tudtam megszólalni magyarul, nem voltam képes megfelelően artikulálni, kiejteni a szavakat. Megrázó élmény volt.

A szakmai életutamat is alapvetően meghatározta ez az út, mert egy szenzációs témavezető irányította a munkám. Az ott töltött hónapok során egy publikáció is készült az üstökösről, egy angol nyelvű könyv, melynek két fejezetét én írtam. Ez valószínűleg nagyban hozzájárult ahhoz, hogy (az OTDK győzelmen keresztül) 1997-ben elnyertem a Pro Scientia Aranyérmet. Ez a kitüntetés pedig kinyitott előttem számos pályázati lehetőséget, amelyek aztán meghatározók voltak a szakmai fejlődésem során. Hálás vagyok azért, hogy például Grenoble-ban Nobel-díjas előadótól tanulhattam a levegőkémiát, vagy amikor egy lakatlan szigeten töltöttem egy hetet Svédországban. Mind-mind nagyon sokat jelentettek. A svédországi utam előtt például a legfontosabb üzenetet nem kaptam meg, hogy munka és a szállás egy lakatlan szigeten lesz, és hálózsákot, hátizsákot és a körülményeknek megfelelő öltözetet javasolt vinni. Érdekes jelenség lehettem, amikor kis bőrönddel, magassarkú cipőben megjelentem a szigeten. Ezek örökre szóló élmények. De az volt az igazi kincs, hogy kiváló oktatókkal, elhivatott szakemberekkel tudtam együtt dolgozni a meteorológia különböző területein. Ez fantasztikus időszak volt az életemben, ugyanúgy mint a Bolyai Kollégiumban töltött évek. Hiszen a doktori iskola időszakában már ennek a kollégiumnak voltam a tagja, ahol remek hallgatókkal, inspiráló légkörben tevékenykedhettem.

R: A doktori disszertációd témája a szélenergia volt, "A szélenergia hasznosításának lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklímája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése és modellezése" címmel a WASP modellezés eredményeiből. A kutatási eredményeid nagy érdeklődést váltottak ki és népszerűek voltak a hazai beruházók körében is. Most, jó pár évvel később a hazai szél és napenergia hasznosítás az érdeklődés homlokterébe került. Mit gondolsz erről?

R.K.: A témaválasztás Bartholy Juditnak köszönhető. Sőt mondhatnám azt is, hogy részben Kis-Kovács Gábornak, mert úgy emlékszem, hogy eredetileg az ő doktori témája volt, amit félbehagyott. A témaválasztás kétséget kizárólag időszerű volt, amely az éghajlatváltozás kapcsán, a megújuló energiaforrások hasznosításával került előtérbe néhány évvel később. A doktori kutatásaim keretében három hónapot töltöttem Uppsalában, hogy megtanuljam a WASP

Dr. Radics Kornélia és V. Németh Zsolt államtitkár átadja az Ambrózi Pál tanösvényt a pestszentlőrinci obszervatórium kertjében.

modell alkalmazását, hogy átültessem azt a hazai gyakorlatba. A 2000-es évek elején kezdődtek meg az első hazai szélenergetikai beruházások, számukra sok fontos, olykor nélkülözhetetlen eredményt, megállapítást, információt tartalmazott a disszertációm, s ennek volt köszönhető a kutatásaink népszerűsége.

Nem kérdés, a téma a mai napig aktuális, bár az elmúlt években nem volt lehetőségem nyomon követni a technológiai fejlődést. Alapvető tény, hogy Magyarország a mérsékelten szeles régiók közé sorolható, amit egy tengerparti területtel nem lehet összehasonlítani. A technológia fejlődése határozza meg a szélenergia nyereséges kiaknázását.

R: Sok éven át a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatának helyettes vezetője voltál. Hogyan emlékszel vissza erre az időszakra?

R.K.: Amikor befejeztem a doktori iskolát, nem sikerült a meteorológiai tanszéken elhelyezkednem. Álláskeresés közben végigjártam mindent, amit csak lehetett: voltam az Országos Meteorológiai Szolgálatot felügyelő minisztériumban, voltam Mersich Ivánnál, az OMSZ akkori elnökénél, és megkerestem állás ügyben a Magyar Honvédséget is. Akkor, fiatal pályakezdőként, kutatóként, leendő édesanyaként, vidékiként, ez utóbbi tűnt a legjobb választásnak. Nemcsak emberileg, hanem szakmailag is nagyon jól érzetem ott magam. Bár az alaptermészetem része, hogy mindenütt fel tudom venni a ritmust. Hálás vagyok azért a 12 évért, melyet az MH Meteorológiai, majd Geoinformációs Szolgálatánál tölthettem. Ebben az időszakban született meg két gyermekem. E tekintetben is pozitívan álltak hozzám, és a munka mellett elegendő időm maradt a családomra is.

Az elmúlt évek távlatából visszanézve az életemben egy fordulópont volt az itt eltöltött idő. Egyrészt alkalmam nyílt elmélyülni a repülésmeteorológiában. Ez a tudás nagyon fontos szerepet kapott később az OMSZ-nál. Másrészt a Magyar Honvédségnél végzett munka sokat segített a rendszerben való gondolkodás elsajátításában, és abban, hogy el kell tudni fogadni olyan döntéseket is, amelyekkel nem értünk egyet. Vezetőként később ez nagyon sokat segített a döntések meghozatalában. Visszanézve biztos vagyok abban, hogy ez az időszak nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy később maximálisan helyt tudjak állni az OMSZ elnökeként. Szerencsés voltam, mert egy kicsit azt csinálhattam, amit szerettem. Támogatást kaptam ahhoz, hogy az ELTE-n oktathassak, kutassak vagy témát vezessek. Nemzetközi értekezleteket szervezhettem, külföldön képviselhettem a szolgálatot. Tevékenykedhettem az MH Tudományos Tanácsában.

Dr. Radics Kornélia és Nagy István agrárminiszter időkapszulát helyez el a Marczell György Főobszervatóriumban az OMSZ 150 éves évfordulója alkalmából..

R: Elérkeztünk 2013-as évbe, amikor dr. Dunkel Zoltán nyugdíjazását követően, az ő javaslatára Fazekas Sándor vidékfejlesztési miniszter megbízásából, te lettél az OMSZ első női elnöke. A kinevezésed 2013. november 1-től szólt. Hogyan élted meg a kinevezésedet, és mekkora kihívásnak tekintetted az OMSZ egészének irányítását?

R.K.: Nagy váltás és kihívás volt a Magyar Honvédség kötelékéből az OMSZ vezetőjévé válni. Amikor a felkérést kaptam, nagyon váratlanul ért, nagyon meglepődtem. Korábban soha nem gondoltam, hogy erre sor kerülhet. Bizonytalan voltam magamban, hogy alkalmas vagyok-e a feladatra. Bár az ember kívülről azt gondolja, hogy jól ismeri az OMSZ-ot, én először azon is elcsodálkoztam, hogy ez egy öt emeletes épület, hiszen az utcáról ez nem látszik.

A döntés meghozatalában elsődleges volt a családom véleménye, hiszen pici lányom akkor még ötéves volt. Tudtam, hogy ez a pozíció külföldi utakkal, nagy leterheléssel jár, ezért fontos volt férjem támogatása. A másik meghatározó személy a bátyám volt. Ő cégvezetőként azt a tanácsot adta, hogy ha az, aki ismeri a beosztással járó feladatokat, nehézségeket azt mondja, hogy alkalmas vagy a feladatra, akkor azt el kell hinni. Természetesen érdeklődésem, kíváncsiságom, elhivatottságom is diktálta, hogy igent mondjak erre a felkérésre.

A Minisztériumban elláttak utasításokkal, de kinevezésemkor azt a tanácsot kaptam, hogy egyelőre ne nagyon változtassak a működési struktúrán. Legyek türelmes és figyeljek nagyon. Az igazat megvallva, az első fél-egy évben a vezetőkollégák vitték a céget, amíg teljes mértékben vezetővé tudtam válni. Egy frissen kinevezett elnök sok független döntést meg

tud hozni, de ahhoz, hogy utat, stratégiát jelöljön ki az OMSZ számára, magát a rendszert kellett megismerni, és ehhez időre volt szükségem.

R: Az OMSZ elnökök többsége a Szolgálatból került ki. Te voltál az első, ráadásul női vezető, aki bár szakmabeli volt, mégis egy külső társintézménytől jött. Nagyon sok minden fűződik a nevedhez, amit az elnökséged alatt véghez vittél. Biztos nagy kihívást jelentett az elnökséged elején a közintézmények egészét érintő átszervezés. Ennek során hetven körül volt azon intézmények száma, melyeket a minisztériumok alá vontak. Az OMSZ azonban megőrizte függetlenségét. Hogyan sikerült ezt elérned?

R.K.: Őszinte leszek. Nem egyszer került az OMSZ ilyen helyzetbe, de ez volt egyedül nyilvános. Elnökségem alatt háromszor merült fel az OMSZ függetlenségének megszüntetése. Az első megrázó élmény volt. De vezetőként készen kell állni minden kényelmetlen helyzetre, és minden kellemetlen kérdés megválaszolására. Az Agrárminisztérium vezetésének – akiknek mindig is nagyon hálás voltam, mert nagyon komoly támogatást és bizalmat kaptam tőlük – köszönhető, hogy ezt a traumát átvészeltük, s az intézmény a megszokott keretek között működhetett tovább.

Ahogy említettem, az első évet azzal töltöttem, hogy megtanultam mi is az OMSZ. Aztán megszülettek a fejemben azok a stratégiai tervek, amit muszáj volt végrehajtani, hogy a kor színvonalának megfelelően működjön a meteorológiai szolgálat. És persze voltak álmaim is. A nagyon egyszerű dolgoktól – beleértve az épület modernizációját – egészen a legkomolyabb szakmai kihívásokig.

Dr. Radics Kornélia átveszi az Agrárminisztérium ajándékát dr. Nagy István agrárminisztertől az OMSZ 150 éves ünnepségén.

Az OMSZ aulája, ahova a dolgozók és a vendégek is érkeznek komoly átalakításon ment keresztül. Egy médiafal fogadja az érkezőt, amelyen a napi időjárás, konferenciák, rendezvények esetén pedig az épp aktuális tartalom jelenik meg. Sorolhatom még, hisz történt egy, az egész épületre kiterjedő ablakcsere, az OMSZ TV Stúdió újra működőképes és több lépésben a kor színvonalának megfelelő lett, ahol nem csupán az OMSZ honlapjára posztolt időjárás-jelentések, de számos ismeretterjesztő kisfilm is készült. A Pestszentlőrincen lévő Főobszervatórium is felújításon ment keresztül, modernizált, tetszetős kivitelű épületben fogadhatják az érkezőket.

A szervezeti átalakítás, a szakmai munkában történt kisebb-nagyobb változtatások is idesorolandók. Számos siker kulcsa tulajdonképpen Ti, az OMSZ munkatársai voltatok. Hálás vagyok azért, hogy bár nem mindig egyetértve, de megértve céljainkat, támogattatok. A fejemben mindig az járt, hogy megfelelő anyagi megbecsülést tudjak adni a kollégáknak, ami sajnos nem sikerült maradéktalanul. Ehhez biztonságos gazdasági háttér kellett, melyet szakmai fejlődéssel, egyrészt például a repülésmeteorológiai feladatok átvételével, azaz a repülésmeteorológiai bevételekkel sikerült előteremteni.

Fontos megemlíteni még a nyílt adatpolitika bevezetését és az ezzel járó plusz költségvetési forrásokat is, valamint azt, hogy végre napvilágot látott a hiánypótló, a meteorológiai tevékenységről szóló jogszabály. Megtörtént a meteorológiai mérések teljeskörű modernizációja, mely nem csupán a tradicionális mérések lezárását, és az új észlelő hálózat, valamint a MET-ÉSZ rendszer bevezetését, fejlesztését jelentette, de példaként említve az automata szondázó berendezések és az új radarállomások telepítését, a villámlokalizációs rendszer megújítását is. Számos változtatást, fejlesztést hajtottunk végre a levegőkörnyezeti mérések területén is. Különös figyelmet igyekeztem fordítani az informatikai hátterünk megújítására, a működés biztonságossá tételére, s több lépésben jelentős bővítésen esett át az OMSZ tároló és számítási kapacitása is.

Jópárszor kellett létszámot csökkentenünk, embereket elküldenünk. Voltak nagyon nehéz időszakok, pénzügyi megvonások, amit sokszor már nem is osztottunk meg veletek. Szerencsére gazdaságilag stabilitásunkat még a legnehezebb időszakokban is meg tudtuk őrizni.

Rengeteg mindent történt, én sem emlékszem pontosan. A változtatásokat nyilván sokan nehezen viselték, hiszen egy-egy helyzetben a megszokottól merőben eltérő helyzetben találták magukat a kollégák. De mindez hozzájárult ahhoz, hogy az OMSZ Közép-Európában is kiemelkedő meteorológiai szolgálattá vált.

Dr. Radics Kornélia az OMSZ 150 éves ünnepségén.

R: Mivel az OMSZ-on kívülről jöttél, más szemmel tudtál nézni az épületre a berendezésekre, a munkafolyamatokra, szóval mindenre, és ez is segített a változtatásban, a modernizációs törekvéseid megvalósításában.

R.K.: Igazad van. Nagyon komolyan vigyáztam évekig arra, hogy megőrizzem ezt a szemléletet, hogy kívülről lássam az OMSZ-ot. Ne érintsen meg, ne vonzzon be, megtartsam ezt a külső látásmódot, amit idővel persze elveszít az ember, de ez természetes. De sokat segített abban, hogy megértsem a külső szemlélők által megfogalmazott kritikákat.

R: Az OMSZ Európában a 11. ország, amely bevezette az ingyenes adatpolitikát. (Szerk: Az odp.met.hu oldalon 2021. január 1-je óta érhetők el térítésmentesen az adatok.) Ez is egy jelentős lépés volt a meteorológiai kormányrendelet bevezetése mellett. Mi az, amit az elért eredmények közül még kiemelnél, ami számodra kedves volt?

R.K.: Például nagyon kedves volt számomra az interaktív médiás munkakör létrehozása, az OMSZ közösségi médiában való megjelenésének előtérbe kerülése. Örömöt okozott, hogy a születésnapi kerti partit és karácsonyi együttléteket sikerült egy kicsit egyedivé tenni. Örökre szívembe zártam például a percet és az arcokat, amikor néhány éve csocsót vittem ajándékba a lőrinci állománygyűlésre. Sok-sok apró emlék, apró előrelépés. De minden apró pici lépés fontos volt. Azt gondolom, hogy egy csapatként működtünk az OMSZ-szal. Hálás vagyok, mert a vezetőtársakkal hatékonyan és jól tudtunk együtt dolgozni, közösen küzdöttünk – néha sok vita, veszekedés árán is – egy-egy célért.

R: Munkavállalói szempontból nagyon jó volt a rugalmas munkarend bevezetése, az esetenkénti online munkavégzés, a teremfoglaló-rendszer, illetve Lőrincen a gépkocsi használatra vonatkozó foglalási rendszer bevezetése.

R.K.: De ide sorolhatnám a vendégszoba foglalás automatizálását is. Ezek az apróságok mind azért voltak, hogy megkönnyítsék, egyszerűsítsék az életet. És ha már a fizetéseket nem is tudtuk maradéktalanul megemelni, legalább más kedvezményt biztosítsunk a dolgozóknak.

R: Elnökséged alatt nagyon sok nemzetközi szervezet munkájában vettél részt, képviselted a hazai meteorológiát nemzetközi fórumokon. Hogyan láttad az OMSZ szerepét a nemzetközi színtéren, a többi európai meteorológiai szolgálat között?

R.K.: Egy meteorológiai szolgáltató számára a nemzetközi együttműködés nélkülözhetetlen, ezért az OMSZ mindenkori elnöke számos nemzetközi szervezetben képviseli hazánkat és az OMSZ-ot. Ezeket a kiküldetéseket arra is felhasználtam, hogy minél többet tanuljak, minél több követendő példát lássak a nagyvilágban, minél jobban megértsem azokat a célokat, folyamatokat és kihívásokat, amelyek a nemzetközi meteorológus társadalom elkövetkező évtizedeit meghatározzák. A követendő példákat itthon adaptálva sikerült elérni azt, hogy Európa szerte – azóta már tudom, hogy világszerte is – elismerték a magyar meteorológiát, a szolgálatnál folyó munkát.

Az idő múlásával egyre több felkérést kaptam a különböző szakmai szervezetek vezetői pozícióinak betöltésére. 2017-ben az EUMETNET újonnan létrehozott Repülésmeteorológiai Tanácsadó Testülete, az AVAC (Aviation Advisory Committee) első elnökének választottak meg. 2019-ben az ECOMET General Assembly-nek lettem elnökhelyettese. Majd 2020-tól az ECMWF társult tagországainak tanácsülése elnökhelyettesi pozícióját is betöltöttem. 2018-ban ért az a megtiszteltetés, hogy a Meteorológiai Világszervezet (WMO) európai régiójának elnökhelyettesévé választottak.

R: A WMO európai régiója (RA VI) az 50 tagországgal a legnagyobb a világszervezet hat régiója közt. Elnököt 4 évente, a nemzeti szolgálatok vezetői közül választanak. Ritkán adódik lehetőség arra, hogy magyar vezethesse a testületet. Eddig csak Mersich Iván tölthette be az elnökhelyettesi pozíciót 1998-2001 között. 2021-ben a tagországok téged választottak a WMO RA VI elnökének, ami megtisztelő és a közösség bizalmát tükrözi. Milyen feladatokat jelentett ez neked?

R.K.: A WMO-s feladatok teljesítése nagyon komoly leterheltséget, egy plusz fél munkaidőt jelentett, hiszen a régió valamennyi tagországának a tevékenységét kellett összehangolnom. Komoly kihívás volt számomra, amikor 2022 februárjában megkezdődött az orosz-ukrán konfliktus (mivel mind Oroszország, mind Ukrajna az RA VI-ba tartozik), hiszen a kialakult politikai helyzet jelentős hatást gyakorolt a meteorológiai tevékenységre, az adatszolgáltatásra, az adatcserére.

Nagy általánosságban azt mondhatom, hogy a WMO különböző kezdeményezéseinek a régiós összehangolása, végrehajtása, a tagországok képviselete volt a feladatom. A WMO Water és Climate Leaders kezdeményezésén keresztül aktív munkakapcsolatban voltam a Köztársasági Elnöki Hivatallal, személyesen Kőrösi Csabával, aki jelenleg már az ENSZ Közgyűlés elnöke.

R: Idén februártól a WMO Európáért felelős igazgatója lettél. A WMO 150 éves fennállása óta mindössze 5 kolléga kapott lehetőséget, hogy a WMO genfi székházában dolgozhasson . Hogyan éled meg ezt a nagy váltást? Mivel jár a munkaköröd, szakmailag milyen kihívásokkal kell szembenézned?

R.K.: Ahogy a nemzetközi meteorológiai közösség megismerte az OMSZ tevékenységét, eredményeit, s látta az elmúlt években mutatott nagyléptékű fejlődését és sikereit, már korábban is több nemzetközi állásajánlattal kerestek meg. Azt is éreztem, hogy valahol külföldön lesz a következő munkahelyem, így a családomat sem érték meglepetésként a történtek.

Svájc egy stresszmentes ország, ahol igazán jól érezheti magát a gyönyörű természeti környezetben az ember. A munkából fakadó feladatok nem szövik át úgy a mindennapjaimat, mint otthon, amikor az OMSZ vezetőjeként hétvégén is, szabadság alatt is dolgoztam. Tanulom kell azt is, hogy ha hazamegyek, ne vigyem magammal a munkahelyi problémákat.

Diplomata lettem. Legfontosabb feladatom, hogy irányítsam a regionális iroda munkáját, összehangoljam a régióban folyó meteorológiai tevékenységet, figyeljek a WMO ajánlásainak maradéktalan betartására, s ha valamelyik tagország segítséget kér, akkor megtaláljam a leghatékonyabb utat a támogatására. Feladatom továbbá, hogy ellássam a régióban a WMO képviseletét, ápoljam a kapcsolatot az Európai Unióval és az európai meteorológiai infrastruktúra intézményeivel, s hogy szolgáljak, szolgáljam a tagországok igényeit, így például a tiéteket is. Nem egyszerű feladatok ezek, ezt is tanulni kell. Most is rengeteget utazom, hogy megismerjem a régiós országok meteorológiai tevékenységét, kihívásait. Úgy érzem, hogy még mély vízben úszom, még a tanuló fázisban vagyok. De remélem hamarosan kirajzolódik számomra, hogy melyik az a terület, ahol hasznos lehetek, és mi az a terület, amelyen eredményeket, sikereket érhetek el.

R: Mennyi idő alatt tudtál beilleszkedni az új munkakörödbe? Kérlek, mesélj egy kicsit arról, hogyan töltöd a mindennapjaidat Genfben, ahova a családod is elkísért.

R.K.: A munkahelyi beilleszkedés aránylag gyorsan ment, hiszen régiós elnökként a kollégákat már megismertem, a szakmai feladatokkal, kezdeményezésekkel és projektekkel pedig teljesen tisztában voltam. Az adminisztratív létet kellett megismernem, például, hogyan irattárazok, hogyan szervezek meg egy meetinget. Kinek, hogyan kell jelentenem, hogyan tartom a kapcsolatot a többi igazgatóval, kik a beosztottjaim. Egy másik nagy kihívás számomra itt a teljes multikulturális munkakörnyezet. Meg kell szoknom azt, hogy egy-egy dologra mindenki máshogy reagál, más jelenti számára a motivációt és az elfogadást.

Igen, jól tudjátok, a családom is Genfbe költözött velem. Nagyon szerencsésnek érzem magam, hogy ebben is támogattak. A kisebbik lányom most fejezte be Budapesten az általános iskolát, és augusztustól már itt folytatja középiskolai tanulmányait. Idősebb lányom várhatóan egy év múlva, a BSc képzés befejezését követően csatlakozik hozzánk. Nagyon lelkesek, de azért hatalmas változást, egy új fejezetet jelent ez az életükben, ahogy az enyémben is. Ennek ellenére továbbra is rengeteg megkeresést, meghívást kapok otthonról, amelyeknek örömmel teszek eleget. S az OMSZ-tól sem szakadtam el, hiszen a WMO keretében továbbra is együtt dolgozunk.

R: Köszönjük, hogy vállaltad az online interjút. Kívánjuk Neked, hogy amit eltervezel, akár a munka, akár a magánélet területén, sikerre vigyed!

AVAC – Repülésmeteorológiai Tanácsadó Bizottság

ECOMET – Európai Meteorológiai Szolgálatok Gazdasági Együttműködése

ECMWF – Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ

Szerk: A WMO genfi székházában korábban négy magyar dolgozott:

- Tölgyesi István (1964-75. és 1981-95., szakértő),
- Dr. Lépp Ildikó (1975-1979., Globális Adatfeldolgozó Rendszer Osztály),
- Dr. Götz Gusztáv (1979. szakértő).
- Dr. Czelnai Rudolf (1981-84 Tudományos Technikai Programok igazgató, 1985-1992 főtitkár helyettes)

Kislexikon

abszorpció: Az ~ egy fizikai-kémiai jelenség, melynek során gázok vagy gőzök atomjai/molekulái folyadékkal vagy szilárd testtel érintkezve abban elnyelődnek. (*In: V. Horn Valéria: Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.*)

babos állapot (akác): Az akác virágzásának kezdete a ~, félig nyitott állapot. (*In: Vincze et al.: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre*)

BiFacial napelem: Két üveglap közé elhelyezett napelem, mely a direkt és indirekt Napból érkező sugárzást is képes hasznosítani. A hagyományos napelemekhez képest, melyek a fény 22%-át tudják elektromos árammá alakítani, a kétoldalas napelemek hatékonysága az indirekt sugárzás hasznosítása miatt elérheti a 25–35 százalékot is. Alkalmazási lehetősége szerteágazó, mivel a döntött elhelyezési mód mellett, vízszintes és függőleges telepítése is lehetséges; helyezhetők teraszra, felhasználható kerítésként, korlátként, zajvédő falként autópályák vagy vasutak mentén, illetve mezőgazdasági területeken, ahol nem kifejezetten fénykedvelő növényeket termesztenek, tehát a növény fejlődéséhez elegendő a szűrt fény is. (*In: Péliné et al.: Szélenergia innovációk a világban*)

ensemble előrejelzés: több tagból álló előrejelzés, amelyet úgy készítünk, hogy az egyes tagokat (modelleket) kissé megváltoztatott kezdeti feltételek mellett futtatjuk. Tehát egyidejűleg több előrejelzés készül, kismértékben eltérő (perturbált) kiindulási adatokkal. Ezzel egyben képet is kapunk az előrejelzés bizonytalanságáról is. (*In: Szépszó et al.: Sugárzásra és magassági szélre vonatkozó rövidtávú előrejelzések operatív statisztikai utófeldolgozása*)

fototropizmus: a helyhez kötött növények fény felé fordulása, illetve fény felé történő növekedése. (*In: V. Horn Valéria: Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.*)

Granger-teszt: A Granger-oksági teszt egy statisztikai hipotézisvizsgálat annak meghatározására, hogy az egyik idősor hasznos-e egy másik előrejelzésében. A teszt alapja az F-próba. (*In: Vincze et al.: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre*)

keret: A méhek élete a lépeken folyik. Ezeket a méhészetekben fakeretbe fogják, amellyel így könnyebben kezelhetővé, kivehetővé válik. (*In: Vincze et al.: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre*)

méhlegelő: A természetes és termesztett növények együttesét ~nek nevezzük. (*In: Vincze et al.: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre*)

perceptron: a ~ egy mesterséges neurális hálózat építőköve. Olyan lineáris gépi tanulási algoritmus, amelyet a gépi tanulásban és a mesterséges intelligenciában felügyelt tanulás során alkalmaznak. (*In: Szépszó et al.: Sugárzásra és magassági szélre vonatkozó rövidtávú előrejelzések operatív statisztikai utófeldolgozása*)

pergetés: A ~ a leggyakrabban alkalmazott mézkinyerési mód a csurgatás és a préselés mellett. A kaptárból eltávolított keretet a pergetőbe helyezik (egyszerre akár többet is). A pergető egy tengely körül forgó kosár, amely egy zárt hengerben helyezkedik el. A tengely kézi vagy gépi forgatása következtésben a keretekben lévő méz a henger oldalára kicsapódik, majd a henger aljára gyűlik, ahonnan egy csapon keresztül egy méztároló edénybe gyűlik. A módszer alkalmazása bizonyos mézfajtáknál vagy kikristályosodott méznél nem lehetséges. (*In: Vincze et al.: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre*)

reflexió: a sugarak visszaverődése/visszaverése, tükröződése/tükrözése. (*In: V. Horn Valéria: Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.*)

reziliens: rugalmasan ellenálló. (*In: V. Horn Valéria: Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.*)

transzmisszió: valamely sugárzó energiának (fény, hő, hang, stb.) áthaladása egy adott közegen. (*In: V. Horn Valéria: Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.*)

Wald-teszt: A ~ lényegében egy hipotézis teszt annak eldöntésére, hogy az adatok egy bizonyos populációs paraméterrel magyarázhatók-e. (*In: Vincze et al.: A légköri állapothatározók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre*)

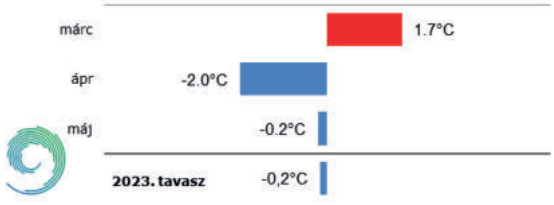
2023 tavaszának időjárása

Paszternákné Marton Annamária, Szolnoki-Tótiván Bernadett
Országos Meteorológiai Szolgálat, marton.a@met.hu

2020 óta minden tél enyhe volt (az évszakos átlaghőmérséklet 2 °C felett), de a 2022–23-as tél az elmúlt hármat is felülmúlta. Az 1901 óta íródó hosszú éghajlati sorban ez lett a második legmelegebb tél. Ez várható is volt, hiszen mindhárom hónap jócskán melegebb volt a sokéves átlagnál. Az évszak során lehullott csapadékmennyiség is meghaladta a szokásosat – nagyjából másfélszerese érkezett az 1991–2020-as értéknek országosan –, de térben és időben nagyon változó eloszlással.

A hőmérséklet és csapadék időbeli alakulása

A 2021-es tavasztól kezdve mindegyik tavasz hűvösebb volt az 1991–2020-as normálnál. Az áprilisok kimondottan hidegek voltak, mind a három évben legalább 2 °C-kal elmaradtak az átlagtól. Az *1. ábrán* jól látszik, hogy míg a március 1,7 °C-kal melegebb, addig az április 2 °C-kal, a május pedig 0,2 °C-kal hűvösebb volt a normálnál. Így összességében 0,2 °C-os negatív anomália jelentkezett az évszak folyamán. Az elmúlt 123 év rangsorában az első harmad végére került az idei tavasz, a negyvenedik legenyhébb 1901 óta. Az elmúlt évszak hónapjai közül a március végzett elől a rangsorban: tizenhetedik lett. A május az ötvennegyedik, míg a hűvös április a kilencvenedik legmelegebb lett.



1. ábra. Az országos havi és az évszakos középhőmérséklet eltérése a sokévi (1991–2020-as) átlagtól 2023 tavaszán (interpolált adatok alapján).

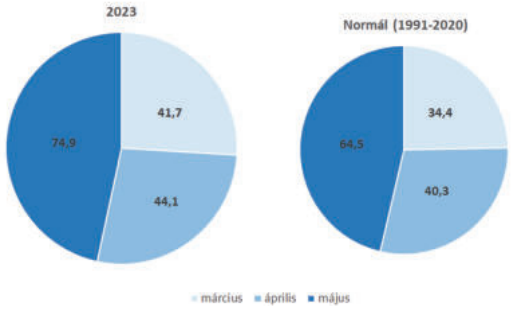
A küszöbnapok alapján is átlagosnak mondható az elmúlt tavasz. (*1. táblázat*). Minden index a sokéves érték körül mozgott, csak a hótakarós napok száma csökkent jelentősebben.

A csapadék időbeli eloszlásáról elmondható, hogy az évszak első hónapjában hullott a legkevesebb (41,7 mm), az utolsóban pedig a legtöbb (74,9 mm),

Éghajlati indexek értékei 2023 tavaszán és ezek sokévi átlagai

	2023	1991–2020
Fagyos nap (T_{min} ≤ 0 °C)	14	15
Hideg nap (T_{min} ≤ -5 °C)	3	1
Téli nap (T_{max} ≤ 0 °C)	0	1
Nyári nap (T_{max} ≥ 25 °C)	9	12
Hőség nap (T_{max} ≥ 30 °C)	0	1
Csapadékos nap (r ≥ 0,1 mm)	34	30
Havas nap	2	3
Hótakarós nap	0	3

1. táblázat. A 2023-as tavasz során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991–2020-as sokéves értékei.

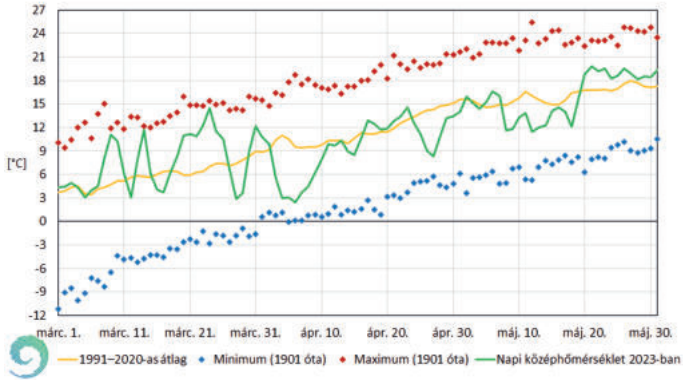


2. ábra. A 2023-as tavasz havi csapadékösszegei és a normál területarányos kördiagramon (mértékegység: mm).

ami egybecseng a csapadék tavaszra jellemző időbeli eloszlásával (*2. ábra*). Mindhárom hónap csapadékosabb volt a megszokottnál. Bár arányaiban a március tér el legjobban (21%), mégis ekkor volt a legkisebb a havi csapadékösszeg. Áprilisban országos átlagban 44,1 mm érkezett, mely 9%-kal haladta meg az 1991–2020-es normált. Májusban a sokéves átlagnak a 116%-a adódott. Az elmúlt 123 évet vizsgálva elmondható, hogy a tavasz, illetve a március és május hónapok a legcsapadékosabb időszakok első harmadában foglalnak helyet. Az április sem marad el sokkal tőlük, a középmezőnybe, a 63. helyre került az 1901 óta íródó rangsorban.

A *3. ábrán* a 2023-as tavasz napi középhőmérsékletei, sokéves átlagai, valamint az 1901 óta tapasztalt szélsőértékei láthatók. A tavasz első hetében az átlagoshoz közeli hőmérséklet volt jellemző, reggelente még fagyott, majd délutánra 10 °C köré melegedett a levegő. Az évszakos minimumhőmérsékletet Zabarban mértük, március 4-én, -9,2 °C volt. Március elején a frontok többnyire elkerülték térségünket, ezért tavasz elején is folytatódott a tél végén jellemző száraz időjárás. Március 8-tól pár napig egy hullámzó frontrendszer előoldalán a szokásosnál több fokkal melegebb levegő áramlott térségünkbe. A legmelegebb helyeken 9-én és 10-én a maximumhőmérséklet elérte a 20 °C-ot. Az éjszakák is enyhék voltak, így 9-én a minimumhőmérséklet 11,9 °C volt Kaposváron. Ennek következtében a napi középhőmérséklet országos átlaga megközelítette az 1901 óta felvett maximumát.

Március 11-én egy hidegfront érkezett hazánk fölé, még zivatar is kialakult felhőszakadással (Vámosmikolán 30,0 mm hullott). Átmenetileg ismét jelentkeztek reggeli fagyok, majd március 14-én egy hidegfront torlasztó hatása miatt többfelé 20 °C fölé emelkedett a hőmérséklet, ami az országos átlagot hirtelen a maximum közelébe tolta. Sellyén új országos napi

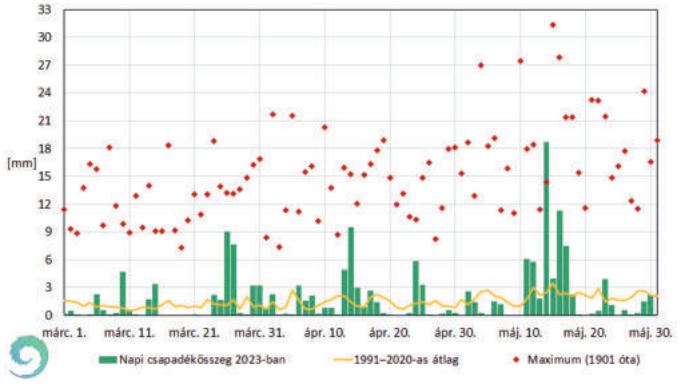


3. ábra. Országos napi középhőmérsékletek, a sokéves átlag (1991–2020), illetve a szélsőértékek 1901 óta 2023 tavaszán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

maximumhőmérsékleti rekord született (24,1 °C). A hidegfrontból 15-én nagyobb területen 5 mm-t meghaladó csapadék hullott a Dunától keletre. A magasabb helyeken havazott, és összefüggő hóréteg is kialakult (pl. Kékestetőn 5 cm). A következő napokban, egészen március 23-ig anticiklon határozta meg időjárásunkat. A *4.ábrán* jól látszik, hogy ez volt a leghosszabb száraz időszak a teljes évszakban.

Március 17-én Zabarban ismét -9,2 °C-ot mértünk, ezt követően napról-napra egyre melegebb lett, és már csak a fagyzugos helyeken fagyott. Március 24-én 14,5 °C volt a napi középhőmérséklet országos átlaga, ami 7,5 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot, ami jelentősen megközelítette az 1901 óta mért maximális napi átlaghőmérsékletet. Idén ezen a napon érte el először a hőmérséklet a 25 °C-ot (nyári nap), a Baranya vármegyei Drávaszabolcson 25,4 °C volt a maximumhőmérséklet (*2. táblázat*).

A hónap végén csapadékosabbra és egyre hűvösebbre fordult az időjárás. Március 26-án egy hidegfront hozott jelentős lehűlést, melyből az ország dél-



4. ábra. Országos napi átlagos csapadékösszegek, a sokéves napi átlagok (1991–2020), illetve a maximumok 1901 óta 2023 tavaszán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	*Állomás*	*Napja*
március	25,4°C	Drávaszabolcs	március 24.
április	24,3 °C	Ikrény Dózsamajor Koroncó	április 23.
május	29,8 °C	Fülöpháza Hattyús-szék	május 23.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	*Állomás*	*Napja*
március	-9,2 °C	Zabar	március 4. és 17.
április	-7,8 °C	Kékestető	április 5.
május	-1,9 °C	Zabar	május 9.

2. táblázat. A tavaszi hónapok során mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletek 2023-ban.

nyugati részén hullott a legtöbb csapadék. Másnap a Dunától keletre volt többfelé 10 mm feletti napi csapadék, zömében eső, de északkeleten az esőt havazás váltotta fel. Helyenként síkvidéken is kialakult összefüggő hótakaró március 28-án reggelre (pl. Nyírbogát: 3 cm). A hidegfront mögött a szél sokfelé viharossá fokozódott, március 27-én Kab-hegyen a maximális széllökés 118,8 km/h volt, ami új napi szélrekordot hozott. Március 29-én hajnalban országszerte fagyott, majd átmeneti melegedés következett március végén.

Több front is érintette a Kárpát-medencét március vége felé, de nagyobb csapadék csak április elején esett az elszórtan előforduló zivatarokból (pl. április 1-én Pécs Egyetem: 20,8 mm). Április 3-án egy markáns hidegfront hatására jelentősen visszaesett a hőmérséklet, és az egész tavasz leghidegebb időszaka vette kezdetét. Az országos középhőmérséklet döntő többségében az átlag alatt alakult, és a szokásosnál általában több fokkal hűvösebb idő egészen május 20-ig eltartott. Április 4-től 8-ig 5–8 °C-kal a normál alatt maradt a középhőmérséklet, a leghidegebb napon (6-án) mindössze 2,4 °C volt az országos átlag. Ez a 2023-as tavasz legalacsonyabb értéke. Ezen a napon északkeleten egész nap fagypont körül alakult a hőmérséklet, Kékestetőn -2,0 °C volt a legmagasabb hőmérséklet, ami új országos napi rekord. Nyolcadik alkalommal fordult elő, hogy 1901 óta a leghidegebb tavaszi nap a középhőmérsékletek országos átlagait tekintve nem márciusban, hanem áprilisban volt. Egy Magyarországtól keletre, északkeletre örvénylő ciklon hatására sokfelé hullott vegyes halmazállapotú csapadék, az északi hegyek mellett az északkeleti vármegyékben síkvidéken is többfelé vastagabb hóréteg alakult ki április 7-re (pl. Nyírtelek: 10 cm). Április 11-re a fokozatos melegedés hatására a napi középhőmérséklet megközelítette az átlagot. A többnyire felhős idő viszont maradt, és elszórtan, jellemzően 10 mm alatti napi csapadék értékek fordultak elő. Április 13-án egy mediterrán ciklonból az ország nyugati, északnyugati részein nagy területen 50 mm-t meghaladó eső esett, miközben országos átlagban sem elhanyagolható 9 mm-t meghaladó csapadékösszeget kaptunk. Sopron térségében hullott a legnagyobb mennyiség, Sopron Brennbergbányán a három napos összeg 113,9 mm lett.

A következő napokban már csak elszórtan alakultak ki záporok, zivatarok, majd egy anticiklon hatására száraz, naposabb idő vált uralkodóvá. Ezt egy hidegfront érkezése zavarta meg április 24-én. Főként a Dél-Dunántúlon, valamint az Északi-középhegységben többfelé 10 mm-t meghaladó napi csapadékösszeg jelentkezett. Április 25-én már csak keleten, északkeleten esett nagyobb mennyiségű eső. Április 27-én és 28-án anticiklon határozata meg térségünk időjárását, a fagyzugos helyeken fagyott. A hónap utolsó napjai nagyrészt száraz és a szokásosnál hűvösebb időjárással teltek.

A május első hetét átlag körüli középhőmérséklet jellemezte, de ezután ismét egy, az átlagosnál hűvösebb időszak következett. Május 2-án főként a Dunántúlon esett az eső, majd a következő két napon elszórtan alakultak ki zivatarok, néhol felhőszakadással, jégesővel (pl. május 3-án Dunaújvárosban 29,4 mm-t mértünk). Magyarország déli felén május 6-a és 7-e már sokfelé nyári napnak számított (azaz 25 °C feletti maximumhőmérsékletek jelentkeztek). Ezek sorát a május 8-án érkező hidegfront szakította meg, jelentős lehűlést hozva. Az országos átlag ezen a napon 3 °C-kal a normál alatt alakult. Május 9–11. között a fagyzugos helyeken ismét fagyott (pl. május 9-én Zabarban: -1,9 °C). Ezt követően előbb egy hullámzó frontrendszer, majd egy mediterrán ciklon miatt az egész tavasz legcsapadékosabb időszakát éltük meg. Emellett a középhőmérséklet is több fokkal elmaradt ekkor az átlagtól. Május 11-én a Dél-Dunántúl volt a legesősebb, 12-én csak északkeleten nem esett. 13-án ismét a Dél-Dunántúl volt a csapadékosabb, majd 14-én a keleti határvidék kivételével országszerte jelentős mennyiségű eső hullott. Sokfelé a napi csapadék 30, néhol 50 mm felett alakult (pl. Kékestetőn 60,5 mm-t regisztráltunk). A napi csapadék országos átlaga meghaladta a 18 mm-t, amivel országos átlagban május 14-e lett az évszak legcsapadékosabb napja. Május 15-én a keleti vármegyék voltak esősebbek, majd 16-án a Dunántúlon voltak nagy csapadékok. Május 17-én a Dunától keletre záporok, zivatarok alakultak ki, helyenként felhőszakadással.

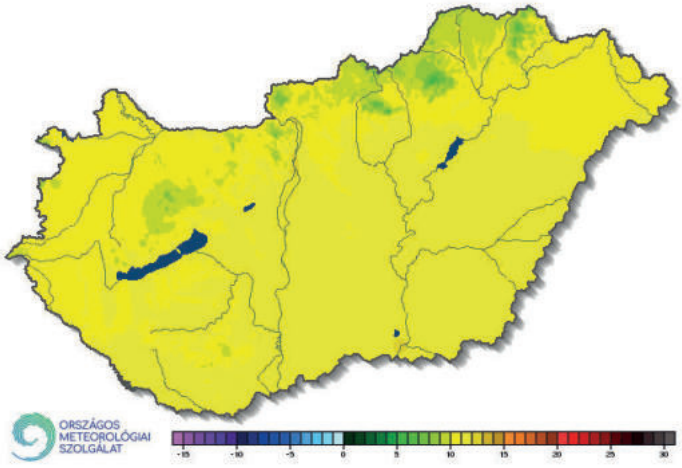
A hónap legnagyobb csapadékösszege			
	Csapadék	*Állomás*	
március	85,5 mm	Záhony	
április	156,8 mm	Sopron Muck-kilátó	
május	171,4 mm	Mindszentgodisa	
A hónap legkisebb csapadékösszege			
	Csapadék	*Állomás*	
március	5,8 mm	Rajka	
április	11,0 mm	Csárdaszállás Felsőföld	
május	16,8 mm	Csaroda	
24 óra alatt lehullott maximális csapadék			
	Csapadék	*Állomás*	*Napja*
március	35,4 mm	Murakeresztúr	március 26.
április	57,6 mm	Sopron Brennbergbánya	április 14.
május	67,7 mm	Verpelét	május 23.

3. táblázat. A tavaszi hónapok során mért legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegek, valamint a 24 órás maximumok 2023-ban.

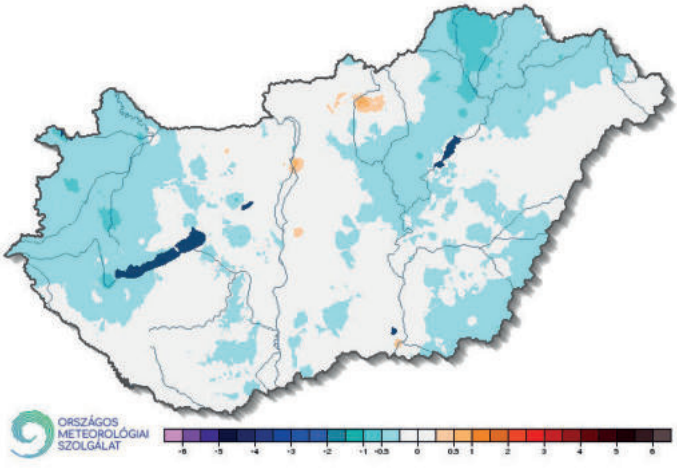
Május 19-től melegebb és szárazabb levegő érkezett a Kárpát-medencébe, így a hónap utolsó dekádjában a hőmérsékletek a szokásosnál néhány fokkal magasabban alakultak. A maximumok ebben az időszakban sokfelé meghaladták a 25 °C-ot, így május végén több nyári napot is regisztráltunk. Május 23-án Fülöpházán 29,8 °C-ot mértünk, ez lett a tavasz legmagasabb hőmérséklete. Eközben országosan 25 és 30 °C közé melegedett a levegő. A nyárias időben megindult a gomolyfelhő-képződés, így délutánonként gyakoriak voltak a záporok, zivatarok, amiket a jelentések szerint felhőszakadás, jégeső is kísért. Verpeléten május 23-án 67,7 mm-t regisztráltak, mely az évszak legnagyobb 24 óra alatt lehullott csapadéka (*3. táblázat*). Május 24-én Kétegyházánál tornádót észleltek.

A hőmérséklet térbeli eloszlása

A tavaszi átlaghőmérséklet 10,9 °C volt, mely mindössze 0,2 °C-kal maradt el az 1991–2020-as sokéves értéktől. Az országon belül 10 és 12 °C között mozogtak az évszakos átlagok. Ennél alacsonyabb



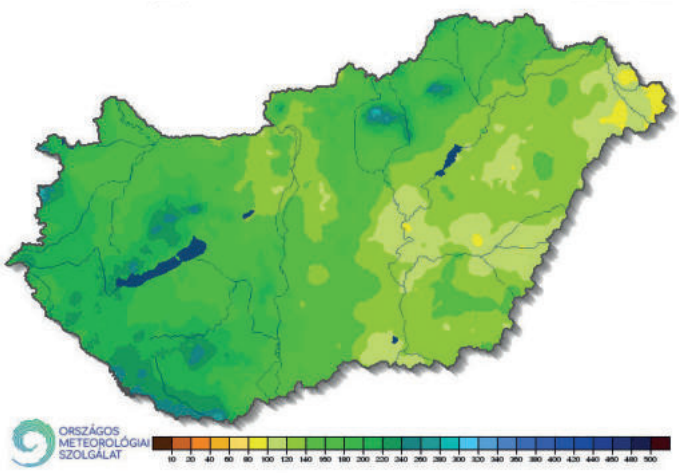
5. ábra. A 2023-as tavasz középhőmérséklete (°C).



6. ábra. A 2023-as tavasz középhőmérsékletének eltérése a sokévi (1991–2020) átlagtól.

háromhavi középhőmérséklet csak a Dunántúli- és az Északi-középhegység egyes tájain fordult elő, az Alföldön és a Dél-Dunántúlon 10–11 °C közötti értékek voltak jellemzők. A legmelegebb Budapest és Szeged környéke volt, itt már 12 °C felett alakult az évszakos átlag (*5. ábra*).

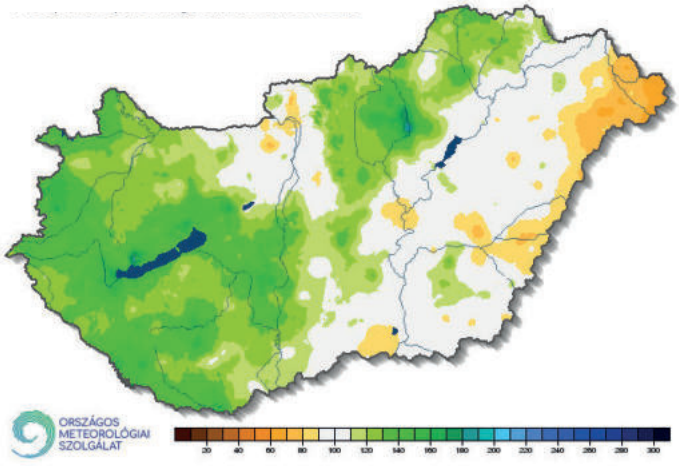
Az anomália térképen (*6. ábra*) találunk a megszokottal megegyező, illetve annál hidegebb és melegebb területeket is. A Dunántúl nyugati és északi részén, a délkeleti határ mentén, az Északi-középhegység keleti felében, valamint a Tisza vonalában volt negatív az eltérés, -0,5 és -1 °C között. A Mátrában, Budapest és Szeged térségében már pozitív anomáliát regisztráltunk: +0,5 és +1 °C közt. Az ország többi részén az 1991–2020-as átlagnak megfelelően alakult az évszakos középhőmérséklet.



7. ábra. A 2023-as tavasz csapadékösszege (mm).

A csapadék térbeli eloszlása

A tavasz folyamán lehullott csapadékösszegek térbeli eloszlása látható a *7. ábrán*. Hazánk kb. 90%-án legalább 100 mm feletti csapadékmennyiséget összegeztünk. Ennél kevesebb csak a legszárazabb területekre (Szolnok és Dévaványa környéke, valamint az ország északkeleti csücske) érkezett. Itt 80–100 mm-es háromhavi összegek voltak jellemzők. A legkevesebb évszakos csapadékot Nagyhegyes Elep állomáson regisztráltuk, ahol mindössze 87,1 mm hullott. A Dunántúli- és az Északi-középhegységben, illetve a Dráva mentén 240 mm feletti összegek is megjelentek. A legmagasabb tavaszi csapadékösszeget Alsószentmártonban mértük: 297,1 mm-t.

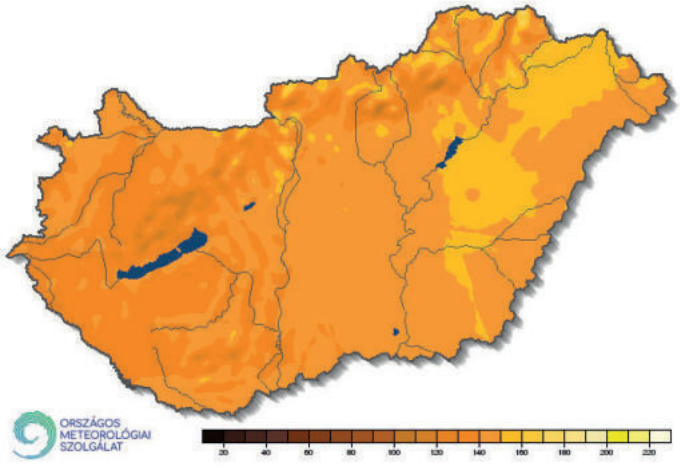


8. ábra. A 2023-as tavasz csapadékösszege a sokévi (1991–2020-as) átlag százalékos arányában kifejezve.

Országos átlagban a tavaszi csapadékösszeg 160,7 mm volt, amely meghaladja az 1991–2020-as sokéves normált (139 mm). Ezért hazánk legnagyobb részén a lehullott csapadék mennyisége megegyezett a sokéves értékkel vagy felülmúlta azt. A Dunántúlon és az Északi-középhegységben 120–140%-a érkezett a sokéves átlagnak, Pest vármegyében és az Alföld középső tájain a normállal megegyező volt az évszakos összeg. A sokéves átlagtól Szolnok, Szeged, Dévaványa környékén, a Dunakanyarban, a Beregi- és a Szatmári-síkon, valamint a keleti határ mentén maradt el a lehullott csapadék mennyisége. Ezeken a területeken a megszokottnak a 60–90%-át regisztráltuk tavasszal (*8. ábra*).

A globálsugárzás térbeli eloszlása

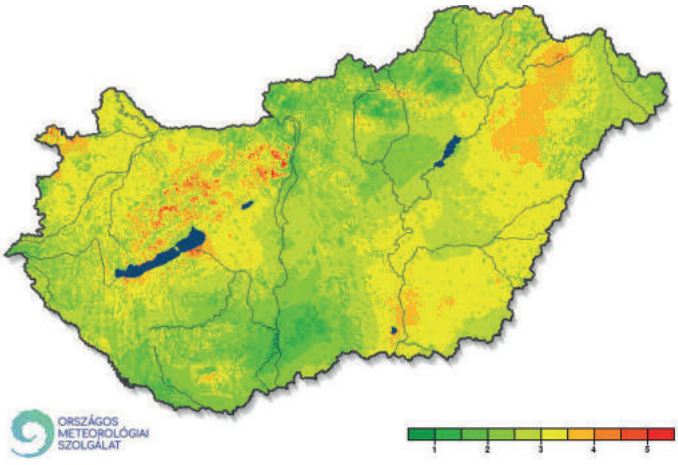
A tavasz folyamán hazánk legnagyobb részén 140 kJ/cm^2 körül alakult az évszakos globálsugárzás-összeg. Ennél alacsonyabb értékeket a Mecsekben és a középhegységeinkben figyelhetünk meg (*9. ábra*). A legalacsonyabb mért összeg Pécs Egyetem állomáson 128 kJ/cm^2 volt. A legtöbb globálsugárzás az Alföldre, a Tiszától keletre érkezett, a legmagasabb mért érték Napkoron 151 kJ/cm^2.



9. ábra. A 2023-as tavasz globálsugárzás összege (kJ/cm^2).

A szélsebesség térbeli eloszlása

Az évszak folyamán az ország legnagyobb részén 2 és 4 m/s között alakult az átlagos szélsebesség. Az alacsonyabb értékeket a Duna-Tisza-közének nyugati felén és az Északi-középhegységben találjuk (*10. ábra*). Ezekben a térségekben akár 1 m/s alatti érték is megjelenhettek. A legmagasabb átlagértékek a Dunántúli-középhegységben, a Nyírségben, a Hajdúságban,



10. ábra. A 2023-as tavasz átlagos szélsebessége 10 m-es magasságban (m/s).

valamint Siófok és Sopron környékén fordultak elő. Ezeken a tájakon 4–5 m/s-os átlagszél jellemezte a tavaszt. Az ábra csak az átlagszélről ad információt. Viszont meg kell említenünk a széllökéseket is. Ezek – főként a hidegfrontokhoz kapcsolódóan – az évszak folyamán többször is rekord erősségűek voltak. Március 27-én a felettünk átvonult ciklon hátoldalán sokfelé viharossá fokozódott a szél. Kabhegy állomásunkon 33,0 m/s (118,8 km/h) legerősebb napi széllökést mértünk, mellyel új országos rekord született. A fővárosban is szeles volt az idő e napon. A János-hegyen 32,0 m/s (115,2 km/h) erejű széllökést regisztráltunk, ez pedig új fővárosi napi rekordot jelent. Eddig ezen a napon a legerősebb széllökést Budapest Örsöd állomáson jegyeztük fel 1981-ben 28,3 m/s (101,9 km/h) értékkel.

2023. tavasz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Sugárzás, kJ cm^{-2}	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél
	évszakos összeg	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	r ≥ 1 mm napok	viharos nap ($f_s \geq 15$ m s^{-1})
Szombathely	144	10,6	-0,1	26,3	2023.05.22	-5,6	2023.03.17	202	153	22	10
Nagykanizsa	135	10,6	-0,2	27,4	2023.05.23	-5,7	2023.03.17	183	118	25	7
Pér		10,4	0,0	27,4	2023.05.23	-5,2	2023.03.02	155	114	23	14
Siófok	146	11,8	0,0	26,2	2023.05.22	-1,9	2023.03.17	162	130	24	16
Pécs		11,4	-0,3	26,4	2023.05.23	-2,7	2023.03.29	187	118	30	12
Budapest	145	11,8	-0,1	27,6	2023.05.23	-2,4	2023.03.29	134	102	19	3
Miskolc	137	10,8	-0,3	27,3	2023.05.21	-4,5	2023.03.29	211	145	25	3
Kékestető	135	5,5	-0,4	19,7	2023.05.21	-7,8	2023.04.05	267	133	29	22
Szolnok		11,5	-0,3	27,4	2023.05.23	-4,3	2023.03.29	90	76	19	7
Szeged	149	11,8	0,1	27,2	2023.05.26	-3,7	2023.03.17	108	85	23	14
Nyíregyháza		11,2	-0,1	27,4	2023.05.20	-2,8	2023.03.04	116	91	19	16
Debrecen	148	11,3	-0,1	27,9	2023.05.21	-3,4	2023.03.06	154	114	25	9
Békéscsaba		11,2	-0,4	27.6	2023.05.21	-4,9	2023.03.29	118	87	22	10

A 2023-as tavasz időjárása agrometeorológiai szempontból

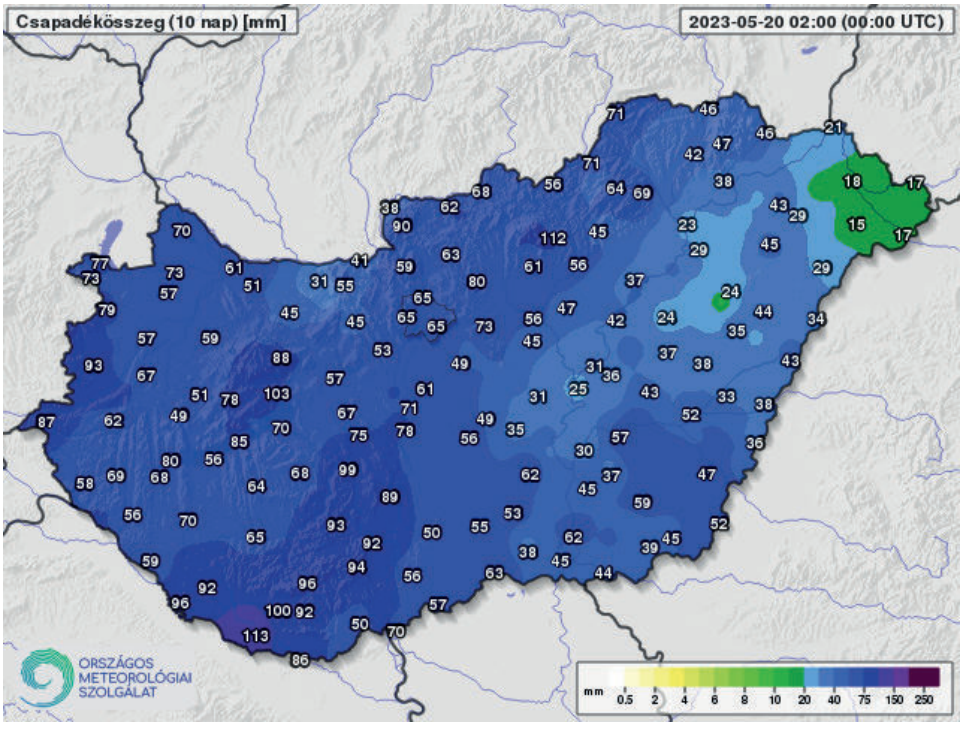
Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila Viktor
Országos Meteorológiai Szolgálat, molnar.zs@met.hu

Változékony, szeszélyes, igazi tavaszi időjárás jellemezte az idei tavaszt. Az elmúlt évektől eltérően csapadékból nem volt hiány, azonban a fagyos hajnalok az idén is, akár tavaly és tavalyelőtt április végéig, veszélyeztették a gyümölcsösöket. Az átlaghőmérséklet összességében a sokéves átlag körül alakult, azonban az átlag jókora kilengéseket takart.

Szántóföldi növényeink jellemzően jól teleltek, és az idén is viszonylag hamar fejlődésnek indultak, ahogy a korai gyümölcsfák rügyei is már februárban megpattantak. A tél azonban nem adta könnyen magát, a vegetáció túl korai fejlődését március első felében még több hullámban érkező hideg légtömegek fogták vissza. A hideget hozó időjárási frontok a legtöbb helyen megöntözték a talajt is, az északnyugati tájak maradtak ki sokáig a márciusi csapadékból. Ezzel együtt a hónap közepén szép, meleg tavaszi napok is előfordultak, mikor jól lehetett haladni a mezőgazdasági munkákkal. Március utolsó hetében hideg, sarkvidéki levegő okozott erősen fagyos hajnalokat, amelyben a már virágzó csonthéjasok, elsősorban a kajszi szenvedett védekezés nélkül fagykárokat (*1. ábra*). A március összességében az átlagosnál 1–2 fokkal melegebben, és az ország nagy részén csapadékosabban alakult. Az április is rendkívül szeszélyes idővel kezdődött. Előbb a délies áramlással érkező meleg légtömegben 20 fok fölötti maximumhőmérsékletek alakultak ki. Ezt követőn erős szél kíséretében ismét igen hideg, sarkvidéki eredetű légtömeg árasztotta el térségünket, így -5 fok körüli fagyok okoztak újabb károkat a gyümölcsösökben, a Nyírségben több centiméteres hótakaró is kialakult. A hőmérséklet csak lassan emelkedett a hónap első felében, és csak április közepétől érte el tartósan a kukorica vetéséhez szükséges 10 fokot. A csapadékkal azonban nem volt gond, inkább a sáros felszín okozott problémát az így is késést szenvedett vetésnél. Változékony idő jellemezte a hónap további részét is, szárazabb és esős periódusok váltakoztak, és a hőmérséklet is elég tág határok közt mozgott, a napi hőingás elérte a 15–20 fokot. Gyenge fagyok még a hónap végén is előfordultak, amikor a legtöbb gyümölcs már túl volt a virágzáson, és a hideg a terméskezdeményt is veszélyeztette. A gyümölcsösök az idén nem csak a március végi és áprilisi fagyokat szenvedték meg, a gyakran csapadékos időjárás a beporzásnak sem kedvezett, növényvédelem nélkül pedig alig maradt a fákon gyümölcs a súlyos gombás megbetegedések miatt. Április végén a talaj jellemzően kellő mennyiségű nedvességet tartalmazott a kukorica és a napraforgó csirázásához, majd keléséhez, de május elején az egyre emelkedő hőmérsékletek mellett az Alföldön

1. ábra. A kajszi megbarnult sziromlevelei jelzik a fagyást Miskolc térségében 2023. március 29-én (fotó: Kovács Attila).

hamar kiszáradt a felső talajréteg. Az aranyat érő májusi esőket a hónap második dekádjában mediterrán ciklonok sorozata szállította (*2. ábra*). A bőséges csapadék igen jókor jött. A repce a becőképződés, az őszi kalászosok pedig a kalászhányás-virágzás fázisában egyaránt sok nedvességet igényelnek, ugyanakkor a sűrű állományokban a május közepi tartós levélnedvesség miatt a kórokozók is gyorsan szaporodtak. A nyári növények korai fejlődéséhez is szükség volt az esőkre, a kukorica és a napraforgó is szépen fejlődött, de a gyomok számára is kedvezőek voltak a körülmények. A csapadék után a hónap harmadik harmadában a meleg is megérkezett, a kora nyárias időben optimális körülmények közt fejlődött a vegetáció. Tavasz végére a középső és mélyebb talajrétegek jellemzően jó vízellátottságúak voltak, a fél-egy méter közötti réteg közel telített állapota jó nedvességtartaléknak ígérkezett a nyári növények számára egy esetleges nyári aszály során. Az április elsejétől a kukoricára számolt hőösszeg az átlagosnál 2–3 fokkal hidegebb április, és a szintén gyakran hűvös május következtében, május végén is csak 200 és 300 foknap között alakult, ami a sokéves átlaghoz képest 30–80 foknapos elmaradást jelentett, vagyis a növények fenológiai fázisai szűk egy héttel később következtek be a szokásosnál.



2. ábra. 10 napos csapadékösszeg 2023. május 20-ig (mm).

Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

Megjelent a pán-európai Integrált Szén-dioxid-figyelő Rendszer 2023. évi bulletinje

A pán-európai Integrált Szén-dioxid-figyelő Rendszer (Integrated Carbon Observation System – ICOS) 2015-ben Európai Kutatási Infrastruktúra konzorciumként jött létre, és alapvető célja az éghajlati kutatások támogatása, a légkör üvegházgáz tartalmának nyomon követése, az ezt alakító folyamatok feltárása, a légkör és a bioszféra, illetve a légkör és az óceánok közötti anyagáramok, fluxusok vizsgálata. 2022 óta évenként, közérthető bulletinben számol be a fontosabb tudományos eredményekről. A FLUXES – The European Greenhouse Gas Bulletin elsősorban a döntéshozókat és a médiát célozza, de haszonnal forgathatja minden éghajlatváltozási kérdések iránt érdeklődő olvasó is. 2023. évi számának (Nature-based solutions for net zero might help – but they won't save us) fókuszában az a kérdés áll, vajon a nettó zéró kibocsátás eléréséhez mennyire támaszkodhatunk a természetes nyelőkre, mekkora a kapacitásuk, mennyire sérülékenyek? A bulletin elolvasható, illetve letölthető az ICOS honlapjáról: https://www.icos-cp.eu/event/1325

A WMO európai régiója új vezetőket választott

2023.05.23. ■ A Meteorológiai Világszervezet 19. Kongresszusának második napján, 2023. május 23-án a Meteorológiai Világszervezet VI. régiója (WMO RA VI: Európa, Közel-Kelet és Kaukázus térsége) rendkívüli ülést tartott, hogy megválassza vezető tisztségviselőit. Az ülésen egyhangúlag elnökké választották dr. Elena Mateescut, a WMO romániai állandó képviselőjét és a Román Meteorológiai Szolgálat elnökét, alelnöknek pedig Mark Reidert, a Cseh köztársaság állandó képviselőjét nevezték ki. Az új vezetők hivatali ideje a rendkívüli ülés végétől a következő rendes ülés befejezéséig tart, amelyen a WMO Általános Rendelkezéseinek 10. pontjának megfelelően újra sor kerül a tisztségviselők megválasztására. A WMO VI. régiója az újonnan megválasztott, elhivatott vezetőkkel az élen néz szembe a következő időszak kihívásaival, és folytatja a régió vízügyi, időjárási, éghajlati és ezekkel kapcsolatos feladatainak megoldását.

A WMO VI-os régiójának munkáját segíti a Meteorológiai Világszervezet szervezeti és fejlesztési osztályának részeként működő WMO Európai Iroda. A Regionális Iroda biztosítja a WMO hosszútávú céljainak és stratégiai célkitűzéseinek eléréséhez szükséges hátteret az RA VI tagállamok fenntartható meteorológiai és hidrológiai működtetésének és fejlődésének érdekében. Az Európai Iroda központja a WMO székházban, Genfben található, a Délkelet-Európai Iroda pedig Zágrábban. Az Európai Irodát 2023. február óta az OMSZ volt elnöke, dr. Radics Kornélia irányítja, aki az ötödik magyar nemzetiségű WMO alkalmazott. Az Európai Iroda további munkatársai: Milan Dacic, a WMO európai képviselője; Natalia Berghi, programfelelős és Sari Lappi, projektkoordinátor.

Múzeumok Éjszakája az Országos Meteorológiai Szolgálatnál – ThermoTÚRA

2023.06.24. ■ Az idén huszonegyedik alkalommal megrendezett Múzeumok Éjszakáján, az előző évekhez hasonlóan az Országos Meteorológiai Szolgálat is kitárta kapuit a látogatók előtt. Szent Iván éjjelén, az év legrövidebb éjszakáján, a budai főépületben és pestszentlőrinci Marczell György Főobszervatóriumban is érdekes, tematikus programokkal vártuk a meteorológia iránt érdeklődőket. Több száz látogató ismerkedhetett meg közelebbről a meteorológia világával, ezen belül az egyik „legnépszerűbb" elemmel, a hőmérséklettel. A budai főépületben a meteorológia egyes szakterületei mutatták be a hőmérséklethez kapcsolódóan a tevékenységüket. Természetesen az OMSZ TV-Stúdió látogatása idén sem maradhatott el. A vállalkozó kedvűek időjárás-jelentőként próbálták ki magukat. Igen nagy érdeklődés övezte öt munkatársunk előadását, melyek a hőmérsékletre fókuszálva mutatták be a csapadékképződés, légszennyezés, éghajlat, valamint a humán-és repülésmeteorológia témakörét.
Pestszentlőrincen a főobszervatóriumban sem unatkoztak a látogatók. Az Ambrózy Pál tanösvény bejárása során vendégeink megismerhették a hagyományos meteorológiai műszerkertet, ízelítőt kaptak a kalibráló laboratóriumban folyó munkáról, és három alkalommal magaslégköri szondát is felengedtek.
Találkozzunk jövőre is!

55. Kékszalag vitorlásverseny

2023.07.06. ■ Az 55. balatoni Kékszalag vitorlásverseny 2023. július 6-8. között került megrendezésre. A rendezvény alatt az OMSZ folyamatos és részletes tájékoztatást nyújtott az aktuális és a várható időjárásról. Az év legkiemelkedőbb balatoni versenyének ideje alatt a siófoki obszervatórium előrejelző szakembere által speciálisan a Balaton térségére készített szöveges előrejelzés került a vitorlásversenyt meteorológiai információkkal támogató oldalra. A naponta négyszer készített 36 órás szélelőrejelzés is segítette a vitorlázás szerelmeseit, és minden más érdeklődőt.
A Meteora mobil alkalmazás használatával könnyen tájékozódhattunk az aktuális balatoni viharjelzés állapotáról és a 10 percenként frissülő szélelőrejelzést is figyelemmel kísérhettük. A versenyen remek szél fogadta a résztvevőket, amelynek köszönhetően új rekorddal, s a Fifty-fifty győzelmével zárult az idei Balaton kerülő megmérettetés, ahol a 48 órás szintidőt mindenki teljesíteni tudta, aki végigment a pályán.

2023. július 1-től Szanka Gábor az OMSZ új elnöke

2023.07.01. ■ Lantos Csaba energiaügyi miniszter 2023. július elsejétől Szanka Gábort nevezte ki az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) vezetőjének. A jelenlegi időszak egyik legnagyobb kihívása az ország energetikai rendszerének átalakítása és ezzel összefüggésben a klímaváltozással kapcsolatos jelenségek kezelése. Az OMSZ-nek megkerülhetetlen szerepe és feladata van az energiasemlegességi törekvések, valamint a fosszilis alapúról áram alapúra átálló energiatermelésben az időjárásfüggő megújuló energiák támogatásában, ezért a jövőben a szervezet tevékenysége tudományos és klímakutatási feladatokkal bővül. A kormány célja, hogy az OMSZ olyan korszerű és versenyképes szervezetté váljon, amely a dinamikusan változó kapacitásigényekhez igazodó struktúrájával megfelel az állam és az ügyfelek (energiaszektor, közlekedés, agrárium) által támasztott elvárásoknak. Szanka Gábor villamosmérnök és közgazdász, több mint 18 éves felsővezetői és tanácsadói tapasztalattal rendelkezik pénzügyi, infokommunikációs és energetikai területen. Az új vezető elsődleges céljai közé tartozik, hogy az intézménynél fókuszba kerüljön a levegőtisztaság védelme és javuljon a meteorológiai előrejelzések pontossága, ami az időjáráshoz köthető eseményekre való felkészülésen túl a GDP növekedéséhez is hozzájárul a mezőgazdaságban, az energiaiparban, a közlekedésben és a turizmusban. (Forrás: Energiaügyi Minisztárium)

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Elismerések átadása és új Ifjúsági díj bevezetése az MMT 2023. májusi közgyűlésén

A Magyar Meteorológiai Társaság 2023. május 18-án tartotta a szokásos májusi közgyűlését az OMSZ dísztermében. Tudományos előadással kezdődött az esemény: Konkolyné Bihari Zita, akit az MMT 2023-ban Hegyfoky Kabos emlékéremmel tüntetett ki, „Interpoláció az OMSZ-ban a '90-es évektől napjainkig" címmel tartott érdekes, múltidéző előadást. Ezután Ihász István, a Társaság tudományos titkára ismertette a díjbizottságok által a különböző díjakra jelölt személyeket.

Steiner Lajos Emlékéremet kapott **Fejes Edina** (OMSZ), a Társaságban hosszú időn át végzett közéleti tevékenységéért, valamint az OMSZ munkatársaként a megbízható és példamutató előrejelző és szolgáltatói tevékenységéért; a meteorológia népszerűsítése és a szakmai kapcsolatok kiépítése terén önzetlenül végzett szorgalmas és áldozatos munkájáért.

Hegyfoky Kabos Emlékéremben részesült **Konkolyné Bihari Zita** (OMSZ) a Társaságban hosszú időn át végzett közéleti tevékenységéért, valamint az OMSZ munkatársaként a megbízható és példamutató éghajlati kutatói és szolgáltatói tevékenységéért; a hazai és nemzetközi szakmai kapcsolatok kiépítése terén önzetlenül végzett szorgalmas és áldozatos munkájáért.

Szakirodalmi Nívódíjat az alábbi mű szerzői nyertek: **Bihari Z.** (fejezetszerk.), Babolcsai Gy., Bartholy J., Ferenczi Z., Gerhátné Kerényi J., Haszpra L., Homokiné Ujváry K., Kovács T., Lakatos M., Németh Á., Pongrácz R., Putsay M., Szabó P., Szépszó G. (2018): V. Éghajlat. In: Kocsis K. (főszerk.) (2018). Magyarország nemzeti atlasza: Természeti környezet. Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet, Budapest. 58-69, ISBN 978-963-9545-56-4.

A 2022. évi MMT díjak átadásán készült csoportkép: Izsák Beatrix, Varga Ákos, Konkolyné Bihari Zita, dr. Lakatos Mónika (elnök), Kovács Attila

Berényi Emlékdíjat kapott **Barcza Zoltán** (ELTE) a biogeokémiai modellezés, az eddy-kovariancia méréstechnika és a vegetáció szénháztartásának meghatározása területén elért tudományos eredményei, kiemelkedő publikációs tevékenysége és kiváló oktató-nevelő munkájának elismeréseként.

Götz Gusztáv díjjal az alábbi cikkek szerzőit ismerte el a Társaság:

- **Izsák Beatrix** (OMSZ): Izsák, B.; Szentimrey, T.; Lakatos, M.; Pongrácz, R. ,2022: Extreme Months: Multidimensional Studies in the Carpathian Basin. Atmosphere 13, 1908. https://doi.org/10.3390/atmos13111908
- **Varga Ákos** (ELTE) Varga, Á. J., Breuer, H., 2022: Evaluation of convective parameters derived from pressure level and native ERA5 data and different resolution WRF climate simulations over Central Europe. Climate Dynamics, 58(5), 1569–1585. https://doi.org/10.1007/s00382-021-05979-3
- **Kristóf Erzsébet** (ELTE) Kristóf, E.; Hollós, R.; Barcza, Z.; Pongrácz, R.; Bartholy, J., 2021: Receiver Operating Characteristic Curve Analysis-Based Evaluation of GCMs Concerning Atmospheric Teleconnections. Atmosphere 12, 1236. https://doi.org/10.3390/atmos12101236
- **Tóth Helga** (OMSZ) Tóth, H.; Szintai, B. 2021: Assimilation of Leaf Area Index and Soil Water Index from Satellite Observations in a Land Surface Model in Hungary. Atmosphere 12, 944. https://doi.org/10.3390/atmos12080944

A **Róna Alapítvány díjára Kovács Attila** (Szegedi Egyetem) volt érdemes sikeres kutatói és oktatói tevékenységéért, a Magyar Meteorológiai Társaság Szegedi csoportjában való aktív részvételéért. A Közgyűlés egyik fő napirendi pontjaként Breuer Hajnalka beszámolt a Társaság tagsági és pénzügyi helyzetéről. A tagság helyzetét év végén felülvizsgálta a Társaság. A több éve nem fizető tagokat megfelelő felszólítás után töröltük. Az MMT-nek a tagnyilvántartás szerint jelenleg 320 tagja van. 2023-tól emelkedett a tagdíj: a normál tagdíj 5000 Ft/fő, a kedvezményes – 25 év alatt és 65 év felett 2500 Ft/fő. Az MMT jogi tagjai: a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálata, az Időkép Kft., a NEFELA Dél-Magyarországi Jégesőelhárítási Egyesülés, a BOREAS Fejlesztő és Szolgáltató Kft. és a Mouldtech Kft. Az MH GEOSZ néhány hónappal ezelőtt megszűnt, de reméljük, hogy utódszervezetével továbbra is folytatódik az együttműködés. A főtitkár beszámolt a szakosztályok és területi csoportok munkájáról: 2022-ben a szakosztályok és területi csoportok

Beszámolót tart dr. Breuer Hajnalka az MMT főtitkára.

összesen 18 előadóülést szerveztek, 37 előadás hangzott el. 2023-ban eddig 12 előadóülés került megrendezésre.

Kiemelt események 2023 első felében:

- február 23. – Kocsmakvíz: egy jó hangulatú játékos vetélkedőt szerveztünk az érdeklődőknek, amivel főként a fiatalabb tagtársakat és kollégákat sikerült megszólítani, a résztvevőknek kb. fele volt MMT tag. Tóth Tamásnak köszönjük a játékvezetést.
- március 15. – Kirándulás a Pilisben Mészáros Róbert vezetésével.
- április 15. – Szőlő és Klíma Konferencia: Az eseménynek Kőszeg városa adott otthont, a szervezését a Szombathelyi Csoport végezte.
- április 22. – Ferencváros Föld Napja rendezvénye: főként gyermekek, fiatalok számára szervezett esemény volt, melyen a szervezők felkérésére standdal vettünk részt.
- május 8. – Ünnepi előadóülés Prof. Dr. Zbigniew Ustrnul tiszteleti taggá választása alkalmából.

Az MMT rendszeresen támogatja különféle versenyek, vetélkedők megrendezését. Díjakat ajánlottunk fel az Országos Tudományos Diákköri Konferencia Fizika, Földtudományok és Matematika Szekciója számára. A II. Föcik Kárpát-medencei Földrajzi- és Földtudományi Versenyen a kérdések összeállításában is részt vettünk és díjakat ajánlottunk fel. Túrkevén a helyi polgármester kezdeményezésére Hegyfoky Kabos születésének 175. évfordulója alkalmából egy vetélkedőt szerveztünk helyi iskolások számára, a vetélkedő eredményhirdetésén Lakatos Mónika és Breuer Hajnalka képviselték társaságunkat.

Az elmúlt év során sikerült a médiacsatornákat is élénkíteni és bővíteni: a legtöbb előadóülés ma már online módon is követhető, így a vidéki tagtársak aktívabban be tudnak kapcsolódni a szakosztályok munkájába. A rögzített előadások később is elérhetők a Társaság Youtube csatornáján. Aktívan jelen vagyunk a közösségi médiafelületeken is.

A Választmány az alábbi tagtársak tiszteleti taggá nyilvánítására tett javaslatot: **Dunkel Zoltán, Haszpra László, Práger Tamás, Tasnádi Péter**. A közgyűlés mind a négy jelölt tiszteleti taggá nyilvánítását egyhangúlag megszavazta.

Ezt követően Breuer Hajnalka röviden ismertette a közgyűlési meghívóval együtt kiküldött választási szabályzat szükségességét. A korábbi szabályzatok szerint nem volt lehetőség arra, hogy a Választmány két betöltetlen pozíciójába időközi választás keretében új tagokat válasszunk, ezért volt szükség a Választási szabályzat megalkotására. Az új szabályzat szerint a választmányba lehetőség van 6 fő tagot + 2 póttagot választani. A közgyűlés a Választási szabályzatot egyhangúlag megszavazta. Két választmányi tag (**Kolláthné Tóth Helga** és **Darányi Marianna**), illetve két póttag (**Pongrácz Rita** és **Tuba Zoltán**) megválasztásra kerül sor.

A Magyar Meteorológiai Társaság (MMT) fontos feladatának tartja a fejlesztési eredmények, továbbá az új innovációs ötletek megvalósításának elősegítését. Ezért a Magyar Meteorológiai Társaság Választmánya a 2023. március 21-i ülésén új pályázat kiírásáról döntött.

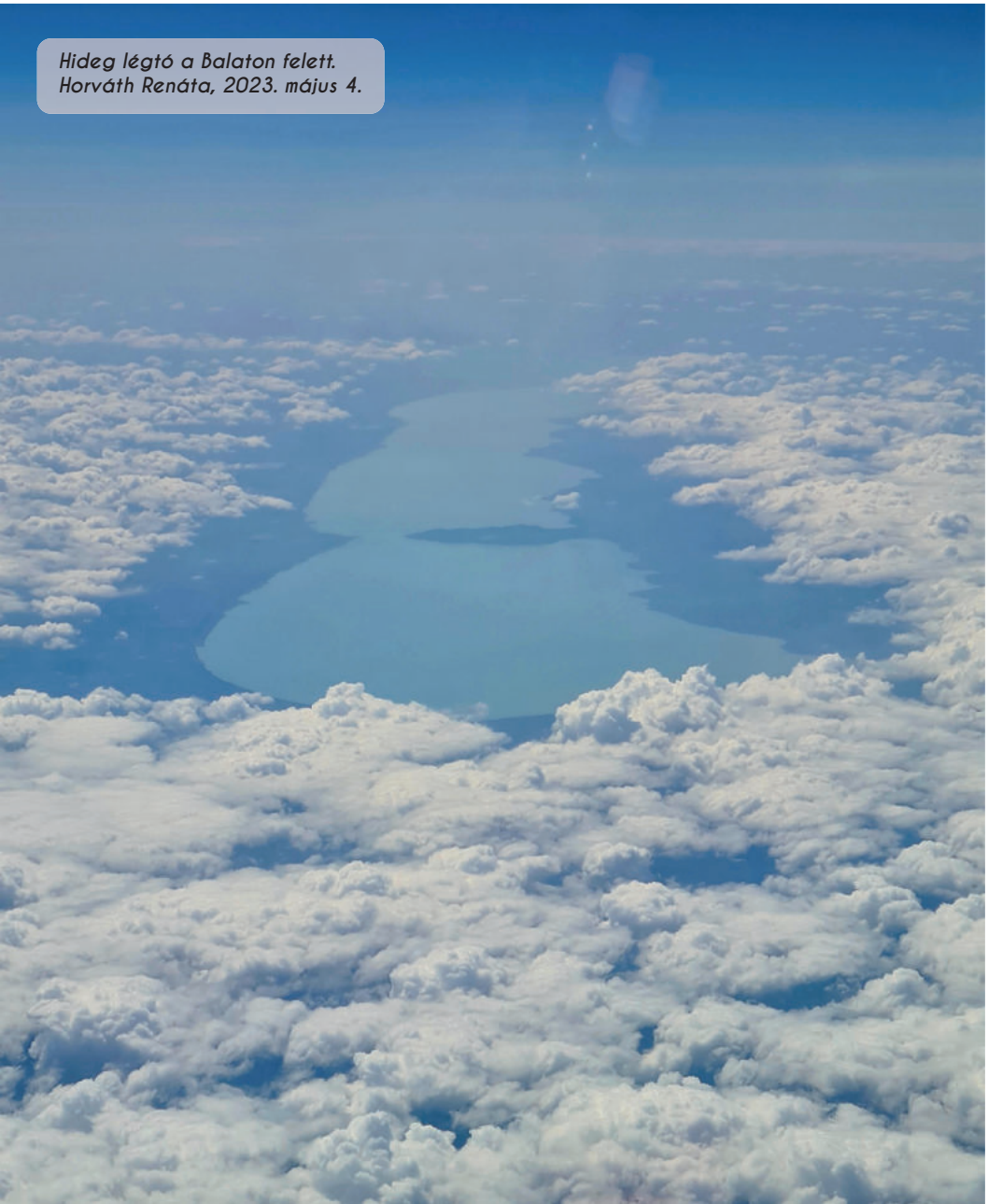
A Választmány tiszteleti taggá választotta dr. Haszpra Lászlót.

Az **Ifjú Fejlesztő Meteorológus Díj** pályázaton fiatal Tagtársaink nyújthatnak be pályázatot az alábbi feltételek szerint:

- 35 év alatti életkor. A kiskorú gyermeket nevelő pályázó esetében a pályázati korhatár gyermekenként két évvel megemelkedik, ha a pályázó igazolja, hogy a pályázat benyújtását megelőzően a családok támogatásáról szóló 1998. évi LXXXIV. törvény szerinti gyermekgondozási támogatásban részesült vagy a gyermek gondozása céljából a kötelező egészségbiztosítás ellátásairól szóló 1997. évi LXXXIII. törvény szerint az egészségbiztosítás pénzbeli ellátásában részesült, ide nem értve a táppénzt;
- legalább 3 éve tagja a Magyar Meteorológiai Társaságnak, s nincs tagdíjhátraléka;
- amennyiben közös fejlesztésről van szó, feltétel, hogy a pályázatot benyújtó személyhez legyen köthető a munka legalább 75%-a.

A díj összege nettó 120 000 Ft. Az Ifjú Fejlesztő Meteorológus Díjat az MMT Választmánya ítéli oda. A tervek szerint kétévente hirdetjük meg a pályázatot. Egy-egy pályázó kétévente legfeljebb egy pályázatot adhat be. Az aktuális kiírás, melyre 2023 december 31-ig lehet pályázni, a társaság honlapján elérhető.

Sarki fény Salgó várából.
Kövesligeti István, 2023. április 23.



Hideg légtó a Balaton felett.
Horváth Renáta, 2023. május 4.

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

OKTÓBER 31-IG VIHARJELZÉS A TAVAINKON

KÖVESSE A VIHARJELZÉST

A **WWW.MET.HU/IDOJARAS/TAVAINK** OLDALON.

TÖLTSE BIZTONSÁGOSAN IDEJÉT A BALATONON,
A VELENCEI-TAVON ÉS A TISZA-TAVON!

MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
MMT
ALAPÍTVA 1925

Magyar Meteorológiai Társaság

A Társaság várja tagjai közé mindazokat, akik érdeklődnek a meteorológia iránt, részt kívánnak venni a Társaság rendezvényein, szívesen bekapcsolódnának tevékenységébe.

www.mettars.hu

METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ÉS ÉRDEKESSÉGEK

ELŐREJELZÉS

AKTUÁLIS, MÉRT ADATOK

ÉGHAJLAT

VESZÉLYJELZÉS, RIASZTÁS

LÉGSZENNYEZETTSÉG

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

www.met.hu

Minden információ egy helyen az időjárásról és a meteorológiáról

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT