

# LÉGKÖR

67. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

**METÁN A LÉGKÖRBEN**

**A BÓRÁTÓL A LEJTŐVIHARIG**

**AGROMETEOROLÓGIAI  
SZOLGÁLTATÁSOK AZ OMSZ-NÁL**

**70 ÉVES A MARCZELL GYÖRGY  
FŐBSZERVATÓRIUM**

**MÁRCIUS 23. A METEOROLÓGIA  
VILÁGNAPJA**

2022. JÚNIUS



*Peremfelhővel érkező hidegfront. Géczy Roland, MET-ÉSZ, Szigetszentmárton, 2022. április 9.*



*Küllős szivárvány, háttérben a Mátra vonulataival. Lucza Zsolt, MET-ÉSZ, Palotás, 2022. április 24.*

# LÉGKÖR

67. évfolyam 2. szám  
2022. június

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:  
Dr. Radics Kornélia  
az OMSZ elnöke

Készült:  
PREMIER Nyomda

Felelős vezető:  
Király Attila

ISSN 0133-3666

Készült 600 példányban

Éves előfizetési díja:  
3000 Ft

Megrendelhető a [legkor@met.hu](mailto:legkor@met.hu) címen.



Főszerkesztő: Fejes Edina

Főszerkesztő-helyettes: Tóth Róbert

## SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

ELNÖK:  
Haszpra László

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

Olvasószerkesztő: Szabó Bernadett

Tervezőszerkesztő, grafikus: Szabó Dorottya

**HASZPRA LÁSZLÓ:** Metán a légkörben: kockázatok és lehetőségek  
*Atmospheric methane: risks and opportunities* 70

**KURCSICS MÁTÉ, HORVÁTH ÁKOS:** Az adriai bórától a bakonyi  
lejtőviharig 77  
*From Adriatic bora to Bakony-Balaton downslope wind*

**KOVÁCS ATTILA VIKTOR:** Agrometeorológiai szolgáltatások  
az OMSZ honlapján 90  
*Agrometeorological services on the OMSZ website*

**TÓTH RÓBERT:** 70 éves a Marczell György Főobszervatórium  
*Marczell György Main Observatory is 70* 99

**FEJES EDINA:** Meteorológiai Világnap - 2022. március 23. 107

**BOZÓ LÁSZLÓ:** Könyvajánló: Ginger Strand: A Vonnegut  
testvérek - Tudomány és fantasztikum a Varázsházban 111

**KISLEXIKON** 112

**MARTON ANNAMÁRIA:** 2022 tavaszának időjárása 113

**HÍREK** 118

**CÍMLAPON:** Göncz Bertalan: Csend (Balatonakarattya)



# Metán a légkörben: kockázatok és lehetőségek

**Haszpra László**

Atommagkutató Intézet, Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, haszpra.l@gmail.com

DOI: 10.56474/légkor.2022.2.1

A légköri metánkoncentráció jelenlegi felgyorsult növekedési ütemének pontos okát egyelőre nem ismerjük. Amennyiben a növekedés meghatározó részét a már bekövetkezett éghajlat-változás kelti a természetes metánforrások kibocsátásának növelésével, az megkérdőjelezheti a kitűzött éghajlatvédelmi célok elérhetőségét. A metán kémiai tulajdonságai miatt a légköri koncentráció a kibocsátáscsökkentésre viszonylag gyorsan reagálna. Egyes ipari szektorokban jelenleg is ismertek azok a műszaki megoldások, amelyekkel gazdaságosan csökkenteni lehetne a metánkibocsátást. Az ennek nyomán csökkenő metánkoncentráció 2050-ig 0,1–0,3 °C-kal mérsékelhetné a várható felmelegedést, ezzel több időt biztosítva a még nem kiforrott kibocsátáscsökkentési technológiák bevezetésére a kitűzött éghajlatvédelmi célok veszélyeztetése nélkül.

## Atmospheric methane: risk and opportunities

The exact cause of the current accelerated increase in atmospheric methane concentration is not known yet. If the bulk of the increase is due to the increasing emissions from natural sources triggered by the climate change that already occurred, it could question the achievability of the climate protection targets. Due to the chemical properties of methane, its atmospheric concentration would respond relatively rapidly to emission reductions. In some industrial sectors, technical solutions for economical reduction of methane emissions are already known. The resulting reduction in methane concentration could reduce the projected warming by 0.1–0.3 °C by 2050, allowing more time for the introduction of presently immature abatement technologies without compromising climate protection targets

## Bevezetés

Az emberi tevékenység által közvetlenül befolyásolt üvegházhatású gázok között, az energia-mérlegre gyakorolt hatás alapján, a metán (CH<sub>4</sub>) a második legfontosabb. A szén-dioxid kibocsátás remélt csökkenése mellett relatív jelentősége

a jövőben várhatóan nő, miközben forrásait, nyelőit, a légköri mennyiségét szabályzó folyamatokat, ezek éghajlati érzékenységét számos más üvegházhatású gázhoz képest egyelőre aggasztóan kevésbé ismerjük. Mindez alapvetően csak a kutatókat foglalkoztatta a közvetlen közelmúltig, mígnem az éghajlatpolitika is felfedezte magának a metánt, a benne rejlő éghajlatvédelmi lehetőségeket.

**Kockázatok**

A légkörbe kerülő metán meghatározó része a szerves anyagok anaerob bomlása révén keletkezik. Ez a folyamat a természetben elsősorban a mocsaras, lápos, tőzeges, szerves anyagokban gazdag vizenyős területeken zajlik (1. táblázat).

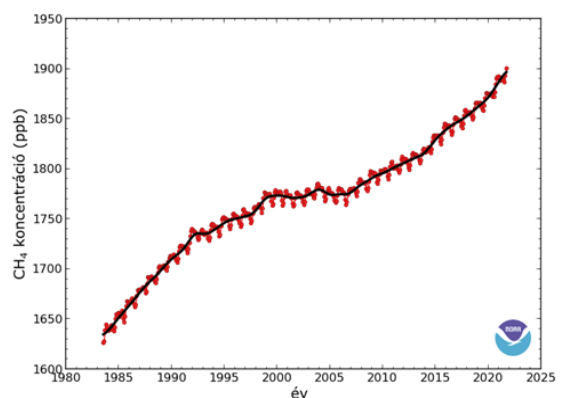
<b>Természetes források</b>		
lápos, mocsaras területek	181	(159-200)
egyéb források (édesvízi területek, állatok, rovarok, óceán, permafroszt talaj, geológiai források)	37	(21-50)
<b>Természetes források összesen</b>	<b>218</b>	<b>(183-248)</b>
<b>Antropogén források</b>		
állattenyésztés	111	(106-116)
hulladékkezelés	65	(60-69)
rizstermelés	30	(25-38)
szénbányászat	42	(29-61)
olaj- és gázipar/elosztás	80	(68-92)
egyéb ipar, közlekedés	7	(1-19)
biomassza égetés	30	(22-36)
<b>Antropogén források összesen</b>	<b>365</b>	<b>(349-393)</b>
<b>Természetes és antropogén források összesen</b>	<b>583</b>	<b>(550-594)</b>
<b>Nyelők</b>		
kémiai reakciók	518	(474-532)
talaj	38	(27-45)
<b>Nyelők összesen</b>	<b>556</b>	<b>(501-574)</b>
<b>Források mínusz nyelők (mért)</b>	<b>18,2</b>	<b>(17,3-19,0)</b>

1. táblázat. A légköri metán forrásainak és nyelőinek becsült éves hozama a 2008-2017 közötti időszakban, az értékek bizonytalansági tartománya, valamint a források és nyelők hozamának különbségeként a légkörben maradó, közvetlenül mérhető anyagmennyiség Mt/év mértékegységben Sauniois és munkatársai (2020) munkája nyomán. A forrás- és nyelőhozamokból becsülhető légkörben maradó hányad a becslések bizonytalansága miatt nem egyezik meg a közvetlen légköri mérések által kimutatott hányaddal.

Metán emberi tevékenység révén is kerül a légkörbe, ugyancsak elsősorban biológiai folyamatok révén. Ezen kategórián belül a legnagyobb tételt

az állattenyésztés jelenti. Fontos forrás a szennyvíz és a szilárd szerves hulladék bomlása is. A rizsföldeken a mocsarakéhoz hasonló folyamatok zajlanak. A fosszilis tüzelőanyagokhoz kapcsolódó kibocsátás, a szénbányászat, az olaj- és gázipari tevékenység, a fosszilis tüzelőanyagok szállítása és tökéletlen égetése során a levegőbe kerülő metán-mennyisége megközelíti az élelmiszer-termelés kibocsátását. A légköri metán csekély részét a talajlakó metanotróf baktériumok veszik fel, oxidálják, döntő részét azonban a kémiai folyamatok távolítják el a légkörből. A források és a nyelők hozamának különbsége adja azt a mennyiséget, amellyel a légkör metán-tartalma változik. Ezt a légköri mérőállomások meglehetősen nagy pontossággal tudják mérni, miközben az egyes források és nyelők hozamára vonatkozó becslések eléggé bizonytalanok.

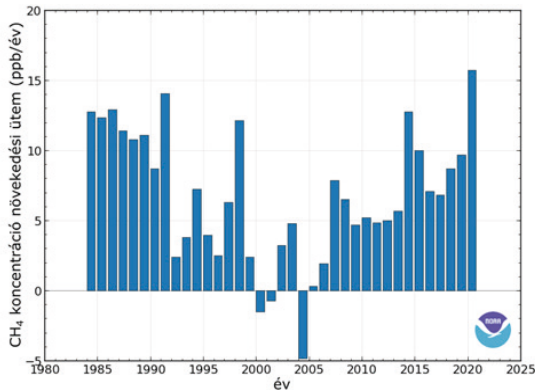
A legutóbbi jégkorszak lezárultát követő holocén időszak közepétől az ipari forradalom kezdetéig a metán koncentrációja, szakszerűben a száraz levegőre vonatkozó térfogataránya kb. 550 ppb-ről 720 ppb-re\* emelkedett (Flückiger et al., 2002; WMO, 2021). Innentől viszont a gyorsan növekvő létszámú emberiség élelmiszerigénye és az ipari fejlődés következtében egyre gyorsuló növekedésnek indult. Közvetlen légköri koncentráció-mérések nagyobb számban az 1980-as évek elejétől állnak rendelkezésünkre, amikor a légköri metánmennyiség az ipari



1. ábra. A metán globális légköri átlagkoncentrációja a NOAA mérései alapján. (Forrás: Ed Dlugokencky, NOAA/GML [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/))

\* 1 ppb = 10<sup>-9</sup> térfogatrész

forradalom kezdete előtti időkhöz képest már bőven megduplázódott, koncentrációja meghaladta az 1600 ppb-t (1. ábra). Az 1980-as évek elején a koncentráció évenként 10 ppb-t meghaladó ütemben növekedett (2. ábra), ami azt jelentette, hogy mintegy 30-35 Mt-val (1 Mt = 1 millió tonna) több metán került évente a levegőbe, mint amennyi onnan távozni tudott.



2. ábra. A metán globális légköri átlagkoncentrációjának növekedési üteme a NOAA mérései alapján. (Forrás: Ed Dlugokencky, NOAA/GML [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/))

A növekedési ütem azonban fokozatosan lelassult, az 1990-es évek közepére lényegében stabilizálódott a koncentráció. Úgy tűnt, hogy a természeténél fogva koncentráció-függő kémiai nyelő a koncentráció növekedésével végül egyensúlyba került az ez idő tájt a kelet-európai országok gazdasági megroppanásának is köszönhetően feltételezhetően megtorpanó antropogén kibocsátással. A források és a nyelők hozamára vonatkozó becslések nagyfokú bizonytalansága miatt tudományosan megalapozott álláspontot nem lehetett kialakítani az okokról. Éghajlatvédelmi szempontból azonban megnyugtató volt azt hinni, hogy ha a szén-dioxid koncentráció növekedését nem is sikerült megállítani, legalább a metáné megállt. Mintegy egy évtized elmúltával azonban, 2006–2007-től fogva újraindult a metánkoncentráció emelkedése, és egyre gyorsuló ütemmel a 2010-es évek második felére már ismét 10 ppm/év közeli növekedést tapasztaltunk. A mérések kezdete óta éppen 2020-ban mértük a legmagasabbat, miközben a fosszilis tüzelőanyagok ipari és

közlekedési felhasználásának a világszerte miatti átmeneti csökkenése alapján inkább némi visszaesésre számítottunk. A növekedés gyors ütemű újraindulásának nem ismerjük az okát, csak feltételezéseink vannak. Márpedig, ha nem tudjuk, hogy miért történik az, ami történik, akkor aligha tudunk megalapozott előrejelzéseket készíteni, és felkészülni a várható következményekre.

A forrás- és nyelőhozamokra vonatkozó becslések jelentős bizonytalansága miatt a köztük 2020-ra kialakult több mint 40 Mt/év-es különbség eredetét nem lehet közvetlenül beazonosítani. (Körülbelül 2,8 Mt metán okoz 1 ppb koncentráció-változást a légkörben — *Fung et al.*, 1991). A fosszilis tüzelőanyagoknak az emelkedő szén-dioxid koncentrációban is tükröződő növekvő felhasználása indokolhatná a metánkoncentráció emelkedését is, az izotóp-összetétel adatok azonban ezt nem igazán támasztják alá. A fosszilis tüzelőanyagokból származó metán nagyobb arányban tartalmaz 13-as tömegszámú szénizotópot ( $^{13}\text{C}$ ), mint a biológiai folyamatokból (anaerob bomlás) származó. Ennek megfelelően az intenzív iparosodás kezdetétől a közelmúltig a légköri  $^{13}\text{CH}_4/^{12}\text{CH}_4$  arány emelkedő tendenciát mutatott (*Ferretti et al.*, 2005). Ehhez a fosszilis tüzelőanyagok növekvő felhasználása mellett hozzájárult a biomassza égetése is, amely ugyancsak magasabb  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  arányú metánt juttat a levegőbe. A 2000-es évek elején a  $^{13}\text{CH}_4$  arány növekedés megállt, azóta folyamatosan csökken. Alacsony  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  arányú metán azokban az anaerob folyamatokban keletkezik, amelyek a mocsaras területeken vagy a rizsföldeken, illetve a kérődzők emésztőrendszerében zajlanak (*Sherwood et al.*, 2017). Hasonlóan alacsony az izotóparánya az olvadó permafrosztból, illetve a metán-hidráttól felszabaduló metánnak is. A nehezen megbecsülhető biomassza-égés/égetés esetleges csökkenése emelkedő fosszilis kibocsátás mellett is előidézhetette az izotóparány-trend előjelváltását. De ugyanez történik akkor is, ha az anaerob bomlásból származó metán mennyiség gyorsabban nő, mint a fosszilis eredetű. A metánkoncentráció emelkedését természetesen a nyelők gyengülése is előidézheti (*Rigby et al.*, 2017; *Turner et al.*, 2017). A metán fő

nyelője a hidroxil-gyökkel (OH) való reakciója. A hidroxil-gyökök légköri mennyiségét azonban számtalan folyamat befolyásolhatja a légkör UV-átbocsátó képességétől (pl. ózonnemesség, aeroszolmennyiség) számos más nyomanyag (szén-monoxid, ózon, nitrogén-oxidok, vízgőz stb.) mennyiségéig, miközben igen alacsony koncentrációja miatt közvetlenül gyakorlatilag nem mérhető. Az OH-gyök mennyiség reálisan feltételezhető változása azonban önmagában nem idézhet elő akkora változást az izotópösszetételben, mint amekkorát a mérések mutatnak.

A koncentráció-növekedés földrajzi eloszlása nem elsősorban az iparosított vagy sarkvidéki területek, inkább a trópusi, szubtrópusi területek növekvő metánkibocsátását sugallja (Nisbet *et al.*, 2019; Yin *et al.*, 2021). Nincs dokumentált jele annak, hogy a mezőgazdasági tevékenységben, rizstermesztésben, állattenyésztésben az elmúlt másfél-két évtizedben ugrásszerű változások következtek volna be itt. Valószínűbbnek tűnik inkább, hogy az észlelt koncentráció-növekedés mögött az egyes trópusi régiókban megnövekedett csapadékmennyiség miatti mocsarasodás áll. Az időszakosan mocsaras területek kiterjedése azonban még műholdról is nehezen követhető, e mocsarak metánkibocsátást meghatározó sajátosságairól pedig lényegében nincs adatunk.

Ha valóban a mocsarasodó területek – akár a trópusokon, akár később a sarkvidéki területeken – játsszák a meghatározó szerepet a metánkoncentráció növekedésében, az az emberi eredetű éghajlatváltozás egy igen aggasztó öngerjesztő folyamatára mutathat rá, ami önmagában is alááshatja a kitűzött éghajlatpolitikai célok elérhetőségét (Ganesan *et al.*, 2019; Cain *et al.*, 2022; Feng *et al.*, 2022; Nisbet *et al.*, 2022b). A tisztánlátáshoz sokkal több mérésre lenne szükség. A metánkoncentráció-mérések örvendetesen szaporodnak a világ fejlettebb országaiban. Sajnos, éppen a kritikus trópusi területek lefedetlenek, ezért ott az eseti expedíciós mérések mellett (Gondwe *et al.*, 2021; Stell *et al.*, 2021; Gauci *et al.*, 2022; Nisbet *et al.*, 2022a) mindenképpen folyamatos megfigyelésekre is szükség lenne. A kulcsfontosságú stabilizotóp-összetétel mérések ( $^{12}\text{CH}_4$ ,  $^{13}\text{CH}_4$ ) még meglehetősen ritkák

a világban, de Magyarországon már folytak ilyen mérések (Varga *et al.*, 2021). A legkritikusabb kérdés, hogy ténylegesen mekkora a fosszilis és a biológiai források hozzájárulásának az aránya a jelenlegi koncentráció-növekedésben? Ennek eldöntését szolgálhatná a szén 14-es tömegszámú, radioaktív izotópját tartalmazó metán ( $^{14}\text{CH}_4$ ) légköri mennyiségének mérése, mivel a fosszilis eredetű metán ezt a felső légkörben keletkező, gyorsan lebomló izotópot egyáltalán nem tartalmazza. Ilyen mérések azonban egyelőre csak elvétve folynak (Ganesan *et al.*, 2019; Graven *et al.*, 2019; Zazzeri *et al.*, 2021). Reméljük azonban, hogy Magyarországon, az Atommagkutató Intézetben néhány éven belül már tudunk ilyen méréseket is végezni.

### Lehetőségek

A globális éghajlatváltozás előrehaladtával, a magasabb hőmérséklet és a regionálisan megnövekvő csapadékmennyiség miatt a mocsaras területek intenzívebb metánkibocsátása várható. Számítani kell az olvadó permafroszt talajokból származó metánmennyiség növekedésére is (Dean *et al.*, 2018; Kleinen *et al.*, 2021). Bár a jómódú országokban több millióan lehetnek készek csökkenteni a húsfogyasztásukat a környezet védelme érdekében redukálva az állattenyésztésből származó metán mennyiségét, számolnunk kell azzal a néhány milliárd emberrel is, aki örülne, ha néha neki is kerülne hús a tányérjába. És persze valamivel több rizs is. Változatlan technológiák mellett, rövidtávon belül reálisan nem várható az élelmiszertermelés metánkibocsátásának számottevő csökkenése, sőt, némi növekedés sem lenne meglepő. A széntüzelés visszaszorulásával a bányászathoz kapcsolódó kibocsátás csökkenni fog. Ellátásbiztonsági okokból azonban a széntüzelésű erőművek egy részének helyére egyelőre földgázüzemelésű erőművek lépnek, ami a földgázkitermelés, szállítás és a kapcsolódó metánkibocsátás növekedését okozhatja. Mindez növekvő légköri metánkoncentrációt, növekvő metánból fakadó melegedési járulékot jelentene, annak minden nemkívánatos következményével.

A metán lényegesen reaktívabb gáz, mint a többi nemkondenzálódó üvegházhatású gáz. Kémiai élettartama, a számítási módtól függően, 9–12 év (Forster et al., 2021; Lan et al., 2021), azaz utánpótlás nélkül és az egyéb feltételek változatlansága mellett koncentrációja exponenciális lecsengéssel 9–12 év alatt e-ad részére (~0,368), 20–30 év alatt pedig tizedére csökkenne. Valós helyzetben ez azt jelenti, hogy a légköri metánkoncentráció ilyen késleltetéssel igazodik a kibocsátás megváltozásához. Más üvegházhatású gázok esetében ez a késleltetés lényegesen nagyobb. A metánkibocsátás csökkenésével tehát viszonylag gyorsan csökken a légköri metánkoncentráció, ami a megváltozó energetikai kényszeren keresztül kihat az éghajlat alakulására.

Az antropogén kibocsátás csökkentésére ma is léteznek technológiák, ráadásul egy részük nem jár nettó költséggel. A bevezetésük során felmerülő kiadások a ki nem bocsátott metán piaci hasznából megtérülnének. A szénbányákban és a hulladéklerakókban felszabaduló metán összegyűjthető és energiatermelésre használható. Hatalmas potenciál van a földgázkitermelésben és -elosztásban. A különböző szivárgások megszüntetésével a kibocsátás úgy csökkenthető felére, hogy az a megmentett metán értékéből közvetlenül megtérül. A cégek által már ma betervezett beruházásokkal e szektorban a 80%-os csökkentés is elérhető. Nettó költségek nélkül a teljes antropogén metánkibocsátás körülbelül negyedével lenne mérsékelhető. A technikailag ma is lehetséges, de már közvetlenül meg nem térülő kiadásokat igénylő módszerekkel ez a megtakarítás akár 57%-ig növelhető (Ocko et al., 2021) (2. táblázat).

A metán az energetikai kényszernek csak egy kisebb szeletéért felel, így kibocsátásának visszafogásával az éghajlatváltozás nem állítható le. Ami az éghajlati modellek szerint elérhető, az az, hogy ha gyorsan, egy évtizeden belül bevezetjük a nettó költségeket nem igénylő kibocsátás-csökkentési eljárásokat, azaz mintegy negyedével csökkentjük kibocsátást, akkor 2050-re kb. 0,1 °C-kal, 2100-ra pedig kb. 0,2 °C-kal kisebb felmelegedést kapunk, mint ezek nélkül az intézkedések nélkül. Ha valamennyi ma technikailag lehetséges

	részesedés a kibocsátásból*	csökkentés nettó költségek nélkül	technikailag lehetséges csökkentés
állattenyésztés	31%	2%	30%
olaj- és gázipar	26%	80%	85%
hulladéklerakók	14%	16 %	80%
szénbányászat	11%	6%	60%
rizstermelés	8%	6%	50%
szennyvízkezelés	6%	1%	70%
biomassza égetés	3%	0%	0%
fossz. tüzelőanyagok égetése	1%	0%	0%
<b>súlyozott átlag</b>		<b>24%</b>	<b>57%</b>

\* A kibocsátás-eloszlás kis mértékben különbözik az 1. táblázatban szereplőtől a biomassza-égetés hozamára vonatkozó eltérő becslés miatt.

2. táblázat. Az antropogén metánkibocsátás csökkentési lehetőségei Ocko és munkatársai (2021) tanulmánya nyomán.

kibocsátás-csökkentési eljárást bevetjük, akkor az elkerülhető melegedés 2050-ig negyed fok, 2100-ra pedig kb. fél fok. Ha a már ma is lehetséges intézkedéseket elhúzzuk 2040-ig, akkor 2050-re csak kisebb hatást kapunk, de a század végére az elkerült melegedés lényegében ugyanannyi lenne, ami a metán gyors légköri kiürülésének a következménye. 50–60 év alatt így is, úgy is lecsökken a koncentráció a megmaradt kibocsátásnak megfelelő szintre (Ocko et al., 2021).

A néhány tized fokos melegedés-megtakarítás nem tűnik soknak, de ne felejtjük el, hogy az éghajlatvédelmi stratégiák éppen tized fokokért harcolnak ahhoz, hogy a melegedést bizonyos határértékek alatt tartsák. Az antropogén metánkibocsátás visszafogására rendelkezésre álló technológiák bevetésével a 2030 és 2100 között várható melegedés körülbelül negyedével lenne csökkenthető. Fontos ez egyrészt azért, mert a megvalósuló éghajlatváltozás a természetes források hozamát is módosítja, másrészt abból a szempontból is, hogy a legnagyobb problémát nem a felmelegedés mértéke okozza, persze az is, hanem a melegedés, az éghajlatváltozás üteme. Az antropogén metánkibocsátás viszonylag egyszerű visszafogásával az ütem valamelyest mérsékelhető, azaz valamennyivel több időt nyerhetünk az elkerülhetetlen alkalmazkodáshoz. Aki pedig



időt nyer, az az éghajlatváltozás miatt potenciálisan kihaló fajokra gondolva szó szerint is életet nyerhet. Ezért mondható nagyon fontosnak, hogy a metán jelentőségét végre az éghajlatpolitika is felismerte.

2021. szeptember közepén az Amerikai Egyesült Államok, az Európai Unió és néhány más ország ígéretet tett az antropogén metánkibocsátás 2030-ig történő 30%-os csökkentésére ([https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_21\\_4785](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_4785)), amelyhez az ENSZ 2021. november eleji Éghajlatváltozási Konferenciáján (COP26) további mintegy 100 ország csatlakozott ([https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement\\_21\\_5766](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_21_5766)). A 30%-os kibocsátás-csökkentés éghajlatpolitikai szempontból komoly előrelépés, de – mint láttuk – csaknem nettó ráfordítások nélkül is elérhető. Nem kevesen vetik fel, hogy ennél többet is tehetnénk az éghajlatváltozás mérséklése érdekében (*Hausfather and Forster, 2021; Nature Geoscience Editorial, 2021*).

## Irodalom

- Cain, M., Jenkins, S., Allen, M.R., Lynch, J., Frame, D.J., Macey, A.H., Peters, G.P., 2022. Methane and the Paris Agreement temperature goals. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 380, 20200456. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0456>
- Dean, J.F., Middelburg, J.J., Röckmann, T., Aerts, R., Blauw, L.G., Egger, M., Jetten, M.S.M., de Jong, A.E.E., Meisel, O.H., Rasigraf, O., Slomp, C.P., in 't Zandt, M.H., Dolman, A.J., 2018. Methane feedbacks to the global climate system in a warmer world. *Rev. Geophys.* 56, 207–250. <https://doi.org/10.1002/2017RG000559>
- Feng, L., Palmer, P.I., Zhu, S., Parker, R.J., Liu, Y., 2022. Tropical methane emissions explain large fraction of recent changes in global atmospheric methane growth rate. *Nat. Commun.* 13, 1378. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28989-z>
- Ferretti, D.F., Miller, J.B., White, J.W.C., Etheridge, D.M., Lassez, K.R., Lowe, D.C., Meure, C.M.M., Dreier, M.F., Trudinger, C.M., Ommen, T.D.v., Langenfelds, R.L., 2005. Unexpected changes to the global methane budget over the past 2000 years. *Science* 309, 1714–1717. <https://doi.org/10.1126/science.1115193>
- Flückiger, J., Monnin, E., Stauffer, B., Schwander, J., Stocker, T.F., Chappellaz, J., Raynaud, D., Barnola, J.-M., 2002. High-resolution Holocene N<sub>2</sub>O ice core record and its relationship with CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>. *Glob. Biogeochem. Cycl.* 16, 10–11–10–18. <https://doi.org/10.1029/2001GB001417>
- Forster, P., Storelvmo, T., Armour, K., Collins, W., Dufresne, J.L., Frame, D., Lunt, D.J., Mauritsen, T., Palmer, M.D., Watanabe, M., Wild, M., Zhang, H., 2021. *The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- Fung, I., John, J., Lerner, J., Matthews, E., Prather, M., Steele, L.P., Fraser, P.J., 1991. Three-dimensional model synthesis of the global methane cycle. *J. Geophys. Res.: Atmospheres* 96, 13033–13065. <https://doi.org/10.1029/91JD01247>
- Ganesan, A.L., Schwietzke, S., Poulter, B., Arnold, T., Lan, X., Rigby, M., Vogel, F.R., van der Werf, G.R., Janssens-Maenhout, G., Boesch, H., Pandey, S., Manning, A.J., Jackson, R.B., Nisbet, E.G., Manning, M.R., 2019. Advancing Scientific Understanding of the Global Methane Budget in Support of the Paris Agreement. *Glob. Biogeochem. Cycl.* 33, 1475–1512. <https://doi.org/10.1029/2018GB006065>
- Gauci, V., Figueiredo, V., Gedney, N., Pangala, S.R., Stauffer, T., Weedon, G.P., Enrich-Prast, A., 2022. Non-flooded riparian Amazon trees are a regionally significant methane source. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 380, 20200446. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0446>
- Gondwe, M.J., Helfter, C., Murray-Hudson, M., Levy, P.E., Mosimanyana, E., Makati, A., Mfundisi, K.B., Skiba, U.M., 2021. Methane flux measurements along a floodplain soil moisture gradient in the Okavango Delta, Botswana. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 379, 20200448. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0448>
- Graven, H., Hocking, T., Zazzeri, G., 2019. Detection of Fossil and Biogenic Methane at Regional Scales Using Atmospheric Radiocarbon. *Earth's Future* 7, 283–299. <https://doi.org/10.1029/2018EF001064>
- Hausfather, Z., Forster, P., 2021. Analysis: Do COP26 promises keep global warming below 2C? Carbon Brief 10.11.2021. <https://www.carbonbrief.org/analysis-do-cop26-promises-keep-global-warming-below-2c>. (Last accessed: 21 January 2022)
- Kleinen, T., Gromov, S., Steil, B., Brovkin, V., 2021. Atmospheric methane underestimated in future climate projections. *Environ. Res. Lett.* 16, 094006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1814>
- Lan, X., Nisbet, E.G., Dlugokencky, E.J., Michel, S.E., 2021. What do we know about the global methane budget? Results from four decades of atmospheric CH<sub>4</sub>

- observations and the way forward. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 379, 20200440. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0440>
- Nature Geoscience Editorial, 2021. Methane matters. *Nat. Geosci.* 14, 875–875. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00875-1>
- Nisbet, E.G., Allen, G., Fisher, R.E., France, J.L., Lee, J.D., Lowry, D., Andrade, M.F., Bannan, T.J., Barker, P., Bateson, P., Bauguitte, S.J.-B., Bower, K.N., Broderick, T.J., Chibesakunda, F., Cain, M., Cozens, A.E., Daly, M.C., Ganesan, A.L., Jones, A.E., Lambakasa, M., Lunt, M.F., Mehra, A., Moreno, I., Pasternak, D., Palmer, P.I., Percival, C.J., Pitt, J.R., Riddle, A.J., Rigby, M., Shaw, J.T., Stell, A.C., Vaughan, A.R., Warwick, N.J., E. Wilde, S., 2022a. Isotopic signatures of methane emissions from tropical fires, agriculture and wetlands: the MOYA and ZWAMPS flights. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 380, 20210112. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0112>
- Nisbet, E.G., Jones, A.E., Pyle, J.A., Skiba, U., 2022b. Rising methane: is there a methane emergency? *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 380, 20210334. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0334>
- Nisbet, E.G., Manning, M.R., Dlugokencky, E.J., Fisher, R.E., Lowry, D., Michel, S.E., Myhre, C.L., Platt, S.M., Allen, G., Bousquet, P., Brownlow, R., Cain, M., France, J.L., Hermansen, O., Hossaini, R., Jones, A.E., Levin, I., Manning, A.C., Myhre, G., Pyle, J.A., Vaughn, B.H., Warwick, N.J., White, J.W.C., 2019. Very strong atmospheric methane growth in the 4 years 2014–2017: Implications for the Paris Agreement. *Glob. Biogeochem. Cycl.* 33, 318–342. <https://doi.org/10.1029/2018GB006009>
- Ocko, I.B., Sun, T., Shindell, D., Oppenheimer, M., Hristov, A.N., Pacala, S.W., Mauzerall, D.L., Xu, Y., Hamburg, S.P., 2021. Acting rapidly to deploy readily available methane mitigation measures by sector can immediately slow global warming. *Environ. Res. Lett.* 16, 054042. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf9c8>
- Rigby, M., Montzka, S.A., Prinn, R.G., White, J.W.C., Young, D., O'Doherty, S., Lunt, M.F., Ganesan, A.L., Manning, A.J., Simmonds, P.G., Salameh, P.K., Harth, C.M., Mühle, J., Weiss, R.F., Fraser, P.J., Steele, L.P., Krummel, P.B., McCulloch, A., Park, S., 2017. Role of atmospheric oxidation in recent methane growth. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 114, 5373–5377. <https://doi.org/10.1073/pnas.1616426114>
- Saunio, M., Stavert, A.R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J.G., Jackson, R.B., Raymond, P.A., Dlugokencky, E.J., Houweling, S., Patra, P.K., Ciais, P., Arora, V.K., Bastviken, D., Bergamaschi, P., Blake, D.R., Brailsford, G., Bruhwiler, L., Carlson, K.M., Carrol, M., Castaldi, S., Chandra, N., Crevoisier, C., Crill, P.M., Covey, K., Curry, C.L., Etiope, G., Frankenberg, C., Gedney, N., Hegglin, M.I., Höglund-Isaksson, L., Hugelius, G., Ishizawa, M., Ito, A., Janssens-Maenhout, G., Jensen, K.M., Joos, F., Kleinen, T., Krummel, P.B., Langenfelds, R.L., Laruelle, G.G., Liu, L., Machida, T., Maksyutov, S., McDonald, K.C., McNorton, J., Miller, P.A., Melton, J.R., Morino, I., Müller, J., Murguía-Flores, F., Naik, V., Niwa, Y., Noce, S., O'Doherty, S., Parker, R.J., Peng, C., Peng, S., Peters, G.P., Prigent, C., Prinn, R., Ramonet, M., Regnier, P., Riley, W.J., Rosentretter, J.A., Segers, A., Simpson, I.J., Shi, H., Smith, S.J., Steele, L.P., Thornton, B.F., Tian, H., Tohjima, Y., Tubiello, F.N., Tsuruta, A., Viovy, N., Voulgarakis, A., Weber, T.S., van Weele, M., van der Werf, G.R., Weiss, R.F., Worthy, D., Wunch, D., Yin, Y., Yoshida, Y., Zhang, W., Zhang, Z., Zhao, Y., Zheng, B., Zhu, Q., Zhuang, Q., 2020. The Global Methane Budget 2000–2017. *Earth Syst. Sci. Data* 12, 1561–1623. <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>
- Sherwood, O.A., Schwietzke, S., Arling, V.A., Etiope, G., 2017. Global inventory of gas geochemistry data from fossil fuel, microbial and burning sources, version 2017. *Earth Syst. Sci. Data* 9, 639–656. <https://doi.org/10.5194/essd-9-639-2017>
- Stell, A.C., Douglas, P.M.J., Rigby, M., Ganesan, A.L., 2021. The impact of spatially varying wetland source signatures on the atmospheric variability of d-CH<sub>4</sub>. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.* 379, 20200442. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0442>
- Turner, A.J., Frankenberg, C., Wennberg, P.O., Jacob, D.J., 2017. Ambiguity in the causes for decadal trends in atmospheric methane and hydroxyl. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 114, 5367–5372. <https://doi.org/10.1073/pnas.1616020114>
- Varga, T., Fisher, R.E., France, J.L., Haszpra, L., Jull, A.J.T., Lowry, D., Major, I., Molnár, M., Nisbet, E.G., László, E., 2021. Identification of potential methane source regions in Europe using  $\delta^{13}\text{CCH}_4$  measurements and trajectory modeling. *J. Geophys. Res.: Atmospheres* 126, e2020JD033963. <https://doi.org/10.1029/2020JD033963>
- WMO, 2021. The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2020. WMO Greenhouse Gas Bulletin 17
- Yin, Y., Chevallier, F., Ciais, P., Bousquet, P., Saunio, M., Zheng, B., Worden, J., Bloom, A.A., Parker, R.J., Jacob, D.J., Dlugokencky, E.J., Frankenberg, C., 2021. Accelerating methane growth rate from 2010 to 2017: leading contributions from the tropics and East Asia. *Atmos. Chem. Phys.* 21, 12631–12647. <https://doi.org/10.5194/acp-21-12631-2021>
- Zazzeri, G., Xu, X., Graven, H., 2021. Efficient sampling of atmospheric methane for radiocarbon analysis and quantification of fossil methane. *Environ. Sci. Technol.* 55, 8535–8541. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03300>

**A 47. Meteorológiai Tudományos Napon, 2021. november 18-án elhangzott előadás bővített és szerkesztett változata.**



# Az adriai bórától a bakonyi lejtőviharig

Kurcsics Máté, Horváth Ákos

Országos Meteorológiai Szolgálat, kurcsics.m@met.hu

DOI:10.56474/legkor.2022.2.2

A Föld számos pontján megfigyelhető, hogy bizonyos időjárási helyzetekben az alapáramlás és a domborzati (orografikus) hatások eredményeként sajátos szélviszonyok alakulnak ki, melyek akár igen heves szélrohamokat is eredményezhetnek. Ezeknek a szeleknek minden területen megvan a maga neve, az Alpokban ilyen a föhn, a Keleti-Kárpátokban a nemere, az Adriai-tenger térségében a bóra. Főnszerű szelek az Alpok mellett előfordulnak többek között a Skandináv-hegységben és a Pireneusokban is, de Magyarországon is többször megfigyelhető föhnös hatás (pl. Tüskés, 2010). A bóra létrejöttében sok tényező játszik szerepet, így nem csoda, hogy az elmúlt évtizedekben, a numerikus modellek fejlődésének köszönhetően sokat módosult a kialakulását magyarázó elmélet.

## From Adriatic bora to Bakony-Balaton downslope wind

In many places of the Earth, there are areas where, in the presence of certain types of weather, specific wind conditions arise due to the orography and synoptic-scale flow, with strong gusts of wind. Each types of these winds have their own name by areas, for example foehn in the Alps, nemere in the Eastern Carpathians, bora by the Adriatic Sea or chinok in Colorado. Winds, similar to foehn also occur in the Scandinavian Mountains and in the Pyrenees, but sometimes can be observed in Hungary. A lot of factors play important role in the formation of bora, consequently in the last decades, by the development of numerical models, the theory of it's formation changed a lot. In the present study features of the Adriatic bora and the much weaker Bakony-Balaton downslope wind are investigated by WRF model.

A bóra az adriai partvidék jellegzetes szele. A Trieszt körüli olasz és szlovén területektől az Isztriai-félszigeten, a horvát és montenegrói tengerparton át egészen Albániáig kialakulhat. Egy heves bóra időszak alatt az átlagos szélesség meghaladhatja a 70–100 km/h-t is, miközben a legerősebb szellőkések többször elérik a 150 km/h-t. Az eddigi legnagyobb bórához kötődő szellőkés 250 km/h-s volt, 1996 januárjában regisztrálták

a horvátországi Makarska térségében. A bóra sokkal gyakoribb, erősebb és hosszabb ideig tart a téli félévben, mint nyáron (Poje, 1992). Télen napokig, esetleg egy hétig is fennmaradhat, míg nyáron általában csak pár óráig fúj. A bóra tipikusan északkeleties szél, minél merőlegesebb az áramlás iránya a part menti hegyvonulatra, annál erősebb lehet.

Legtöbbször egy az Adriai-tenger térségében kimélyülő alacsony nyomás vagy Közép-Európa felett elhelyezkedő magasnyomás hatására alakul ki (Dorman *et al.*, 2007). Előbbi általában a Genovai-öböl térségében lezajló, lee oldali ciklogenezis eredményeként jön létre. A mediterrán ciklon délkelet felé helyeződve az Adriai-tenger felett is alacsony nyomást alakíthat ki. A magasnyomású eredetre példa a szibériai anticiklonhoz kapcsolódó, Közép-Európa feletti gerinc. Ezek olyan áramlási rendszerek, amelyek a szárazföld felől a Dinári-hegységen átbukva a tenger irányába szállítják a levegőt az alsó troposzférában. Sokszor a kettő kombinációja eredményezi a bóra kialakulását (Heimann, 2001). Rövidebb ideig hidegfront áthaladását követően is előfordulhat bóra (Grisgono és Belussic, 2009).

Bóra alatt első közelítésben a dalmát és az isztriai tengerparton tiszta időben lecsapó, hideg, heves szélrohamokat értjük. Valójában azonban a bórának számos típusa elkülöníthető. Erősségét tekintve a gyengétől a heves, szélsőséges bóráig több típus is megkülönböztethető. Kialakulása szempontjából elválasztható egymástól a „ciklonális” bóra, amely az Adriai-tenger feletti ciklon, illetve az „anticiklonális” bóra, amely a Közép-Európa feletti anticiklon hatására jön létre. Ehhez adhatóak hozzá a ciklonális és anticiklonális helyzetek együttes fennállása esetén létrejövő bóradikus helyzetek. Vertikális kiterjedés alapján sekély és mély bórárt, felhőzet alapján „sötét” és „tiszta” bórárt különböztetnek meg (Jurcec, 1981). Ezek a kategóriák sokszor összefüggenek, pl. a ciklonális bórához általában társul felhőzet, míg az anticiklonális bóra esetén csak kevés felhő van az égen (pl. az úgynevezett bórapad). A mediterrán ciklon alakította bórák esetén sekély és mély bóra is kialakulhat attól függően, hogy sekély, vagy vertikálisan fejlett a mediterrán ciklon. A sekély bóra a legtöbb esetben erősebb, mint a mély bóra (Dorman *et al.*, 2007). A termikus hatás szempontjából a bórárt hideg szélként szokás definiálni, de ez nem tekinthető általánosnak, néhány esetben a leáramlás során adiabatikusan melegedő levegő hatására melegedés tapasztalható a parton.

A bóra megjelenési formája nagyban függ a légkör állapotától, az adott domborzati akadály meredekségétől és a partvonal típusától. Tagolatlan partvonalnál, meredek hegyoldalnál, így például a Dinári-hegység északi részét képező Velebit-hegység Adria felőli oldalán jellemzően lecsap, majd a tenger felé gyorsan gyengül, míg a félszigetekkel, szigetekkel sűrűbben tagolt területeken igen változatos a megjelenése. Egyes helyeken az Adriai-tengeren keresztül egészen az olasz partokig átnyúló, hosszú szélcatornák, a szakirodalmi elnevezésük szerint jetek alakulnak ki (amelyek természetesen nem azonosak a nagy magasságban fújó jet stream-ekkel).

A bóra az Adriai-tenger partján élők számára már régóta ismert jelenség. A hatására kialakuló rotorfelhőket már a 19. század végén vizsgálta Andrija Mohorovicic horvát meteorológus, geofizikus, a földkéreg és földköpeny határán levő diszkontinuitási felület felfedezője (Grubisic és Orlic, 2007).

A heves széllel járó bóra kialakulásának elmélete az elmúlt évtizedekben igen jelentős változáson ment keresztül. Sokáig a bórárt egy katabatikus, hideg bukószélként sorolták be (pl. Jurcec, 1981). A nagy hőmérséklet-különbségen alapuló elmélet azonban csak a bóra gyengébb típusainál állja meg a helyét. A szélsőséges, heves szélrohamokkal kísért bóra kialakulásának és fennmaradásának alapvetően nem termikus oka van (pl. Smith és Sun, 1987). Numerikus modellek alkalmazásával láthatóvá vált, hogy a bóra egy lee oldali lejtővihar (a klasszikus termikusan vezérelt hideg bukószél elmélettel szemben) (Grisgono és Belussic, 2009).

Lejtővihar akkor alakul ki, amikor egy határozott szinoptikus skálájú alapáramlás egy domborzati akadálnak ütközve már a hegy szél felőli oldalán emelkedve gyorsulásnak indul, majd a hegy széllel ellentétes oldalán a süllyedő levegő gyorsulása tovább folytatódik. Eközben a leáramló levegő egy egyre keskenyedő áramlási csatornában rásimul a hegyoldalra és esetenként orkán erejű széllelkésekkel lecsap a hegy túlsó lábánál. Az egyre szűkülő réteg a lejtő alján (vagy attól távolabb) hirtelen felszakadva áll vissza a normális állapotba. Ez utóbbit hidraulikus ugrásnak nevezik.

A lejtőviharok dinamikájának leírásában többféle elmélet is elterjedt az elmúlt évtizedekben, mint például a nem-lineáris, hidraulikus megközelítés (pl. *Holton*, 1992). Egy másik elmélet szerint a belső gravitációs hullámok miatt csapdába esett lee hullámok fejlődése (pl. *Klemp* és *Lilly*, 1975), míg egy harmadik elképzelés szerint a hegy miatti hullámtörés (pl. *Durran*, 1986) váltja ki a lejtőviharokat.

A lejtőviharok kialakulásához kedvező feltétel, ha a feláramlási oldalon egy kisebb meredekségű lejtő, vagy nyereg van, aminek hatására jobban fel tud gyorsulni a hegygerinc felé tartó áramlás. A leáramlási oldalon minél meredekebb egy lejtő, annál nagyobb valószínűséggel alakulhat ki rajta lejtővihar a hegy lábánál és annál nagyobb valószínűséggel fog az áramlás a hegytől távolodva gyorsan gyengülni. Meteorológiai szempontból stabil rétegződésre van szükség, különösen kedvező lehet a termikus inverzió jelenléte. Szükséges nagy nyomásgradiens kialakulása is a hegység térségében, amelynek eredményeként erős alapáramlás jön létre a hegyvonulatra merőleges irányból. Ennek az alapáramlásnak a hegygerinc magasságában erősnek kell lennie, ugyanakkor a magassággal felfelé haladva nem erősödhet túl nagy mértékben [1]. Lejtőviharok gyakran olyan szélviszonyok mellett alakulnak ki, amikor a középső troposzférában jelentősen gyengül a hegyre merőleges áramlás vagy változik a szél iránya.

A bóra elsősorban a horvát tengerpartot érinti, de olasz és szlovén területeken is előfordul, így ezekben az országokban is foglalkoznak a vizsgálatával (pl. *Bervida et al.*, 2019). Bóra típusú lejtőviharok a Föld számos pontján előfordulnak. Oroszországban például a Fekete-tenger partján, Novorosszijszk térségében jellemző (*Shestakova et al.*, 2019). Japánban többfelé előfordulnak lejtőviharok, közülük a legmarkánsabbak a Shikoku szigetének délkeleti részén húzódó hegységből a Filippinó-tenger partjára lecsapó Yamaji-kaze és a Tokió közelében kialakuló, a Csendes-óceán irányába fújó Hirodo-kaze, melyek jellemzően tájfunokhoz kötődően jönnek létre (*Kusaka* és *Fudeyasu*, 2017). A Sziklás-hegység keleti lejtőin, Coloradoban kialakuló Chinook nevű szélvihar is a lee oldali lejtőviharok csoportjába tartozik

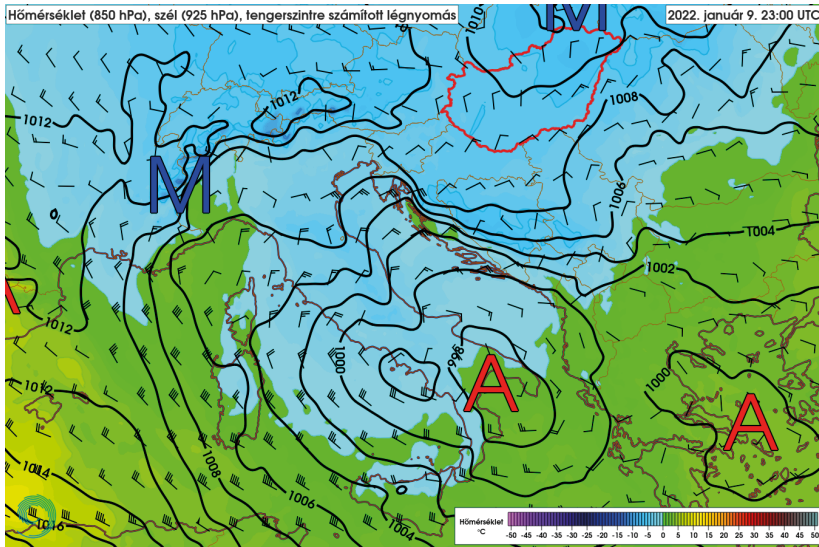
(*Oard*, 1993; *Mercer et al.*, 2008). A Kárpátokban, a Magas-Tátra lábánál 2004-ben lejtővihar okozott igen nagy pusztítást (*Simon et al.*, 2006). Izland legnagyobb összefüggő jégmezejének, a Vatnajökullnak a déli részén melegedéssel járó lejtővihar csapott le az Atlanti-óceán irányába (*Ólafsson* és *Ágústsson*, 2007). Meleg, hasonló módon kialakuló szél az Alpokban a főn vagy az Andokban a Zonda is (*Norte et al.*, 2008).

A tanulmányban bemutatunk egy kiválasztott, jellegzetes adriai bóra időszakot, majd a tapasztalatok alapján megvizsgáljuk, hogy hasonló tulajdonságokkal rendelkező lejtővihar kialakulhat-e Magyarországon is. Ehhez a WRF modell eredményeit használtuk fel.

### Bóra az Adrián

Elsőként egy esettanulmány kerül bemutatásra a Dinári-hegység és az Adriai-tenger térségében kialakuló bóráról. 2022. január 10-re virradó éjszaka egy igen erős bóra időszak vette kezdetét az Adriai-tenger partján. A partvidékre lecsapó lejtővihar napokon át, január 13-ig kitarított. Az átlagos szélesebesség sokfelé meghaladta a 60 km/h, helyenként a 70 km/h sebességet is. A bóra lökéses szél, így az alapszélre akár annak a két-háromszorosa is ráakódhatott lökések formájában, amit a továbbiakban bemutatott modelleredmények és mérési adat is megerősít. Január 11-én a horvát A1-es autópálya Velebit-hegység északi részét megközelítő szakaszánál 185 km/h szélsebességet mértek. Ez a hely 15 km távolságra van a tengerparttól, a parthoz közeledve még ezt meghaladó szélsebességek is előfordulhattak. A bóra miatt a part menti területeken utakat zártak le vagy sebességkorlátozásokat vezettek be rajtuk (ami a tengerparti utak esetében rendszeres dolog a bóra miatt a téli félévben), a Horvát Hidrometeorológiai Szolgálat pedig piros riasztást adott ki.

A bórát ez esetben egy mediterrán ciklon idézte elő, ami a Genovai-öbölben alakult ki, majd az Appennini-félsziget mentén délkelet felé mozgott (1. ábra). A ciklon hatására az Adriai-tenger térségében is csökkent a légnyomás, kialakult egy nyomási teknő a vízfelszín felett, miközben a Dinári-hegység vonalában fokozatosan nőtt



1. ábra. Időjárási helyzet 2022. január 9-én 23 UTC-kor az Adriai-tenger térségében, az ECMWF modell alapján. A 850 hPa-os nyomási szint hőmérséklete (színezés), a 925 hPa-os nyomási szint szélmezeje és a tengerszintre számított légnyomás (fekete vonalak). A délkelet felé mozgó mediterrán ciklon nyomási teknőt alakított ki az Adriai-tenger felett.

a lokális nyomási gradiens. Emiatt létrejött egy határozott áramlás a szárazföld felől a tenger irányába a mediterrán ciklon hátoldalán.

A következő napokban a mediterrán ciklon kelet felé eltávolodott a térségből, eközben azonban az eleinte Észak-Európa felett levő anticiklon egyre délebbre helyeződött és folyamatosan erősödött. Január 12-ére kialakult egy Európát nyugat-kelet irányban, az Atlanti-óceántól Közép-Európán át az Ural-hegységig átszelő, igen erős magasnyomás, aminek keleti, délkeleti peremén hideg levegő árasztotta el a Balkán-félszigetet. Kieleződött a hőmérsékleti kontraszt a Balkán-félsziget és az Adriai-tenger között, ami a nyomási mezőben kialakult nagy különbségek fennmaradását, további növekedését eredményezte. A hideg kontinentális és a meleg tengeri légtömeget a Dinári-hegység vonulata választotta el egymástól. A hegység mentén tovább sűrűsödtek az izobárok: mögötte zárt magasnyomás alakult ki, míg az Adriai-tenger felett továbbra is jelen volt a nyomási teknő.

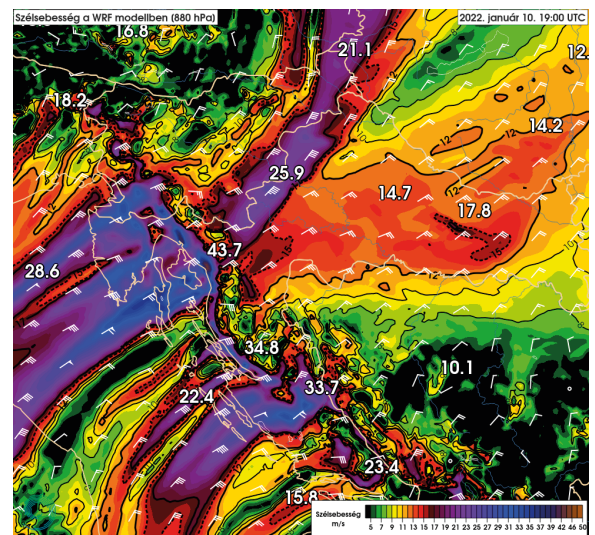
A szinoptikus időjárási helyzet áttekintése alapján látható, hogy a január 10–13. közötti bórá egyszerre volt ciklonális és anticiklonális hatás

eredménye. Kezdetben a mediterrán ciklon, majd az Európa középső részére húzódó anticiklon biztosította fennmaradását.

A továbbiakban részletesen elemezzük az adriai tengerparton kialakult bórá, annak horizontális és vertikális megjelenését, kiterjedését a WRF modell alapján, elsősorban vertikális metszetek használatával. A bórá megjelenése nagyon változatos, ami alapvetően a domborzati viszonyok függvénye, nagyban befolyásolja a hegyoldal meredeksége és a partvonal tagoltsága (szigetek, félszigetek). Ezek függvényében egyes helyeken az Adriai-tenger felett igen erős, hosszan elnyúló, sokszor az olasz partokat is elérő áramlások alakulnak ki, melyeket ahogy arra már a tanulmányunk elején utaltunk, jeteknek neveznek (*Belussic és Klaić, 2006*). Ezek a jetek merőlegesek a part menti hegység vonulatára, egy bórá időszakon belül csak

kis mértékben változtatják a helyüket. Másutt jetek helyett a bórá lecsap a meredek hegyek lábánál, majd a tenger felé haladva gyorsan megszűnik. E mögött a hamar bekövetkező hidraulikus ugrás jelensége áll.

A vizsgált időjárási helyzetben is kialakultak

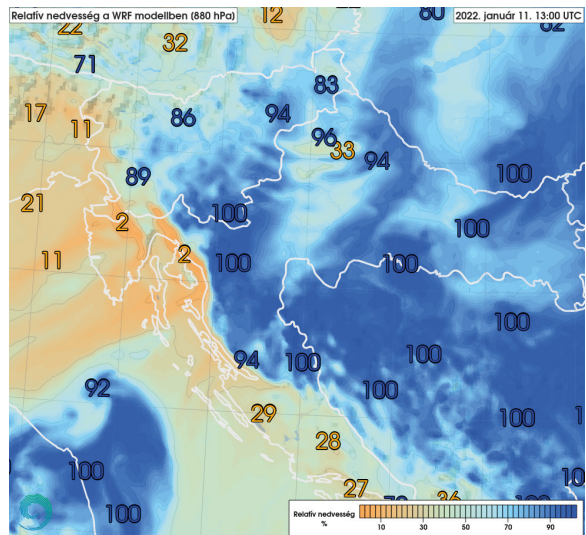


2. ábra. Szélsebesség és szélzászlók a Dinári-hegység térségében 2022. január 10-én 19 UTC-kor a 880 hPa-os nyomási szinten (kb. 1200 m-es magasságban). Az Adriai-tenger felett kialakultak a jetek, a Dinári-hegység lee oldalán a legerősebb szélhőkés 43,7 m/s (157 km/h) a WRF modellben.

az Adriai-tenger felett a jetek (2. ábra). A Dinári-hegység völgyeiből, kisebb szakadékaiból kifújó szél egyes helyeken elérte az Appennini-félszigetet is úgy, hogy erejéből csak keveset veszített a tenger felett. Ezek az áramlások a teljes bóra időszak alatt fennmaradtak, helyüket csak alig változtatták. Folyamatosan meandereztek az Adria felett, hol kissé északabbra, hol kissé délebbre kitérve, de mindig visszatérve az eredeti állapotba. A bóra erősségét, különösen a legerősebb szellőkések nagyságát modellkísérleteink alapján a tenger hőmérséklete jelentősen nem befolyásolja. Ez megegyezik az elmúlt időszak kutatási eredményeivel, melyek megállapították, hogy a heves bóra időszakokban a termikus, katabatikus magyarázat nem állja meg a helyét, nem hőmérséklet-különbség okozza a bóra lecsapását. A modellkísérletek igazolták viszont azt, hogy a tengervíz hőmérséklete nagy hatással van az Adriai-tenger feletti jetekre. Hideg tengervíz esetén a jetek nem érik el az olasz partokat, míg ha relatíve meleg a tenger, akkor erejükből alig veszítve érkeznek meg a szélvihar az Appennini-félszigethez. Eközben a Dinári-hegység középső részénél, a Velebit-hegységnél nem alakultak ki (vagy csak jóval gyengébben) jetek. Ezen a területen csak a magas, meredek hegység hágói nyújtanak lehetőséget jetek kialakulására a megfelelő szélirány esetén, de itt sokkal jellemzőbb a hegy lábánál bekövetkező hidraulikus ugrás.

Bár a bóra általában hideg szélként van definiálva, ez egyáltalán nem tekinthető általánosan igaznak. A vizsgált esetben sem az történt, hogy a Dinári-hegységen átbukott volna a tőle északra felgyűlő hideg levegő. A hőmérséklet-különbségnek a gradiens kiépítésében volt szerepe, ami miatt északkeleti irányból megindulhatott az erős áramlás.

A bóra január 10-re virradó éjszaka felhős időben indult, ami jellemző a ciklonális bórak esetén, majd ahogy egyre inkább anticiklonális bórává alakult át, a felhőzet is csökkent. Január 12-én a tenger felett már tiszta volt az ég, csak a hóval borított Dinári-hegység felett voltak felhők. A hegy lee oldalán leáramló légtömegnek fokozatosan csökkent a nedvességtartalma és január 11-re már igen szárazzá vált a levegő azokon a területeken, ahol fúj a bóra. Az Isztriai-

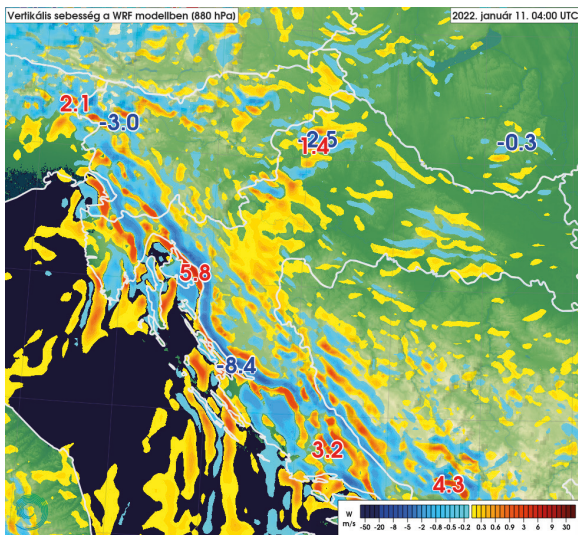


3. ábra. Relatív páratartalom a Dinári-hegység térségében 2022. január 11-én 13 UTC-kor a 880 hPa-os nyomási szinten a WRF modellben. Éles határfelület alakult ki a hegyvonulat mentén. Tőle északra, a szél feloldalon felhős az ég, míg az Adriai-tenger felett, a széllel ellentétes, lee oldalon erős kiszáradás történt, helyenként 2%-ig csökkent a relatív nedvességtartalom.

félsziget térségében, ahol egy határozott jet volt jelen, 2%-ig csökkent a levegő nedvességtartalma, gyakorlatilag teljesen kiszáradt (3. ábra). Eközben a Dinári-hegység felett gyakori volt a 100%-hoz közeli relatív nedvességtartalom, felhős volt ég.

A bóra hegyi hullámok által kialakított jelenség, a hullámok jelenléte pedig többek között a vertikális áramok vizsgálatával figyelhető meg. A hegyvonulat lee oldalán, gyakorlatilag a part teljes hosszában kialakult egy erős leáramlás, amiben 8 m/s-ot is meghaladó vertikális sebesség is előfordult (4. ábra). A vertikális szélkomponens alakulása a tenger felé haladva azonban meglehetősen változatos volt. Voltak helyek, ahol csak egy gyengébb feláramlás követte a leáramlást, majd a tenger felé a hidraulikus ugrást követően már nem voltak jelentősebb vertikális áramok (pl. Velebit-hegység térsége). Másutt, pl. a jetek területén a tenger felett hosszan követték egymást a le-fel áramlási párok, azaz magasabb hullámszámú hullámok alakultak ki, többfelé még Olaszországig is elért a hullámmozgás.

A továbbiakban a bóra vertikális szerkezetének bemutatása történik. A vizsgált metszetek úgy kerültek kiválasztásra, hogy különböző meredekségű hegyoldalak, illetve eltérő tagoltságú partvona-



4. ábra. Vertikális sebesség a Dinári-hegység térségében 2022. január 11-én 04 UTC-kor a 880 hPa-os nyomási szinten a WRF modellben. A Dinári-hegység vonulata mentén (a lee oldalon) végig jól követhető egy rendezett, erős leáramlás és egy ezt követő gyengébb feláramlás. Helyenként (ahol a jetek kialakultak) ezt hosszan elnyúlva a tenger felett újabb le-fel áramlási párok, hullámok követték.

lak legyenek köztük. Alapvető szempont volt, hogy a metszetek merőlegesek legyenek a Dinári-hegységre, így párhuzamosak az áramvonalakkal. A kiválasztott metszetek között szerepel egy meredek hegyoldal és tagolt partvidék kombinációja (San Marino–Kr–Zágráb) ahol a tenger feletti jet is kialakult, egy meredek hegyoldal tenger feletti jet nélkül (Ancona–Pag–Bihács–Daruvár) és egy lankásabb hegyoldal, tagolatlan partvidékkel, kialakuló jettel (Pescara–Šibenik–Banja Luka), így a bóra különböző megjelenési formáit láthatjuk egy időjárási helyzeten belül.

### Meredek hegyoldali lejtővihar jet nélkül

Elsőként az 5.a és 6.a ábrákon narancssárga színnel jelölt Ancona–Pag–Bihács–Daruvár metszet kerül bemutatásra, amely Zárától északra metszi Pag szigetét, majd a Velebit-hegységet. A Velebit-hegység a Dinári-hegység északi vonulatának a része, északkeleti oldalán lankásabb, erős, délnyugati részén meredek, sziklás hegység. Ezen a területen a vizsgált esetben klasszikus lejtővihar alakult ki a hegy lábához közeli hidraulikus ugrással. A bóra létrejöttékor a viharos szél tel-

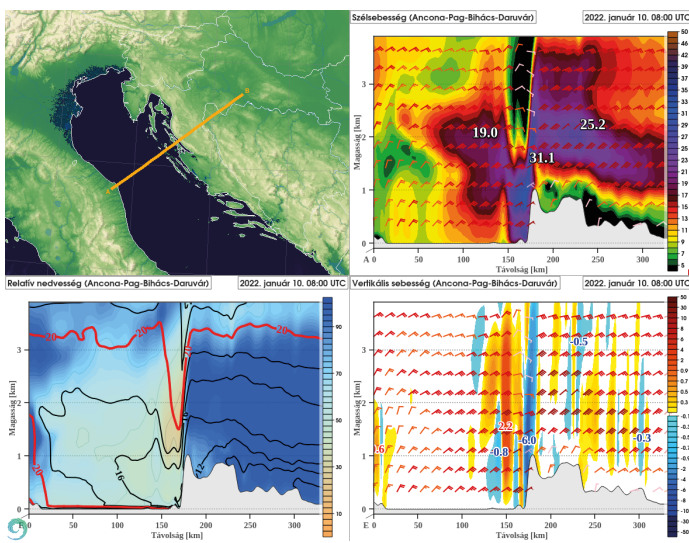
jesen rásimult a hegyoldalra és rögtön lecsapott a hegy lábánál is (5.b ábra). Hosszan elnyúló jet nem figyelhető meg a tenger felett, ugyanis az igen meredek hegyoldal miatt az áramlás a felszínre érést követően kevéssel hirtelen ugrással visszaállt a stabil állapotba és jelentős mértékben gyengült a tenger irányába. Az Adriai-tenger felett csak élénk, erős volt a szél, miközben a hegyoldalon erősen viharos alapszél fújt. A szélmaximum ekkor még a hegy felső részén (de nem a hegycsúcson) jelentkezett. A hegy luv oldalán az inverzió alatt gyenge, felette azonban viharos volt a szél, a lee oldalon viszont az inverzió felett közel szélcsend volt.

Általánosságban elmondható, hogy az áramvonalak közel egybeesnek az azonos potenciális hőmérsékletű helyeket összekötő izovonalakkal, az izentróppokkal. A vizsgálatok során jelen tanulmányban az ekvivalens potenciális hőmérsékletet használtuk, mivel az egyszerre fejezi ki a levegő hőmérsékleti és nedvességi tulajdonságait is, és az áramlás hasonlóan az izovonalai mentén történik. A továbbiakban az azonos ekvivalens potenciális hőmérsékletű felületeket thetaE felületeknek, vagy áramvonalaknak nevezzük a száraz folyamatoknál alkalmazott izentróp felületek analógiájára. Lejtővihar esetén ezek a thetaE felületek a hegy szél felőli oldalán közel párhuzamosak, vízszintesen futnak, majd a széllal ellentétes oldalra érve egy hirtelen beszakadás történik, a thetaE felületek nagy szögben megtörnek és rásimulnak a hegyoldalra, miközben jelentősen be is sűrűsödnek, igen nagy gradienst kialakítva (5.c ábra).

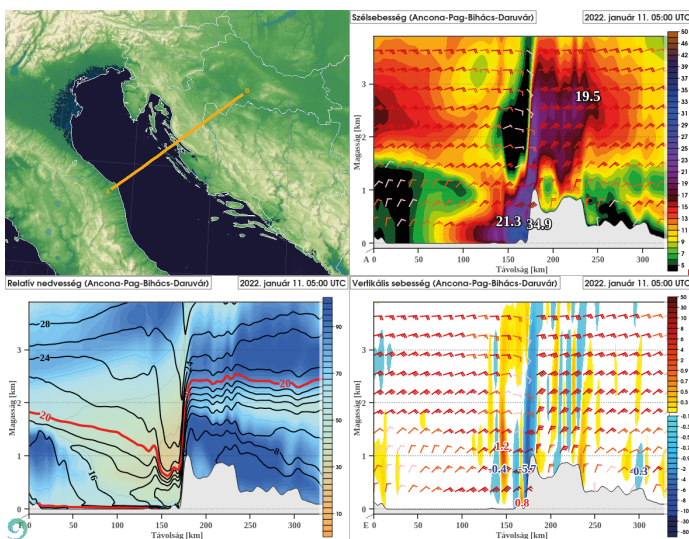
A hegy gerincét elérve a nagy gradiensű thetaE felület a vizsgált metszet mentén is beszakadt és rásimult a hegyoldalra (5.c ábra). A luv oldalon még közel vízszintesen futó izovonalak a lee oldalra érve hirtelen közel 90 fokban megdőttek és szinte függőlegessé váltak, az áramlás pedig ezeket az izovonalakat követte. Az igen nagy szélesség az izovonalak besűrűsödéséből adódott, ami arányos az áramlás sebességével. Ez a nagy gradiensű terület éles határfelületet képezett a nedves (felhős) luv oldal és az egyre inkább kiszáradó lee oldal között.

A hegyoldalra rásimuló keskeny leáramlási csatorna több, mint 4 km-es magasságból indult, és közel eddig a magasságig feláramlási csatornák is kialakultak a közelben a tenger felett (5.d ábra),





5. ábra. Vertikális metszetek a WRF modell alapján 2022. január 10. 08 UTC-kor. **a. (bal felső):** A metszetek vonala az Ancona-Pag-Bihács-Daruvár vonal mentén. **b. (jobb felső):** Szélsébség és szélzások. A lilás színek jelölik a legszelesebb, a fekete szín a szélszél területeket. A 2-3 km-es magasságban fújó viharos szél a Velebit-hegység lee oldalát követve, erősödve lecsapott az Adriára. **c. (bal alsó):** Relatív nedvességtartalom az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. A luv oldalon még közel vízszintesen futó theta<sub>E</sub> felületek a lee oldalon hegyoldal követve közel függőleges irányúvá váltak. A lee oldalon megindult a kiszáradás. **d. (jobb alsó):** Szél és vertikális sebesség. A kékes színek jelölik a leáramlást, a sárgás színek a feláramlást. A Velebit-hegységre rásimult a leáramlási csatorna, az Adria felett kevesebb, a szárazföld felett több volt a hullám.



6. ábra. Vertikális metszetek a WRF modell alapján 2022. január 11. 05 UTC-kor. **a. (bal felső):** Metszetek vonala az Ancona-Pag-Bihács-Daruvár vonal mentén. **b. (jobb felső):** Szélsébség és szélzások. Tovább erősödött a bóra, a Velebit-hegység lábánál alakult ki a legnagyobb, 125 km/h körüli szélsébség. **c. (bal alsó):** Relatív nedvességtartalom az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. Tovább nőtt a gradiens, és ez a nagy gradiens még inkább ráhúzódott a hegyre. **d. (jobb alsó):** Szél és vertikális sebesség. A kékes színek jelölik a leáramlást, a sárgás színek a feláramlást. A keskeny leáramlási csatorna továbbra is simult a hegyoldalra, a tenger felé haladva hamar megszűntek a hullámok.

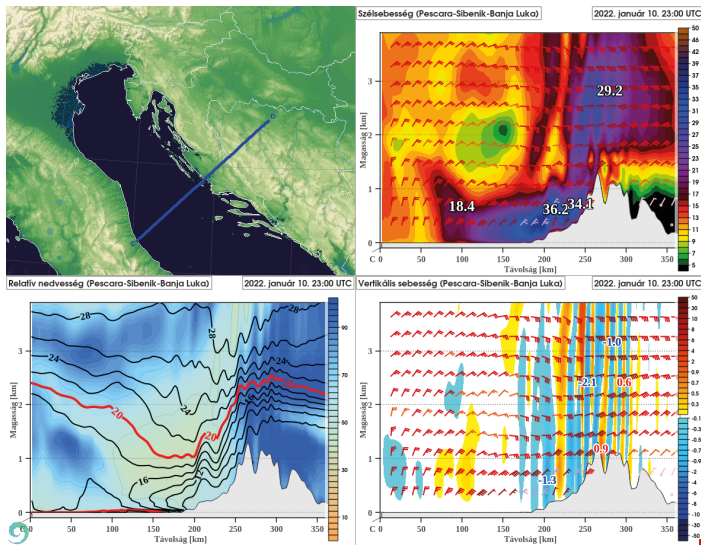
azaz kb. 4 km-ig terjedtek ki a hegység által kiváltott hullámok. A leáramlás nem volt teljesen homogén, Pag szigete indukált egy másodlagos feláramlást is az erősebb, tenger feletti feláramlási csatorna előtt. Megfigyelhető, hogy ezen a helyen a luv oldalon sokkal több a hullám, a lee oldalra érve a harmadik fel-le áramlási csatornát követően a hidraulikus ugrással a hullámok megszűntek. A legerősebb leáramlási csatornában 6 m/s-ot elérő vertikális sebesség alakult ki.

Az ekvivalens potenciális hőmérséklet gradiensének további jelentős növekedésével, a lee oldal egyre szárazabbá válásával a bóra tovább erősödött január 10-én, és 11-én hajnalra megváltozott a szerkezete. Ekkorra a hegyoldal magasabb része helyett kifejezetten a hegy lábához koncentrált a legnagyobb, orkán erősgű szél, tipikus lejtővihar jött létre (6.b ábra). A tenger közepe felé haladva fokozatosan, gyorsan gyengült a szél. Az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalai tovább sűrűsödtek, még jobban ráhúzódott az áramlás a hegyre (6.c ábra). Kb. 5 km-es távolságon belül a közel függőleges izovonalak mentén több, mint 15 °C-os gradiens jött létre az ekvivalens potenciális hőmérsékletben a száraz és nedves légtömeg határán. Ez a gradiens alacsonyabb szintre is húzódott, elősegítve, hogy a hidraulikus ugrás csak a hegy lábát követően történjen meg, ott jöjjön létre a szélmaximum. A hullámszerkezetben, a vertikális áramok tekintetében jelentős változás nem történt az eltelt közel egy nap alatt (6.d ábra).

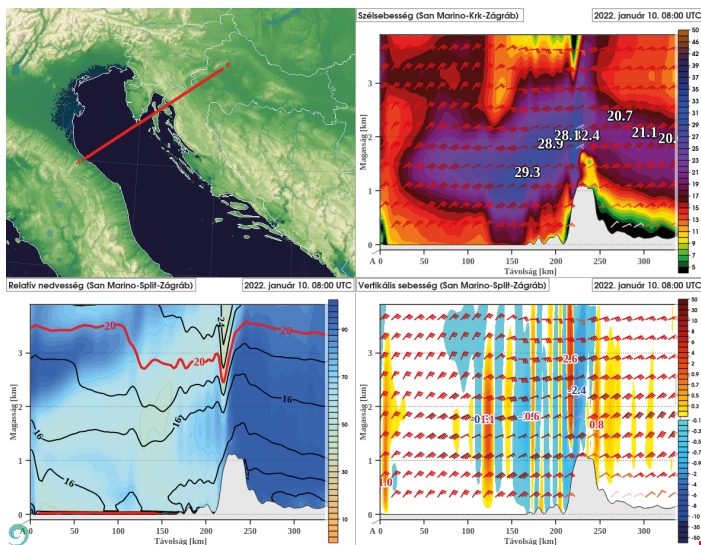
### Lankás hegyoldali lejtővihar jettel

A következő vizsgált metszet a 7.a ábrán kék színnel jelölt Pescara–Šibenik–Banja Luka vonal, ami Zára és Split között, Šibenik térségében metszi a partvonalat és a Dinári-hegységet. Egy lankásabb, kevésbé meredek hegyoldal, így itt más formában jelentkezett a bóra, mint a Velebit-hegységnél. Ezen a területen a bóra lecsapását követően a szélmező szerkezete végig viszonylag homogén volt, csak a szélerősségben történtek nagyobb változások.

A szél a hegység luv oldalán itt is elfűjt a nagy



7. ábra. Vertikális metszetek a WRF modell alapján 2022. január 10. 23 UTC-kor. **a. (bal felső):** A metszetek vonala a Pescara-Sibenik-Banja Luka vonal mentén. **b. (jobb felső):** Szélsebesség és szélzászlók. A lilás színek jelölik a legszelebb, a fekete szín a szélcsendes területeket. A lejtővihar a kevésbé meredek hegyoldalon egyenletesebb szélmezővel és tenger feletti jettel jelentkezett. **c. (bal alsó):** Relatív nedvességtartalom az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. A thetaE felületek a lee oldalra simulva beszakadtak, azonban nagy gradiensnövekedés nem látható. **d. (jobb alsó):** Szél és vertikális sebesség. A kékes színek jelölik a leáramlást, a sárgás színek a feláramlást. A lee oldalon is sok hullám alakult ki, több gyengébb fel- és leáramlás jött létre.



8. ábra. Vertikális metszetek a WRF modell alapján 2022. január 10. 08 UTC-kor. **a. (bal felső):** A metszetek vonala a San-Marino-Krk-Zágráb vonal mentén. **b. (jobb felső):** Szélsebesség és szélzászlók. A lilás színek jelölik a legszelebb, a fekete szín a szélcsendes területeket. Két ágra szakadt a bóra: egy rásimult a hegy felső részére, egy elérte a nyílt tengert. **c. (bal alsó):** Relatív nedvességtartalom az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. A hegység felett egy markáns beszakadás kezdődik, de a tenger felett is határozott törés, süllyedés figyelhető meg a thetaE felületekben. **d. (jobb alsó):** Szél és vertikális sebesség. A kékes színek jelölik a leáramlást, a sárgás színek a feláramlást. Sűrű hullámszerkezet alakult ki a hegyoldaltól a tenger közepéig, a legintenzívebb le- és feláramlás viszont még csak a hegy felső részére terjedt ki.

gradiensű thetaE felület felett, miközben alatta közel szélcsend volt. A lee oldalon a domborzatot követve lecsapott a hegyoldalra és a tengerpartra, mindez azonban viszonylag egyenletesen történt, nem koncentrált kiemelten a legnagyobb szélereőség a hegy felső részéhez vagy éppen a hegy lábához (7.b ábra). A leghevesebb, 25 m/s-ot meghaladó szélesebességű, közel 1 km magasságú zóna a hegygerinctől 100-150 km-re benyúlt a tenger fölé, kialakult a jet. A legerősebb szélesebesség a WRF modellben a partnál jelentkezett, ahol 130 km/h-s szélökés is megfigyelhető volt. A jet Olaszországig nem ért el, az Adriai-tenger közepén egy feláramlási csatornával végződött. Ebben az esetben tehát az áramlás csak kevésbé húzódtott rá a hegyoldalra, a hidraulikus ugrás csak az Adriai-tenger közepén történt meg.

Ez a megjelenés jól magyarázható az ekvivalens potenciális hőmérsékleti metszettel. A luv oldalon közel vízszintes izovonalak a lee oldalra érve nagy szögben megtörttek és simultak a hegyoldalra, azonban nem váltak közel függőleges irányúvá, és a gradiensük sem nőtt jelentősen a luv oldalról a lee oldalra érve, csak a már meglévő gradiens húzódtott rá a domborzatra (7.c ábra). A relatív nedvesség profiljában jól elkülönül a lee oldali száraz és a luv oldali nedves légtömeg, határukon a hegy gerince felett azonban nem éles, hanem fokozatos átmenet figyelhető meg.

Ezen a helyen nem alakultak ki nagy vertikális sebességek, ellentétben például a Velebit-hegység térségével. A legnagyobb leáramlások 2 m/s körüliek voltak, a feláramlások pedig ezt a sebességet sem érték el. Kialakult azonban egy sűrűbb, sok fel- és leáramlási csatornából álló hullámszerkezet nem csak a luv, hanem a lee oldalon is, a vertikális áramok kiterjedése pedig elérte a 4 km-es tengerszint feletti magasságot (7.d ábra). A tengeri jet az Adriai-tenger közepén megfigyelhető feláramlásig tartott.

### Meredek hegyoldal tagolt partvidékkel, tenger feletti jettel

A harmadik vizsgált metszet a 8.a és 9.a ábrákon piros színnel jelölt San Marino-Krk-Zágráb metszet. Ezen a területen a legváltozatosabb a domborzat, itt alakult ki a legösszetettebb szer-

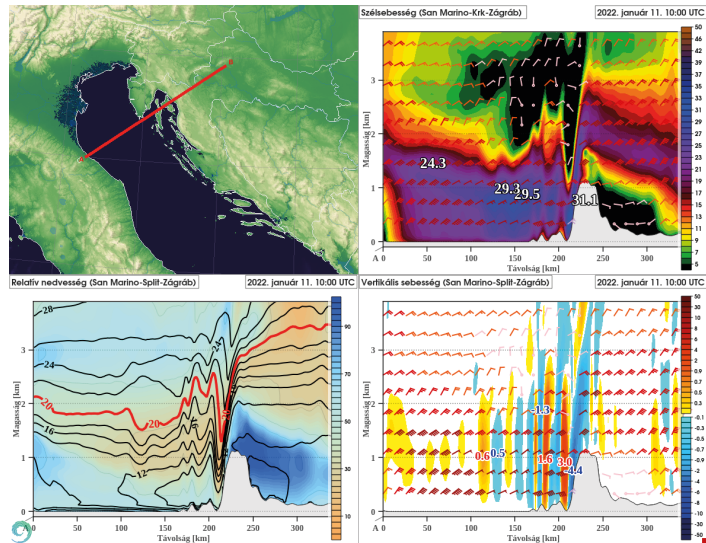
kezetű bőra a három hely közül, ami az időszak során is jelentős változáson ment át, ellentétben például a lankás, tagolatlan partvonallal Šibenik térségében. Ez a metszet Fiume közelében, tőle kissé délre metszi a partvonalat és a Dinári-hegységet, Krk szigetén áthaladva.

Ezen a szigetekkel (Krk, Rab) tagolt területen jelentős eltérés az előző két esettel szemben, hogy a bórának két ága is volt. Az egyik a már bemutatott módon követte a hegyoldalt (mint a Velebit-hegységénél), a kezdeti időszakban azonban nem csapott le a hegy lábánál. Hol megközelítette azt, hol eltávolodott tőle, de nem érte el a Balkán-félsziget és Krk szigete közötti területet, jellemzően csak a hegyoldal felső tartományát érintette (8.b ábra). A második ág nem követte a hegyoldalt, hanem átbukott a Dinári-hegység felett és anélkül, hogy rásimult volna a domborzatra, csak a nyílt tengerrel érte el a felszint, miközben a szigeteken jóval gyengébb volt a szél. A legnagyobb szélességek az 1–3 km-es magasságban jelentkeztek, így még az Adriai-tenger felett sem beszélhetünk ekkor kifejezett lecsapásról.

A szélmező szerkezete ezúttal is szorosan összefügg az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. A hegyre simuló ágat magyarázza a 2–4 km-es magasságban az izovonalakban történő hirtelen törés a hegygerinc felett, a Velebit-hegységhez hasonlóan. Mivel azonban ez a nagy gradiensű rész még magasban volt, így nem tudta kifejteni a hatását a hegy lábánál, a bőra csak a magasabb részekben alakult ki. A második, az Adriai-tengert elérő ághoz is tartozik egy kisebb törés az izovonalakban a tenger felett, ami jól magyarázza azt a szélmaximumot. Megfigyelhető továbbá, hogy a szigetek felett nagyon hullámossá vált az ekvivalens potenciális hőmérsékleti mező, nagy hatással voltak az áramlás szerkezetére a kisebb orografikus akadályok is (8.c ábra). A szél két különböző ágát a relatív nedvességben látható, egymástól jól elkülönülő két kiszáradás is mutatja.

A hegy lábáig kiterjedő leáramlás és hozzá tartozó feláramlás ebben a kezdeti szakaszban még nem alakult ki, a hegycsúcs közeléből indultak a vertikális áramok (8.d ábra). A tenger irányába többek között a félszigetek, szigetek hatására is igen sűrű hullámszerkezet figyelhető meg.

A bőra a következő órákban fokozatosan fejlő-



9. ábra. Vertikális metszetek a WRF modell alapján 2022. január 11. 10 UTC-kor. **a. (bal felső):** A metszetek vonala a San-Marino-Krk-Zágráb vonal mentén. **b. (jobb felső):** Szélesség és szélzások. A lilás színek jelölik a legszelesebb, a fekete szín a szélcsendes területeket. Lecsapott a bőra a partvidékre és az Adriai-tengerre is, egészen az olasz partokig. **c. (bal alsó):** Relatív nedvességtartalom az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. Megfigyelhető a két szakadás a hegyoldalnál és a tenger felett, de nagy gradiens ezek közül csak a hegyoldal esetében van. **d. (jobb alsó):** Szél és vertikális sebesség. A kékes színek jelölik a leáramlást, a sárgás színek a feláramlást. Jól látható a hullámszerkezet az olasz partokig a lee oldali erősebb vertikális áramoktól egészen a gyengébb, Adriai-tenger feletti fel- és leáramlásokig.

dött, erősödött, egy nappal később, január 11-ére pedig mindkét említett ága lecsapott a tengerszint közelében is (9.b ábra). Az első, hegyoldalra rásimuló ág elérte a hegy alját, 100 km/h-t jelentősen meghaladó szélességgel. Az Adriai-tenger feletti ág is hevesse vált, egyes időpontokban a 130 km/h-t is meghaladta benne a szélesség, emellett pedig a térbeli kiterjedése is változott: a kialakult jet elérte az Appennini-félszigetet. Az Adriai-tenger felett a viharos, erősen viharos vagy éppen orkán erejű szeles zóna 1,5–2 km-es magasságig terjedt ki, míg a hegyoldalnál egy keskeny sávba szűkült az áramlás. Érdekes még megemlíteni, hogy a szigetek lee oldalán is kialakultak lokális szélmaximumok.

Az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalai ezen a helyen, ebben az időszakban mutatták a legváltozatosabb képet. Jól látható, hogy az első két esetben (6. és 7. ábra) bemutatott típus kombinációja jött létre a szigetekkel tagolt meredek hegyoldalnál (9.c ábra). Az áramlás a bőra felett

állapotában teljesen rásimult a hegyre, a közel függőlegessé váló  $\theta$  felület mentén pár km-en belül 10 fok feletti ekvivalens potenciális hőmérséklet-különbségek alakultak ki. Az egy nappal korábbi időponthoz képest (8.c ábra) a gradiens igen nagy mértékben nőtt, és jóval alacsonyabb szintre húzódott. Az Adriai-tenger felett is megfigyelhető az izovonalak nagyobb mértékű törése, azonban besűrűsödés ott nem történt a luv oldali gradiensekhez képest. A két hely között sem vízszintesek az izovonalak, a szigetek hatása akár még a 3–4 km-es magasságban is hullámokat eredményezett, a megközelítőleg az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalait követő áramlás pedig így a szigetek lee oldalán is erősebb volt a luv oldalhoz képest.

A vertikális áramokat vizsgálva megállapítható, hogy ezen a helyen a luv oldalon kevesebb, a lee oldalon viszont több hullám alakult ki (9.d ábra). A hegyoldal egy erős, 4 m/s vertikális sebességet meghaladó leáramlás jött létre, amit a szigetek luv oldalán feláramlások, lee oldalukon újabb, gyengébb leáramlások követtek. Ez a hullámszerkezet még hosszan megmaradt az Adriai-tenger felett is, és az olasz partoknál is kimutatható volt.

### Lejtővihar a Bakonyban

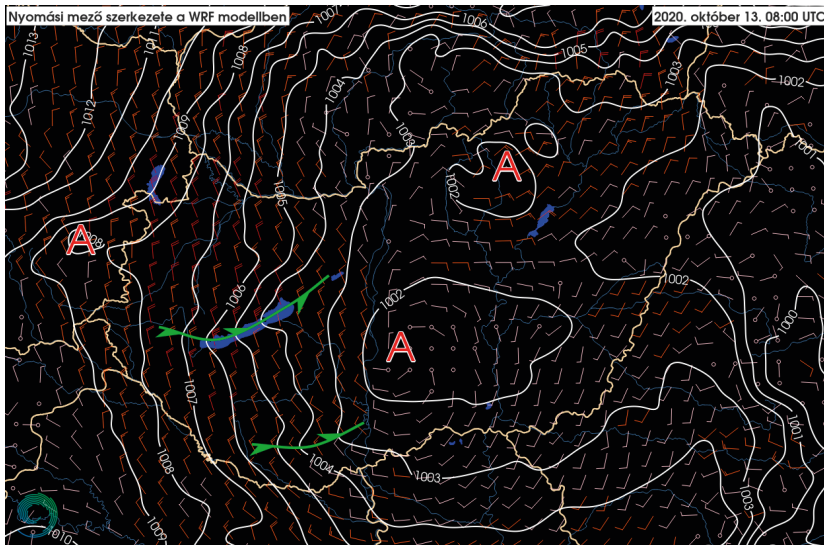
Látható, hogy a Dinári-hegység és az Adriai-tenger térségében a kedvező meteorológiai feltételek fennállása esetén változatos formában és erősséggel jelenik meg a bóra a különböző helyeken, amit nagyban befolyásol az orográfia és a partvonal tagoltsága. Meredek hegyoldalak esetén jellemzően lecsap a hegy lábánál, míg a lankásabb hegyoldal vagy félszigetekkel tagolt part esetén jellemzőbb az egyenletesebb szélmező, akár hosszán a tenger fölé nyúló szélcsatornákkal.

A bórához hasonló lejtőviharok nem feltétlenül csak a Dinári-hegységhez hasonló, 1000 méternél magasabb hegyeknél jöhetnek létre, hanem akár dombvidékeken is kialakulhat olyan speciális légköri állapot, ami lehetővé teszi a kialakulásukat. Bizonyos időjárási helyzetekben (a WRF modelleredmények alapján) Magyarországon is előfordulhat lejtővihar. Erre a legalkalmasabb hely a Bakony, ahol a Dunántúli-középhegységen

átbukó szél a dombság lee oldalán lecsap a Balatonra is. A balatoni időjárási előrejelzések szempontjából fontos minél pontosabban megismerni a Bakonyban kialakuló hullámok okozta szélerősödések, lejtőviharok sajátosságait. Ezek közé tartozik, hogy milyen időjárási helyzetekben, milyen izobárikus mező esetén tudnak kialakulni, vagy hogy az orografikus hullámok milyen mértékben erősítik fel az alapáramlást a Balaton felett. A lejtőviharok kialakulásának megismerése különösen fontos az olyan időjárási helyzetek szempontjából, amikor nem egyértelmű, hogy lesz viharos szél a Balatonnál, ezért akár a kiadott viharjelzés is függhet tőle. A Balaton, mint nyílt, nagy kiterjedésű vízfelszín esetében általánosan jellemző, hogy nagyobb a szél sebessége, mint a környező területeken. A sík vízfelszín ezen hatása megnehezíti a lejtőviharok felismerését, ugyanis messze nem minden időjárási helyzetben van lejtővihar, amikor a Balatonnál fordulnak elő a legnagyobb széllelkések országszerte.

A folytatásban bemutatásra kerül egy olyan időjárási helyzet, amikor a Bakonyban (és a Mecsekben is) lejtőviharra utaló állapotot számított a WRF modell, amely órákig, de akár több mint egy napig is fennállhatott és mérések, valamint megfigyelések is alátámasztják a jelenséget. Az időjárási helyzet és a kialakuló orografikus állóhullámok már egy korábbi tanulmányban bemutatásra kerültek [1], ezúttal azonban kifejezetten a lejtővihar jelenségének elemzésével foglalkozunk.

2020. október 12–13-án egy ciklon helyezkedett el Közép-Európa felett, ez alakította a térség időjárását. A ciklon hátoldalán viharos északi, északnyugati szél fűjt. Október 13-ára a ciklon középpontja Erdély fölé került, de az Alföldön is kialakult egy lokális alacsony légnyomású centrum, aminek a hátoldalán a Dunántúlon sűrűn helyezkedtek el a közel észak-déli kifutású, ciklonálisan görbülő izobárok. Az ilyen nyomási mező kialakulásához rendre arra van szükség, hogy egy ciklon helyezkedjen el a Dunától keletre eső területen. A hidegfront hátoldali helyzetek ettől eltérőek, ugyanis azokban az esetekben más izobárikus mező alakul ki. Így az adriai bórához hasonlóan a bakonyi lejtővihar számára sem a markáns hidegfrontok jelentik az ideális kiala-



10. ábra. Légnyomás (fehér vonalak) és 10 méteres szélesség 2020. október 13-án 08 UTC-kor a WRF modell alapján. A zöld konvergencia-vonalak jelölik a dombvidékek déli oldalán kialakult teknőket.

kulási feltételt (ettől függetlenül természetesen ez is egy hidegadvekciónak tekinthető helyzet). 2020. október 12–13-án az észak-déli kifutású, az orográfiára és a Balatonra közel merőleges izobárok a domborzati akadályt elérve megtörték, teknő alakult ki mind a Bakonytól délre (a Balaton felett), mind a Mecsektől délre (10. ábra). Ezek a lee oldali teknők szintén hasonlítanak a bórá esetében tapasztalt, Adriai-tenger feletti teknőhöz, a szerepük is hasonló: lokális gradiens növekedést idéznek elő, ami a lejtővihar feltétele.

A lejtővihar már október 12-én is kialakult a modelleredmények alapján, október 13-án azonban több mérés, felvétel is alátámasztotta létrejöttét, melyeket az [1] tanulmány mutat be. A markáns hullámok, Balaton feletti le- és feláramlási zóna jelenlétét a Balaton feletti állóhullám mutatta, amelyet „megfestett” az órákon át egy helyben kialakuló felhőzet. A szélmerések pedig magára a lejtőviharra is utaltak: a Balaton északi partján jóval erősebb szél fújt, mint a déli parton, emellett a tó közepén elhelyezett meteorológiai mérőcölöpön rövid időre még szembe is fordult a szélirány az erős, viharos északias alapáramlással. A Balatonnál északi szeles helyzetben legtöbbször a déli parton nagyobb a szél, így az északi parton mért jelentősen nagyobb

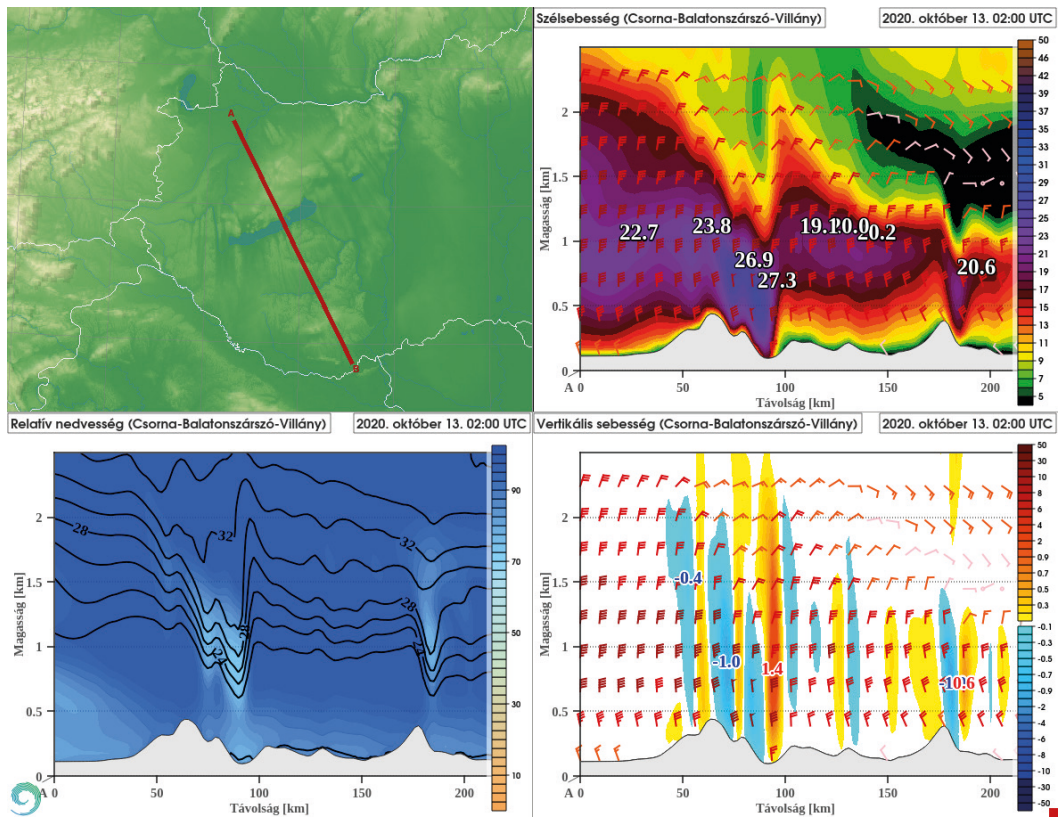
szellőkések utalhatnak lejtővihar kialakulására.

A WRF modell szerint 2020. október 13-ára lejtővihar alakulhatott ki a Bakonyban, amit egy északnyugat-délkelet irányú, a Bakonyon és a Balatonon keresztül húzódó metszet mentén vizsgáltunk (11.a ábra). A luv oldalon a viharos áramlás követte a domborzatot, a lee oldalon viszont ráhúzódott a felszínre és lecsapott a Bakony déli oldalán, így a Balaton északi részén is (11.b ábra). A Balaton déli felében, illetve tőle délre a felszín közelében nem alakult ki viharos szél, egészen a Mecsekig. A Mecsekben a bakonyinál jóval gyengébb formában, jellemzően csak a magasabban fekvő területeket érintve, de szintén kialakult a lejtővihar jelensége.

A vizsgált metszet a Balaton középső medencéjén húzódik keresztül, de nagyon hasonló lejtővihar figyelhető meg a keleti medencében is. A nyugati medencében, amitől északra már alacsonyabb a domborzat, a lejtővihar kialakulása már nem valószínű, helyette a Bakony és a Keszthelyi-hegység közötti völgyekben becsorgó, vagy éppen betörő szél teszi sokszor kiszámíthatatlanná a szélviszonyokat.

Az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaiban az adriai bórához nagyon hasonló beszakadás alakult ki a lee oldalon a Bakony és a Mecsek esetében is (11.c ábra). A gradiensek jelentősen megnöttek, ami az izovonalakat követő áramlás felgyorsulását eredményezte. Borult idő jellemezte a vizsgált időszakot, 100% közelében alakult a relatív nedvesség a troposzféra alsó részén, a lee oldali légréteg kiszáradása azonban ezúttal is határozottan megtörtént a Bakony és a Mecsek dél oldalán is.

Az orográfia hatására kialakult hullámokhoz 1–2 km magas vertikális áramok társultak (11.d ábra). A Bakony hatására létrejött hullámok a Mecsekig értek, ahol az újabb domborzati



11. ábra. Vertikális metszetek a WRF modell alapján 2020. október 13. 02 UTC-kor. **a. (bal felső):** A metszetek vonala a Csorna - Balatonszárszó - Villány vonal mentén. **b. (jobb felső):** Szélsebesség és szélzások. A lilás színek jelölik a legszelesebb, a fekete szín a szélcsendes területeket. A Bakonyban a bórához nagyon hasonló szél figyelhető meg a lee oldalon és a Mecsekben is kialakulhatott a lejtővihar. **c. (bal alsó):** Relatív nedvességtartalom az ekvivalens potenciális hőmérséklet izovonalaival. A két lee oldali szélerősödéshez a bórához hasonló nagy törés társul az izovonalakban, az áramlási csatornák részükültek a hegyoldalra. **d. (jobb alsó):** Szél és vertikális sebesség. A kékes színek jelölik a leáramlást, a sárgás színek a feláramlást. A Bakonytól a Mecsekig jól látható a kialakult hullámszerkezet, a legerősebb le-, majd feláramlásokkal a dombvidékek déli oldalán.

akadály újabb hullámokat generált. A két dombvidék déli oldalán a legnagyobb le- és feláramlási sebességek 1,0–1,5 m/s körül alakultak (a lankásabb hegyoldalnál kialakult adriai bórá esetében sem voltak lényegesen nagyobbak). A Balatonnál a leáramlás a tó közepe körül váltott feláramlásba, az ezen a határon kialakult állóhullám pedig a nedves alsó légkörben folyamatos felhőképződést eredményezett [2].

### Összefoglalás

Lejtőviharok a Föld számos pontján kialakulnak az orográfia hatására a megfelelő meteorológiai körülmények között. A hegységek lee oldalán alábukó szelet gyakran igen heves széllokécek

kísérhetik. A lejtőviharok csoportjába tartozik az adriai bórá is. A Dinári-hegységéből az Adriai-tenger partjára lecsapó szél kialakulásában a termikus hatások csak másodlagos szerepet játszanak, elsősorban a dinamika alakítja ki őket. A bórá a téli félévben gyakoribb, akkor ugyanis jóval többször fordul elő a hullámok kialakulásához szükséges stabil rétegződés. A bórá megjelenését, szerkezetét nagyban befolyásolja a domborzat, elsősorban annak meredeksége, emellett a partvonal tagoltsága is fontos tényező. Az igen meredek hegyoldalak esetén már a hegy lábánál, közel a szélmaximumhoz bekövetkezhet a hidraulikus ugrás jelensége, amikor a lejtő aljától a tenger felé távolodva hirtelen nagy mértékben csökken a szélsebesség, egy feláramlási csatornában vég-

zódik a rendszer. A lankásabb hegyoldalakon vagy jól tagolt partvonal mentén ellenben a tengerbe hosszan benyúló, akár az olasz partokat is elérő szélcsatornák, jetek alakulnak ki. Bórához hasonló lejtővihar akár hazánkban is létrejöhet pl. a Bakony vagy a Mecsek déli oldalán, amit megfigyelések és a WRF modelleredmények is alátámasztanak. Ezek a lejtőviharok a legerősebb széllelkéseket a Balatonnál okozhatják, ezért további vizsgálatuk fontos a balatoni előrejelzések, viharjelzések szempontjából is. A bakonyi lejtőviharok vizsgálata igazolni látszik azt az elképzelést, hogy a földtörténeti múltban a szélérózió által a Balaton medencéjének kialakításában is szerepük lehetett.

### Irodalom

- Belussic, D. and Klaić, Z. B.*, 2006: Mesoscale dynamics, structure and predictability of a severe Adriatic bora case. *Meteorol. Z.* 15, 157–168
- Bervida, M., Stanic, S., Bergant, K. and Strajnar, B.*, 2019: Near-Ground Profile of Bora Wind Speed at Razdrto, Slovenia. *Atmosphere*, 10 (10), 601. <https://doi.org/10.3390/atmos10100601>
- Dorman, C. E., Carniel, S., Cavaleri, L., Sclavo, M., Chiggiato, J., and co-authors.*, 2007: February 2003 marine atmospheric conditions and the bora over the northern Adriatic. *J. Geophys. Res.* 112, C03S03. doi:10.1029/2005JC003134.
- Durran, D. R.*, 1986: Another look at downslope windstorms. Part I: The development of analogs to supercritical flow in infinitely deep continuously stratified fluid. *J. Atmos. Sci.* 43, 2527–2543.
- Enger, L. and Grisogono, B.*, 1998. The response of bora-type flow to sea surface temperature. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 124, 1227–1244.
- Grisogono, B. and Belussic, D.*, 2009: A review of recent advances in understanding the meso and microscale properties of the severe Bora wind. *Dyn. Met. and Oceanography*, 61, 1–16. DOI: 10.1111/j.1600-0870.2007.00369.x
- Grubisic, V. and Orlic, M.*, 2007. Early observations of rotor clouds by Andrija Mohorovicic. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 88, 693–700.
- Heimann, D.* 2001. A model-based wind climatology of the eastern Adriatic coast. *Meteorol. Z.* 10, 5–16.
- Holton, J. R.*, 1992: An Introduction to Dynamic Meteorology. *Third edition. Academic Press*, 282–287.
- Jurcec, V.*, 1981: On Mesoscale Characteristics of Bora Conditions in Yugoslavia. (In: *Liljequist, G. H.* (eds) *Weather and Weather Maps.*) Contributions to Current Research in Geophysics. Birkhäuser, Basel. [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-5148-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-5148-0_15)
- Klemp, J. B. and Lilly, D. K.*, 1975: The dynamics of wave-induced downslope winds. *J. Atmos. Sci.* 32, 320–339.
- Kusaka, H. and Fudeyasu, H.*, 2017: Review of downslope windstorms in Japan. *Wind and Structures*, 24, 637–656. DOI: <https://doi.org/10.12989/was.2017.24.6.637>
- Mercer, A. E., Richman, M. B. and Bluestein, H. B.*, 2008: Statistical Modeling of Downslope Windstorms in Boulder, Colorado. *Weath. and Forec.*, 23, 1176–1194.
- Norte, F. A., Ulke, A. G., Simonelli, S. C. and Viale, M.*, 2008: The severe zonda wind event of 11 July 2006 east of the Andes Cordillera (Argentina): a case study using the BRAMS model. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 102, 1–14.
- Oard, M. J.*, 1993. A method for predicting Chinook winds east of the Montana Rockies. *Weath. Forec.*, 8, 166–180.
- Ólafsson, H. and Ágústsson H.*, 2007: The Freysnes downslope windstorm. *poje*, 16, 123–130.
- Poje, D.* 1992. Wind persistence in Croatia. *Int. J. Clim.* 12, 569–586.
- Shestakova, A. A., Moiseenko, K. B. and Toropov, P. A.*, 2019: Hydraulic and Wave Aspects of Novorossiysk Bora. (In: *Vilibic, I., Horvath, K., Palau, J.*: Meteorology and Climatology of the Mediterranean and Black Seas.) Pageoph Topical Volumes. Birkhäuser, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11958-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11958-4_3)
- Simon A., Horváth Á. and Vivoda J.*, 2006: Case study and numerical simulations of the November 19, 2004 severe windstorm in Central Europe, *Időjárás*, 110, 2006, 91–123.
- Smith, R. B. and Sun, J.*, 1987: Generalized hydraulic solutions pertaining to severe downslope winds. *J. Atmos. Sci.* 44, 2934–2939.
- Tűskés, B.*, 2010: Főnszerű hatások detektálása a Kárpát-medencében MODIS műholdképek és meteorológiai adatok alapján 2005–2010 téli hónapjaiban. *Diplomamunka, ELTE.* (Témavezetők: Tímár, G.; Barcza, Z.)

### Hivatkozások

- [1] [ps://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek\\_tanulmanyok/index.php?id=2920&hir=Allo\\_leghullam\\_a\\_Balaton\\_felett\\_miert\\_fuj\\_erosebb\\_szel\\_a\\_Balatonnal\\_hidegfront\\_eseten?](https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2920&hir=Allo_leghullam_a_Balaton_felett_miert_fuj_erosebb_szel_a_Balatonnal_hidegfront_eseten?)
- [2] [https://glossary.ametsoc.org/wiki/Downslope\\_windstorm](https://glossary.ametsoc.org/wiki/Downslope_windstorm)



## Agrometeorológiai szolgáltatások az OMSZ honlapján

**Kovács Attila Viktor**

Országos Meteorológiai Szolgálat, kovacs.av@met.hu

DOI: 10.56474/legkor.2022.2.3

A mezőgazdaság az időjárás hatásainak egyik leginkább kitett területe a nemzetgazdaságnak. A meteorológiai információk felhasználása a munkaszervezési döntéseknél csökkentheti a költségeket, növelheti a gazdálkodás biztonságát, ezzel pedig versenyelőnyt jelenthet. A precíziós gazdálkodás térnyerésével pedig egyre nagyobb jelentőségű az időjárás pontos ismerete.

### Agrometeorological services on the OMSZ website

Agriculture is one of the most exposed areas of the national economy to the effects of weather. The use of meteorological information in work organization decisions can reduce costs, increase the safety of farming, and thus provide a competitive advantage. With the rise of precision farming, accurate knowledge of the weather is becoming increasingly important.

Egy aktív gazdálkodónak talán legfontosabb kérdése az időjárással kapcsolatban, hogy milyen idő várható. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) honlapján hatalmas mennyiségű friss információ érhető el ezzel kapcsolatban, akár az éppen aktuális mérési adatok (pl. radarképek), akár előrejelzések, de éghajlati adatok is. A Szolgálat honlapján ezen túl létrehoztunk egy agrometeorológiai aloldalt, melyen igyekeztünk olyan információs csomagot összeállítani és megjeleníteni, mely kifejezetten a mezőgazdaságban dolgozók számára készül, mely az ő kérdéseikre próbál válaszokat adni. Megtalálhatóak felszíni mérési adatok a jelenlegi és az elmúlt, különböző

hosszúságú időszakokra, speciális előrejelzési térképek (a kulcsfontosságú elemet, a csapadékot nagy részletességgel bemutatva), nagy felbontású műholdas mérési adatok, aszály információk és szöveges elemzések. Az oldalak folyamatosan frissülnek, mindig a legújabb, a legmegbízhatóbb információkat bemutatva. Az alábbiakban először ezeket az információkat mutatjuk be részletesebben, majd a röviden csak „agrárkár-enyhítés” által előírt, mezőgazdasági káresemények termelői bejelentésének alapját képező információkat megjelenítő agro.met.hu oldalról, végül pedig a közeljövő fejlesztéseiről ejtünk néhány szót.



Az OMSZ agrometeorológiai aloldala

Szöveges elemzések

A magyarországi aktuális agrometeorológiai állapotról szöveges elemzésben adunk tájékoztatást a vegetációs időszakban heti két, ezen kívül heti egy alkalommal. Az elemzés az elmúlt időszakot, főbb szántóföldi kultúrnövényeink fenológiai állapotát és a várható időjárást mutatja be mezőgazdasági szempontból Magyarország területére vonatkozóan. Ezekbe a cikkekbe kerülnek olyan ábrák (1. ábra), képek, műholdfelvételek, melyek nem operatíván készülnek, de az aktuális állapot jellemzésében lényegesek.

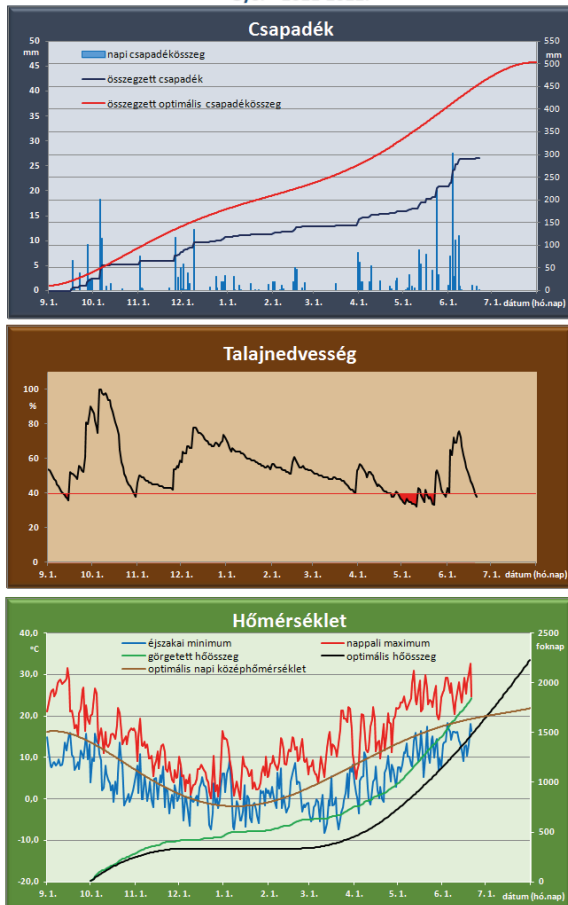
Az időjárás az egész világon döntően befolyá-

solja a mezőgazdasági termelést, különösen a növénytermesztést. A nagy termőterületeken bekövetkező időjárási szélsőségek, vagy azok hiánya pedig a világgpiacra, így a magyarországi mezőgazdasági árakra van nagy hatással. Például egy nagy kiterjedésű, jelentős aszály, áradás vagy tavaszi fagy jelentős mértékben hat a termés várható mennyiségére és minőségére. Ezen hosszú távú hatások ismeretében előre föl lehet készülni a világgpiac várható alakulására. A havonta frissülő „Nemzetközi helyzetkép” elemzésünkben a nagyobb termőterületeken bekövetkezett főbb időjárási folyamatokat és azok mezőgazdaságra gyakorolt hatását foglaljuk össze, amennyiben van adat hozzá, akkor termésbecslésekkel együtt. Többek között az Európai Bizottság hivatalos értesítőjének, illetve az USA Mezőgazdasági Minisztériuma kiadványainak segítségével foglaljuk össze azokat az aktuális agrometeorológiai információkat a világból, melyek a hazánkban is nagy mennyiségben termesztett kultúrákat érintik.



Agrogram - őszi vetések

Győr - 2021-2022.

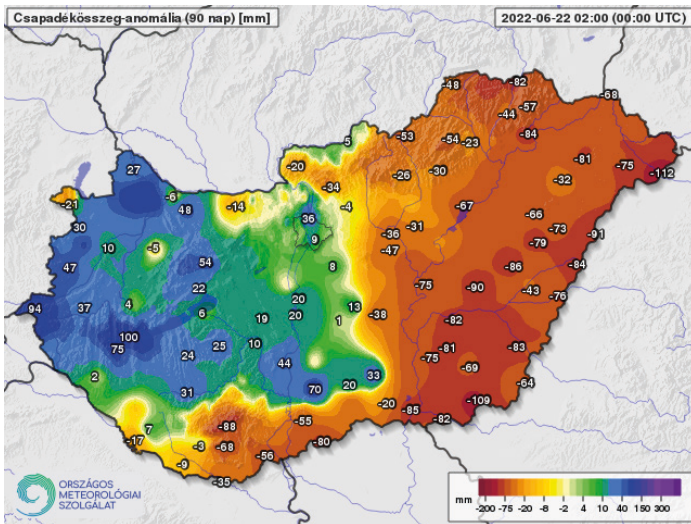


1. ábra. Őszi vetésekre vonatkozó agrogram Győr térségére 2022. június 22-ig.

Csapadék és párolgás

A mezőgazdaság számára talán a legfontosabb időjárási elem a csapadék, ritka az olyan helyzet, amikor optimális a mennyisége. Sokszor az ideálisnál kevesebb hull belőle és az aszály okoz károkat, de előfordulnak ár- és belvizes időszakok is. A lehullott csapadék mennyiségéről 1, 5, 10, 30 és 90 napra összegzett térképek számolnak be, az átlagtól vett eltérésekkel együtt (2. ábra). Az aktuális csapadékösszegeknél az elmúlt tíz perces, órás és 24 órás adatok érhetőek el. Az előrejelzésnél pedig 3 órás és többnapos csapadékösszegek is választhatók, de az 5, 10 és 20 mm-es összeg valószínűsége is segíti a gazdálkodási döntéseket.

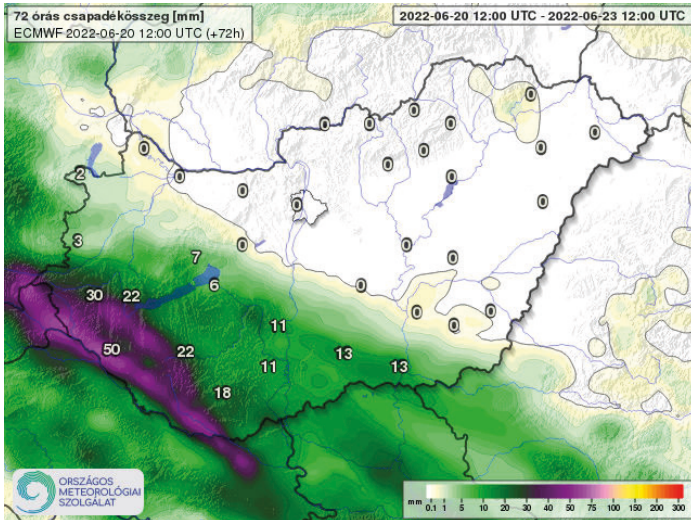
A csapadékösszeg előrejelzés térképek különböző időszakok várható csapadékösszegeinek térbeli eloszlását ábrázolják. Választhatók 3 óránként összegzett térképek, melyek 10 napra előre mutatják a legvalószínűbb csapadékmennyiséget. Ezek a térképek a várható csapadék időbeli eloszlásáról adnak részletesebb információt. A csapadék az egyik legnagyobb bizonytalansággal előrejelzhető légköri elem, így az 5 napot meghaladó időpontokra szóló mennyiségek inkább csak tájé-



2. ábra. A 90 napos csapadékösszeg eltérése [mm] a sokéves átlagtól 2022. június 22-ig.

koztató jellegűek. 1, 2, 3, 4 és 5 napra vonatkozó összegzés is választható, így egyszerre áttekinthető, hogy például a következő 5 nap során összesen mennyi csapadék valószínű (3. ábra). A térképeken szereplő értékek területi átlagot mutatnak, így különösen zivataros időjárásban az egy adott helyen ténylegesen lehulló csapadékmennyiség jelentősen eltérhet ettől.

Mivel a mezőgazdaságban a napi gyakorlat-



3. ábra. 3 napos ECMWF csapadékösszeg előrejelzés [mm] 2022. június 20-tól 23-ig.

ban sokszor komoly anyagi ráfordításokat érintő döntéseket kell meghozni, és a beavatkozás sikeressége nagyban függ például a várható csapa-

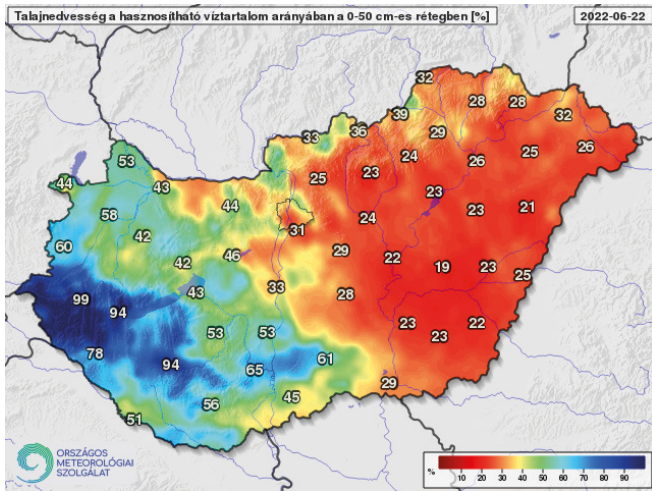
dék mennyiségétől, ezért döntéseket befolyásoló lehet a várható csapadékmennyiség valószínűsége. A felszínre szórt műtrágyázásnál például két-három napon belül szükséges legalább 10 mm csapadék, mely a hatóanyagot a talajba mossa, különben a lényeges nitrogén elillan a levegőbe és nem tud hasznosulni. Külön térképeken lehet megnézni az 5, 10 és 20 mm csapadékösszeg valószínűségét 1, 2, 3 és 5 napra összegezve. Például a 20 mm-t meghaladó csapadékösszeg 120 órás valószínűsége azt jelenti, hogy a következő 5 nap során (120 óra) mekkora valószínűséggel fog leesni összesen 20 mm-nél több csapadék.

A csapadék mellett párolgás előrejelzés is elérhető. A térképek a várható összes párolgás miliméterben számított összegét mutatják 1, 2, 3, 4 és 5 napra összesítve. A röviden „vízgyenyleg”-nek nevezett térképek pedig a vízháztartásnak két előbbi elemét: a csapadék és a párolgás várható egyenlegét ábrázolják szintén több napra vonatkozóan. Ez az a mennyiség, amennyivel csapadéktöbblet esetén növekszik, ellenkező esetben pedig csökken a talaj víztartalma (ha a lefolyást és az elfolyást nem vesszük figyelembe).

### Talajhőmérséklet és talajnedvesség

Megjelenítjük a különböző mélységű talajrétegek nedvességét és a talaj hőmérsékletét is térképes formában. A térképeken egyrészt a meteorológiai állomásokon 5 cm mélységben mért talajhőmérséklet adott napra vonatkozó átlagai láthatók. Ennek elsősorban a tavaszi vetéseknél van lényeges szerepe, hiszen például a kukorica vetése akkor optimális, amikor a talajhőmérséklet 5-10 cm mélységben tartósan 10 °C fok fölé emelkedik. Ennél hűvösebb talajba vetve a mag nehezen, lassan kel, így erősen ki van téve a kártevők és kórokozók támadásának. A talajhőmérsékletről 10 napos előrejelzés is elérhető.

Megtalálhatók különböző talajrétegekre (0–20, 0–50, 0–100, 50–100 cm) a talajnedvesség értékek is a növények számára hasznosítható vízkészlet százalékában (4. ábra). Ez egy talajtípustól függő, mérési adatok alapján számított érték (Tölgyesi, 1993; Dunay és Kalmár, 1993), melyet 2021. tavaszától egy 5×5 km-es sűrűségű rácshá-



4. ábra. Talajnedvesség a növények számára hasznosítható vízkészlet százalékában [%] a talaj felső fél méteres rétegében 2022. június 22-én (%).

lőzaton számolunk. A nagy felbontás a talajnedvesség jóval pontosabb leírását teszi lehetővé, mintha csak a mérőállomások pontjaira számolnánk. A talajtípus, így a talaj vízkapacitása is nagy területi változékonyságot mutat, melyet a sűrű rácspontok szépen leírnak. Ráadásul a csapadék (főleg a nyári félévben a záporos) sokszor rendkívül változatos térbeli eloszlású, melyet a nagy felbontású rácson pontosabban és részletesebben tudunk meghatározni a mérőállomások adatainak és a radarmérések felhasználásával.

A talajnedvesség térképek főleg a nyári félévben „foltosnak” tűnhetnek, ezért döntően a csapadék ténylegesen ilyen „foltos” eloszlása a felelős. A valóság ettől valószínűleg még jóval foltosabb lehet. A színskála beosztása a kritikus értékek között (30–70%) adja vissza a nagy különbséget.

Szintén itt kerültek megjelenítésre a vízhiány adatok, melyek adott talajréteg (0–50, 0–100 cm) telítettséghez hiányzó nedvességértékeit mutatják mm-ben ugyanezen a rácshálózaton.

### Aszály

Az aszály meglehetősen komplex, sokféle módon jellemezhető és a különböző szempontok szerint vizsgálva eltérő jellegzetességeket mutató természeti jelenség. Palmer (1965) definíciója szerint az aszály tartós és jelentős csapadékhiány.

Megkülönböztethetünk többek között meteorológiai, mezőgazdasági és hidrológiai aszályt, melyek a vízhiány relatív mértékében, időtartamában, térbeli kiterjedésében és a lehetséges következmények jellegében térnek el. Az aszály számszerűsítésére nincs egységes mérőszám, mert az aszályindexek különböző éghajlati területekre és eltérő felhasználási célokra készülnek.

Mezőgazdasági aszályról akkor beszélünk, ha egy adott növény igényeihez képest, az adott időszak párologtató fejlettségi szintjéhez viszonyítva annyira elégtelen a talaj vízszolgáltató képessége, hogy az a növényekben már visszafordíthatatlan károsodást okoz, az elvárt terményhozam csökkenéséhez és minőségének jelentős romlásához vezetve.

2022-től a szántóföldi kultúrák két nagy csoportjára készítünk számítást: kalászosokra és az őszi káposztarepcére, valamint nyári növényekre. A két csoport effajta elkülönítése azért indokolt, mert vegetációs időszakuk, fenológiai fázisaik jelentősen eltérnek egymástól. Az első csoport ősssel (a repce nyár legvégén, az őszi árpa és búza pedig októberben) kerül a talajba (a tavaszi árpát pedig bár tavasszal vetik, de innentől kezdve fenológiai fázisai az őszi vetésekhez hasonló), júliusban pedig már zajlik az aratás. A nyári növények (elsősorban a nagy területen termesztett kukoricát és napraforgót ide értve) vetése áprilisra esik, a betakarítás pedig ősssel zajlik. A két csoport gyökérzete az év különböző időszakában eltérő mélységű talajrétegbe nyúlik le, különbözik tehát az a réteg, amelyből a nedvességet föl tudják venni.

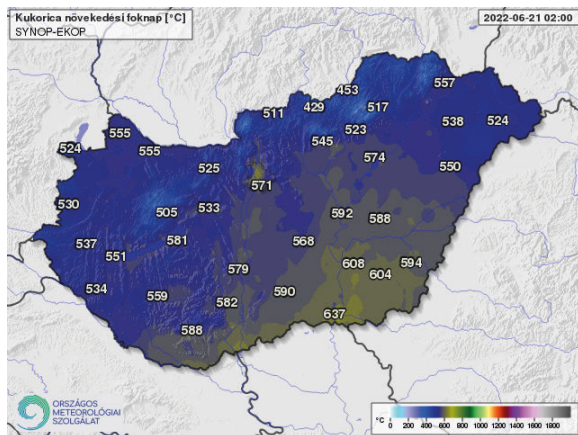
Hiába nedves a talaj például 20 cm-nél mélyebben, ha a felszín közeli 20 cm-es réteg száraz, az áprilisban frissen vetett kukorica nem jut nedvességhez. Ugyanekkor a szárnövekedésben lévő őszi búza, melynek gyökerei ilyenkor már mélyre hatolnak, még bőven talál nedvességet.

Az OMSZ által három rétegben (0–20, 20–50 és 50–100 cm) 5–5 km-es rácshálózatra naponta egyszer számított talajnedvesség alapján írjuk le a mezőgazdasági aszályszintet. A két növénycsoport gyökérmélység eloszlásának megfelelően súlyozzuk a három talajnedvesség réteget, majd kategorizáljuk az aszályszintet.



effektív hőösszeg, vagy más néven növekedési foknap. E mennyiség alapján sorolják be a világon a kukorica fajtákat (rövid, közepes és hosszú tenyészidejű fajták – FAO számok). A hőösszeg számítása során, ha a napi átlaghőmérséklet meghaladta a bázishőmérsékletet (jelen esetben 10 °C fok), akkor az átlag bázissal csökkentett értékét naponta összegezzük (emellett a 30 °C fölötti napi maximumhőmérsékletű napokat is korrigáljuk, mert az a nagy meleg már nem kedvező a növénynek, és az már nem gyorsítja a fejlődését).

A naponta frissülő térképen az aktuális 10 fokos bázishőmérséklettel április 1-től számolt hőösszeg látható a vegetációs időszakban (6. ábra). Az előző évre sokszor még élénken emlékszünk, ezért az attól való eltérés és a sokéves átlagtól számított eltérés is megjelenik. Ez utóbbi értékekből arra is következtethetünk, hogy a növények, elsősorban a kukorica fenológiai fázisai az átlaghoz képest hamarabb vagy később követnek be. A szöveges elemzésekben részletesen kitérünk a hőösszegekre a szezon során. A mérésekből számított értékek mellett előrejelzés is látható a következő 10 napra.



6. ábra. A kukoricatermesztésben használt hőösszeg értékek [foknap] 2022. június 21-én.

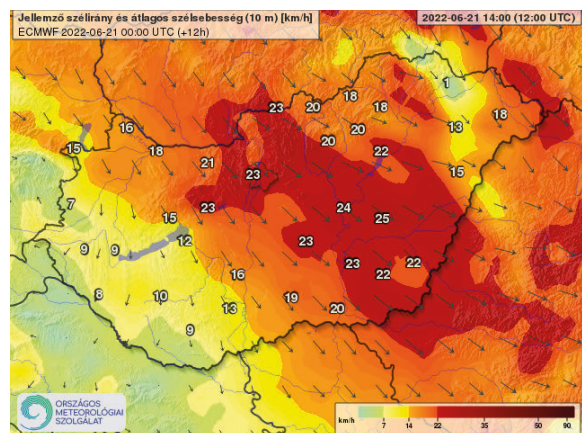
### Szél

A szél a levegőnek a felszínnel többnyire párhuzamos áramlása, melyben kisebb-nagyobb örvények követik egymást. Ezért a szél sebessége nem egyenletes, különösen felszíni tereptárgyakkal borított területeken, a sebesség növekedését átmeneti csökkenés követi. Egy adott időszakra

átlagolt szélességet átlagszélnek, míg az ezen időszak alatt előfordult legnagyobb sebességet széllelésnek nevezünk.

A „Tízperces széllelés” és a „Tízperces átlagszél” térképeken az aktuális 10 m-es magasságban mért szélesség értékek szerepelnek (a szélirányt az áramvonalak mutatják) 10 perces időlépcsőben néhány órára visszamenőleg.

A „Szélesség permetezéshez” térkép a 10 m-es magasságban várható átlagos szélesség értékeket mutatja (a szélirányt az áramvonalak mutatják) a következő 5 napra 3 órás időlépcsőben. A növényvédőszeres permetezést jogszabály szabályozza, mely a 4 és 6 m/s-nál nagyobb szélességre állapít meg korlátozást (a Növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23) FVM rendelet 9. § (2)). Ezért azokat a területeket, melyek ezeket az értékeket várhatóan meghaladják, narancs, illetve vörös színnel jelöltük (7. ábra).



7. ábra. EECMWF szélesség előrejelzés [km/h] 12 óra előre: 2022. június 21. 14 óra (km/h).

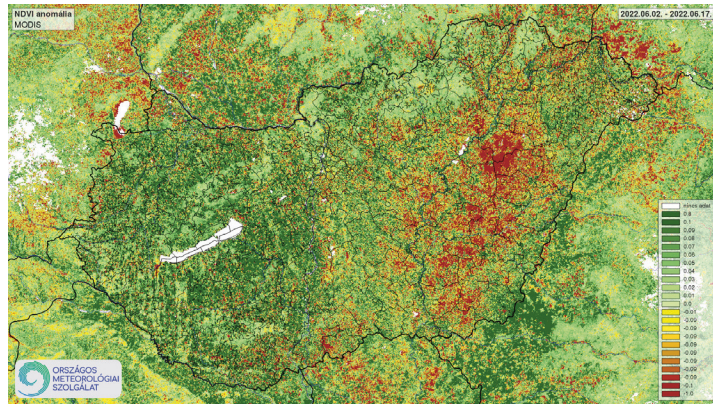
A „Széllelés” térkép az adott időtartamban előforduló várható maximális szélességeket mutatja területi átlagban. Zivataros időjárás helyzetben például a valóságos értékek ezektől a területi átlagoktól jelentősen eltérhetnek.

### Műholdas vegetációs index - NDVI

Az NDVI a legszélesebb körben használt műholdas vegetációs index, mely a felszín „zöldességével”, fotoszintetikus aktivitásával van kapcsolatban

(Goward *et al.*, 1991). Az Országos Meteorológiai Szolgálat MODIS műhold adatok alapján számítja az NDVI értékét. A nyolc naponként készülő, az elmúlt 16 napra vonatkozó, 250 méteres térbeli felbontású térképek egy adott helyen a biomassza mennyiségét tükrözik, nevezetesen a levelek klorofill- és víztartalmát. A csupasz talaj NDVI értéke 0,2–0,3 körüli. Minél magasabb a vegetációs index érték, annál sötétebb zöld a terület, vagyis annál nagyobb a zöld tömeg, ami egészséges, vízzel és tápanyaggal jól ellátott, erős, növekedésben lévő növényállományt jelez. A sűrű erdőknél találjuk a legzöldebb területeket. Kisebb az index értéke, amikor a növényállomány még kicsi és sok csupasz talaj „látszik” körülötte, vagy amikor azt víz- illetve tápanyaghiány, vagy valamilyen betegség, kártevő sújtja. De csökken az értéke egyes fenológiai fázisokban is, amikor pl. a repce éppen virágzik, vagy a vegetációs időszak vége felé, az érés során, amikor is csökken a zöld növényi részek mennyisége. Ahol nem lehet kiszűrni a felhőzetet, ott fehér a térkép. Az NDVI indexet többek között a növények fejlődésének, egészségének, a legelők állapotának nyomon követésére, a biomassza mennyiségének becslésére lehet használni.

Az NDVI változás térkép két egymás utáni időlépcső különbségéből adódik (az NDVI térképpel így megegyezik az időbeli és térbeli felbontása). Ezen az ábrán az NDVI 8 nap alatt bekövetkezett változását követhetjük nyomon. Azokon a pontokon számolható az NDVI változás, ahol az adott és az előző időszakban is van vegetációs index érték, azaz egyik pont sem volt felhős. Az egyes növénytípusok „zöldességének”, NDVI értékének kedvező körülmények között jellegzetes éves menete van. Az őszi búza és a repce egész tavasszal magas értékeket mutat, maximális NDVI értékét valamikor május második felében veszi föl. A kalászhányástól, ill. a repce virágzása után az értékek az érés végéig intenzíven csökkennek. A napraforgó NDVI értéke a kelés után lassan emelkedik, majd május második felében, június elején hirtelen megugrik, amikor a legintenzívebb a növekedése, levélképződése. Maximumát június első felében éri el, ezt követően lassú, majd az érés során gyors csökkenés következik be. A kukorica NDVI értéke a kelés után egészen augusztusig



8. ábra. NDVI anomália a 2022. június 2–17. közötti időszakban.

folyamatosan emelkedik, majd ősszel gyorsan csökken. A lombhullató fák esetében a rügyfakadás után hirtelen jelentős emelkedés következik be az NDVI értékében, a csúcserértékét májusban éri el, majd nyáron egészen szeptemberig mérsékelt csökkenés következik, végül az őszi lombhulláskor drasztikusan csökken. Ha például aszályos időszak van akkor az említett jellegzetes éves menetektől nagy mértékben is eltérhetnek az értékek, részben ez adja ezen térképek jelentőségét. Az elemzésnél figyelembe kell venni azt is, hogy egy-egy képpont területére (250×250 m) többféle növényi kultúra is eshet, de lehet benne beépített terület, fasor is.

Az NDVI anomália térképen az aktuális vegetációs index érték és a sokéves átlag különbségét, azaz az átlagtól vett eltérését láthatjuk (8. ábra). A pozitív értékek az átlagostól fejlettebb, dúsabb növényzetet mutatnak, míg a negatív értékek attól fejletlenebbet. A sokéves átlagot a 2003 és 2012 közötti 10 év méréseiből számítjuk ki képpontonként az év megfelelő időszakára, majd ezt vetjük össze szintén képpontonként az aktuális értékekkel. Így az NDVI térképpel megegyezik az időbeli és térbeli felbontása. Csak azokon a pontokon számolható az NDVI anomália, ahol az adott időszakban és a 10 éves átlagban is van vegetációs index érték, például egyik pont sem volt felhős. A vetésgörögben lévő szántóföldi területeken, ahol évente változik a termesztett növény, nagy különbségek adódnak a különböző növények eltérő zöld tömege, valamint azok más és más fenológiai fázisai miatt. Így a kalászosokkal vetett

területek például áprilisban, amikor a kukorica és a napraforgó talán még ki sem kelt (de az átlagba ez az érték is beleszámít), nagy valószínűséggel pozitív, majd aratás után negatív eltérést mutatnak. Az anomália térképek az állandó ültetvények, legelők, erdők, nem művelt területek fejlettségi állapotáról nagyon sok információt hordoznak. Esős nyáron például a növényzet fejlettebb, de azt is nyomon követhetjük, hogy a rügyfakadás, a levélzet kialakulása tavasszal az átlagostól hamarabb, vagy később következik-e be. A 2022 júniusában készült térképeken igen szemléletesen kirajzolódik középhegységeinkben a nagy negatív értékekben az időben lemaradásban lévő vegetáció, mely az átlagostól hidegebb idő következménye.

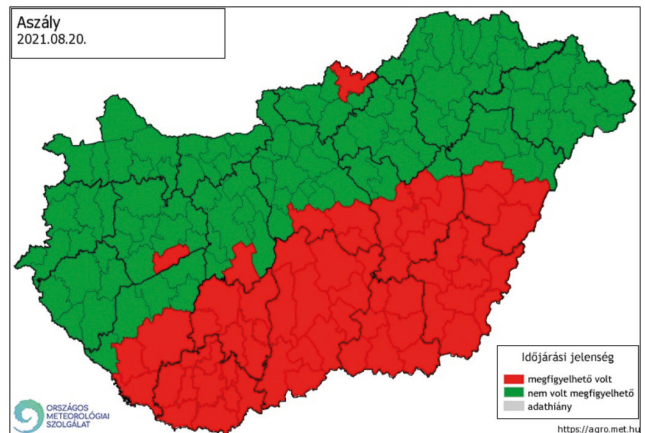
### Agrárkár-enyhítés

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) az [agro.met.hu](http://agro.met.hu) oldalán a mezőgazdasági termelést érintő időjárási és más természeti kockázatok kezeléséről szóló 2011. évi CLXVIII. törvény (törvény) által előírt, mezőgazdasági káresemények termelői bejelentésének alapját képező információkat jelenít meg (agrárkár-enyhítés). Ezen adatokat a törvény előírása szerint, a törvény hatálya alá tartozó eljárásokban az ellenkező bizonyításáig kötelezően alkalmazni kell.

A rendszer az OMSZ mintegy 120 automata mérőállomásán, továbbá közel 500 csapadékmérő állomásán mért adatai alapján működik. Ezekből az adatokból egy – az OMSZ-ban fejlesztett, kimondottan meteorológiai célú, matematikai statisztikai alapokon nyugvó – interpolációs rendszer, a MISH alkalmazásával határozzuk meg egy szabályos rácshálózat pontjaira a különböző időjárási karakterisztikák értékeit az aszály, a fagy és a vihar kedvezőtlen időjárási jelenségek bekövetkezésének megállapításához.

A felhőszakadás és az aszály megállapításához földfelszíni méréseink mellett a radaros csapadékmérést is felhasználjuk, amivel pontosabb képet kapunk a csapadékhullás területi eloszlásáról.

Az időjárási károkat okozó jelenségek, azaz az aszály, a felhőszakadás, a fagy és a vihar meghatározása jogszabályban rögzített kritériumok alapján történik. A rendszerbe való ingyenes



9. ábra. Aszályra vonatkozó országos térképes keresés eredménye 2021. augusztus 20-ára.

regisztráció után térképes, vagy települési lekérdezést lehet indítani a kérdéses időszakra és helyszínrre (9. ábra), mely alapján eldönthető, hogy a vizsgált jelenség előfordult-e.

### Fejlesztési tervek

#### Interaktív hőösszeg számítás

Mivel a hőösszeg számítását a vetéstől kell számítani, ami pedig akár táblánként is változhat, igényként merült föl az interaktív hőösszeg számítás megvalósítása a weboldalon. A kukoricára általánosan használt 10 Celsius fokos bázishőmérséklet mellett más növények és kártevők fejlődési fázisai is jól meghatározottak a szakirodalomban különböző bázishőmérsékletekkel. A kukoricára kissé speciális a számítási módszer is, míg a többi növényre és a kártevőkre az alapmódszer használatos. A tervezett fejlesztés végeredményeként a felhasználó szabadon választhat területet, kezdő- és záró-időpontot, bázishőmérsékletet, valamint számítási módszert is a kukorica mellett más növények és kártevők fejlődési fázisainak meghatározásához.

#### Levélnedvesség tartam

A levélnedvesség-tartam (LWD: Leaf Wetness Duration) a növényvédelemben alapvető fontosságú mennyiség, ugyanis a gombás megbetegedések kialakulásához a levélnek (növény- és gomba

fajtánként) meghatározott ideig nedvesnek, vizesnek kell lennie (Mező *et al.*, 1989). Nedvesség a levélen származhat csapadékból, öntözésből, harmatból és ködből. Az LWD-t komolyabb termőhelyeken általában mérik, ezt is figyelembe veszik a komoly anyagi vonzattal járó növényvédelmi döntések meghozatalánál (Sentelhas *et al.*, 2007). A növénybetegségek epidemiológiájában betöltött rendkívül fontos szerepe ellenére az LWD nem egy sztenderd meteorológiai változó, mint a hőmérséklet, vagy a relatív nedvesség (Rowlandson *et al.*, 2015).

Az LWD meghatározása még azonos növénytípus esetén is igen nehéz feladat, inkább csak közelíteni lehet, mert más és más a növényállományon belül (Klemm *et al.*, 2000). Például a kevés eső az alsó leveleket el sem éri. Más időjárási helyzetben a nap a legfelső, legkülső leveleket éri először, így azok akár órák eltéréssel hamarabb is megszáradnak, mint az alsó részek. Ha pedig a táblák lejtőszögét is figyelembe vesszük, hogy vannak árnyékosabb és naposabb területek, akkor még tovább bonyolódik a helyzet. A leveleken felhalmozódó víz erősen függ a levélfelület nagyságától (LAI), a levelek formájától, összességében a növény fajtájától és fenológiai fázisától. Az LWD ezen túl nem csak az időjárás függvénye, hanem erősen befolyásolja az állomány sűrűsége, magassága, termesztéstechnikája, annak mikroklímája.

Bár pontos adatot a föntiek miatt aligha lehet megadni, mégis egy becslést tervezünk, mely hasznos információt hordozhat. Az igen bőséges nemzetközi szakirodalomban több módszer terjedt el a LWD meghatározására (Sentelhas *et al.*, 2007, Park *et al.*, 2019), ezek alapján két közelítést készítünk. Az empirikus módszerek közül a legegyszerűbb szerint a 90%-os relatív páratartalomnál magasabb mért értékű időszakokat összegzik. A témában neves szerzők ezt javasolják gyakorlati használatra és elterjesztésre sztenderdnek (Rowlandson *et al.*, 2015). Az LWD ilyenét becslése kiküszöbölné a mérő szenzorok kalibrálásánál az egységes elvek hiányát.

A másik, tesztelés alatt lévő módszer alap gondolata az, hogy a levelek által felfogott csapadékot (intercepció) és ennek párolgását írjuk le 10 perces mérések alapján, majd ez alapján összegezzük a „vizes” levelű időszakokat.

## Irodalom

- Anda, A., Kocsis, T., Kovács, A., Tőkei, L., és Varga, Z., 2010: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Apáti, F., 2012: Gyümölcscsültvények fagy- és jégvédelmének technológiai lehetőségei és gazdasági megfontolásai. Debreceni Egyetem, AGTC MÉK, Kertészeti Intézet.
- Dunay, S., és Kalmár, E., 1993: A talajvízszint szerepe a talajok vízháztartásában. *Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 1*, Országos Meteorológiai Szolgálat, 43–84.
- Goward, S.N., Markham, B., Dye, D.G., Dulaney, W., and Yang, J., 1991: Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer, *Remote Sens. Environ.* 35, 257–277. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90017-Z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90017-Z)
- Klemm, O., Milford, C., Sutton, M.A., Spindler, G., and van Putten, E., 2002: A climatology of leaf surface wetness, *Theor. Appl. Climatol.* 71, 107–117. <https://doi.org/10.1007/s704-002-8211-5>
- Kothe, S., Good, E., Obregon, A., Ahrens, B., and Nitsche, H., 2013: Satellite-based sunshine duration for Europe, *Remote Sens.* 5, 2943–2972. <https://doi.org/10.3390/rs5062943>
- Mező G., Novák J. és Kakas I., 1989: Almaállományban növényvédelmi szempontból végzett meteorológiai mérések értékelése. Beszámoló az 1989-ben végzett tudományos kutatásokról, 194–202.
- Palmer, W.C., 1965: Meteorological drought. *Weather Bureau Res.* 45, 58.
- Park, J., Shin, J., Kim, K.R. and Ha, J., 2019: Leaf Wetness Duration Models Using Advanced Machine Learning Algorithms: Application to Farms in Gyeonggi Province, South Korea. *Water* 11, 1878. <https://doi.org/10.3390/w11091878>
- Rowlandson, T., Gleason, M., Sentelhas, P., Gillespie, T., Thomas, C., and Hornbuckle, B., 2015: Reconsidering leaf wetness duration determination for plant disease management. *Plant Disease* 99, 310–319. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0529-FE>
- Sentelhas, P.C., Gillespie, T.J., Monteiro, J.E.B.A., and Rowlandson, T., 2004: Estimating leaf wetness duration on a cotton crop from meteorological data. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 2, 235–245.
- Sentelhas, P.C., Gillespie, T.J., and Santos, E.A., 2007: Leaf wetness duration measurement: Comparison of cylindrical and flat plate sensors under different field conditions. *Int. J. Biometeorol.* 51, 265–273. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0070-7>
- Tölgyesi, L., 1993: Az éghajlat változékonyságának hatása a talajnedvességre. *Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 1*, Országos Meteorológiai Szolgálat, 11–41.





## 70 éves a Marczell György Főobszervatórium

**Tóth Róbert**

Országos Meteorológiai Szolgálat, toth.r@met.hu

DOI:10.56474/legkor.2022.2.4

Az Országos Meteorológiai Intézet központi obszervatóriumát 1952-ben alapították Pestszentlőrincen. Fennállásának 25. és 60. évfordulójára is készült írásos ismertető az itt folyó munkáról. Ez a tudósítás az utolsó 10 év mérési, kutatási és népszerűsítési tevékenységét tárja az olvasók elé az egyes szakterületek bontásában.

### Marczell György Main Observatory is 70

The central Observatory of the Hungarian Meteorological Institute was founded in Pestszentlőrinc in 1952. Publications on the work done here were prepared by its 25th and 60th anniversary. This paper presents the measurement, research and popularizing activity over the last ten years by fields of expertise.

#### Bevezetés

Az idő óriási léptekkel halad előre: alig 10 éve, hogy a Légkör 58. évfolyamának 1. száma megjelentette az akkor 60 éves Marczell György Főobszervatóriumról szóló összefoglaló írást (Tóth *et al.*, 2013), máris elértünk egy következő kerek évfordulóhoz. Az említett tanulmány röviden áttekinti az 1952-es indulást követő első 25 esztendő történéseit és kicsit részletesebben foglalkozik az utolsó 35 év eseményeivel.

Ebben a munkában az elmúlt tíz év változásait, fejlesztéseit tárom az olvasók elé.

#### Az utolsó 10 év (2013–2022) áttekintése

Az Obszervatórium jelenleg alapvetően a Megfigyelési Főosztály (MFO) részlegeinek ad otthont. Rajtuk kívül két informatikus (Tánczos Eszter, Kovács Attila) és egy pályázatokkal foglalkozó munkatársunk (Baranka Györgyi) dolgozik Pestszentlőrincen. Az MFO titkársági feladatait az évtized első felében Tamás Anna, a másodikban a mai napig Dóka Anita látja el.

2012-ben Dunkel Zoltán elnök Nagy József helyett Horváth Gyulát (a Távérzékelési Osztály vezetőjét) nevezte ki az MFO élére, ő 2016-tól egyben az OMSZ szakmai elnökhelyettese is.



1. ábra. Nagy József keresi a mezőkovácsházi automata állomás adatgyűjtőjének hibáját 2022. május 5-én. (Megtalálta!)



2. ábra. Horváth Gyula köszönti a Múzeumok Éjszakája rendezvényre érkező látogatókat 2021. június 6-án.

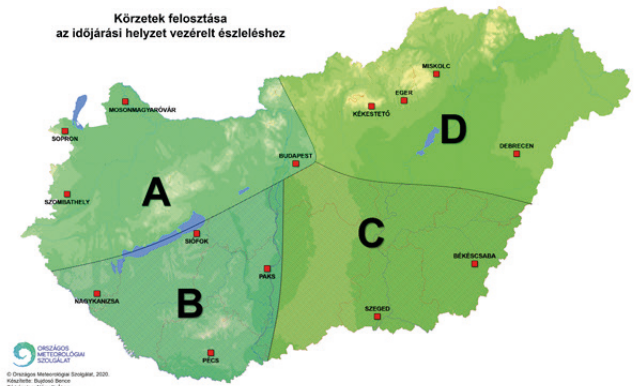
Jóska 1998 óta volt az MFO főosztályvezetője, vezetése alatt haladt nagy léptekkel a megfigyelő rendszer automatizálása, az MRL-5 radarok Doppler radarra cserélése, az ISO 9001:2000 tanúsítványok alkalmazása; jelenleg főleg az Országos Vízügyi Főigazgatóságtól (OVF) átvett automata állomások felügyeletét látja el a Mérőhálózat-üzemeltetési Osztály (MÜO) tagjaként (1. ábra).

Horváth Gyula (2. ábra) folytatta a mérőhálózat modernizálását, a kor követelményeihez való alakítását. Ennek jelentős mérföldkövei a radarhálózat felújítása, a negyedik és az ötödik radar üzembeállítása, a villámlokalizációs rendszer cseréje, a rádiószondázás automatizálása, valamint az emberi észlelés új rendszerben való folytatása. Ez utóbbit nevezük időjárás-vezérelt észlelőponti megfigyelőhálózatnak. Ez röviden azt jelenti, hogy megszűnt a korábban hosszú ideig működő (egykor mindenütt napi 24 órás) emberi észlelés a mintegy 20–25 főállomáson. (Ez alól kivétel Paks, ahol a Paksi Atomerőmű Zrt-vel külön szerződés alapján továbbra is fenntartjuk). Kiveztük

a mérőrendszerből a Campbell-Stokes-féle napfénytartam-mérőket (Tóth, 2013), a kádpárolgás mérését, a zúzmara és a hősűrűség mérését.

14 észlelőpontot működtetünk egy-egy ún. szuperészlelővel a 3. ábrán látható földrajzi elhelyezkedés szerint.

Alapesetben a Dunától keletre és nyugatra fekvő 7–7 mérőhelyen egy-egy észlelővizsgát tett (többnyire vállalkozó) kolléga ad szuperészlelői



3. ábra. Az időjárás helyzet vezérelt megfigyelőrendszerben működő észlelőpontok és körzetek elhelyezkedése.

szolgálatot, azaz a saját helyén kívül még másik hat állomásra is észlel a távészlelést támogató rendszer eszközeinek felhasználásával. Ha a Repülésmeteorológiai Osztály a számára kiemelten fontos jelenségek közül – vegyes halmazállapotú csapadék vagy hó, kiterjedt zivatarrendszer, köd, párásság, alacsony felhőalap vagy hófúvás – valamelyik bekövetkezését valószínűsíti, akkor az észlelőhálózati koordinátorok (Tóth Tamás és Kiss Márton) elrendelik az érintett területen lévő észlelőpontokon meghatározott időtartamra a helyi, személyes észlelést. Általában a téli félévben több elrendelés történik, mint a nyári félévben.

### Az OMSZ meteorológiai megfigyelőhálózatának eszközei a 2022. április 20-i állapot szerint

#### OMSZ FÖLDFELSZÍNI AUTOMATA MÉRŐHÁLÓZAT

#### Állomások száma összesen: 305 db

Ebből:

- automata állomás (S1): 142 db
- reptéri automata állomás (P1): 7 db
- automata csapadékmérő állomás (R3): 2 db
- vízügyes automata állomás (V1): 142 db
- balatoni hidrometeorológiai állomás (B1): 4 db
- szélmérő állomás (W1): 8 db

#### Állomások száma a mérési program szerint mért paraméterek alapján:

- csapadékösszeg: 281 db
- léghőmérséklet: 262 db
- légnedvesség: 261 db
- felszínközeli léghőmérséklet: 84 db
- szélirány és szélsébség: 159 db
- műszerszínti légnyomás: 56 db
- talajhőmérséklet: 62 db
  - 5 cm: 51 db
  - 10 cm: 61 db
  - 20 cm: 61 db
  - 50 cm: 56 db
  - 100 cm: 40 db

- talajnedvesség: 38 db
- globálsugárzás: 46 db
- sugárzási egyenleg: 11 db
- UV sugárzás: 5 db
- gammadózis teljesítmény: 29 db
- látástávolság (AUTO): 20 db
- jelenidő (AUTO): 14 db
- felhőzet (AUTO): 22 db
- vízhőmérséklet: 2 db
- sínhőmérséklet: 1 db
- magassági szél: 1 db
- magassági hőmérséklet: 1 db

A fentiekén kívül üzemeltetünk 5 időjárásiradart, két autoszondázót, két wind-profilert, 11 antennából álló villámlokalizációs rendszert (Linet), 33 cseppspektrum-mérőt (dizdrométer), valamint 430 hagyományos csapadékmérőt. Az eszközpark beszerzését, telepítését, üzemeltetését, kalibrálását végzi az MFO.

### A Megfigyelési Főosztály tevékenysége osztályokra bontva

#### Mérőhálózat-üzemeltetési Osztály (MÜO)

A MÜO osztályvezetője Bötkös Tamás. A tisztséget Zárbok Zsolt nyugdíjba vonulása után vette át. Az osztályon meteorológusok, mérnökök és műszerészek dolgoznak, de Révész Beátának a Műszerkalibráló Laboratóriumában hasznosítható metrológiai végzettsége is van a meteorológus diplomája mellett. Mikó Róbert és Kancsár Károly is részt vesz a meteorológiai érzékelők kalibrálásában, csakúgy, mint Árvay Gábor tette egészen a nyugdíjba vonulásáig. A Laboratórium eszközparkját folyamatosan fejlesztjük.

Az elmúlt tíz év nagy feladata volt az Országos Vízügyi Főigazgatóság hidrometeorológiai állomáshálózatának telepítésében való közreműködés, majd 2013-tól annak üzemeltetése. A honvédségi repülőterek meteorológiai mérőrendszereinek üzemeltetését és fejlesztését is az MFO munkatársai végzik (Gili Balázs, Balogh Csanád, Pallaga József, korábban Ablonczy Dávid és Paulovics Gábor is).



4. ábra.: Bozóki László új csapadékmérőt telepített 2021. augusztus 10-én Lökosházán (Bozóki László felvétele).

Ide tartoznak még a vidéki telephelyű hálózati ellenőrök (VTH) is. Számuk a korábbi háromról hétre emelkedett (Bozóki László, Gál Dénes, Gede Péter, Nemes Géza, Pozsgai Gyula, Simándi István, Stahl László), így egy emberre kisebb terület jut, kevesebb autózással érhetik el az automata állomásokat és a társadalmi csapadékmérőket (4. ábra). Az állomások rendszeres karbantartását, valamint rendkívüli tisztítását és hibaelhárítást végeznek. A MŰO telepíti, kalibrálja, javítja az eszközök többségét.

A globálsugárzási mérőhálózat folyamatos bővítésében, a kalibrálási módszerek fejlesztésében Nagy Zoltán,

a Brewer-spektrofotométerrel történő ózonmérésekben, az aeroszol optikai mélység kutatásában Tóth Zoltán töltött be jelentős szerepet. Napjainkban Fekete Dénes látja el a napsugárzás mérésével kapcsolatos feladatokat a Távérzékelési Osztályon.

Nagyné Kovács Eleonóra a meta-adatbázist tartja karban, emellett belső auditor.

### Távérzékelési Osztály (TO)

A TO-t rövid ideig Sebők István vezette, majd őt követően napjainkban is Steib Roland az osztályvezető. Ez az osztály szintén foglalkoztat mérnököket is a meteorológusok mellett.

Az időszak komoly eredménye a három duál-polarizációs Doppler radar korszerűsítése, majd két további hasonló radar üzembehelyezése (Szentés Lapistó, 2015 és Hármashegy, 2021). A radarok rendszeres karbantartását Balogh Tibor villamosmérnök végzi. A radaros csapadék-információ pontosítására, az emberi vizuális észlelés helyettesítésére dizdrométer hálózatot fejlesztünk (5. ábra). Ennek kezelését a TO egyik fiatal meteorológusa, Kálmán Imre látja el jelenleg.



5. ábra. Parsivel cseppspektrummérő (dizdrométer) az Observatórium műszerkertjében (Kálmán Imre felvétele).

A radar produktumok folyamatos fejlesztéseként 2015-ben operatívvá vált a háromdimenziós radar kompozit képek készítése. A fejlesztéseken dolgozik Hadvári Marianna és Cséke Dóra, valamint sokévtizedes tapasztalatával Németh Péter, aki nyugdíjba vonulása után is rendszeresen segíti a fiatal munkatársakat.

A Linet villámlokalizációs antennák telepítését és karbantartását Varga Bálint meteorológus, műszerész és villamosmérnök végezte TO-sként, majd később átkerült a MŰO-ra.



6. ábra.: Nyitrai László előkészületeket végez az autoszondához (Kálmán Imre felvétele).

Gróbné Szenyán Ildikó főleg a műholdképek vételét és archiválást végzi. Két további műholdas munkatárs (Kocsis Zsófia és Diószeghy Márta) az OMSZ székházában végzik feladatukat.

A rádiószondázás a költséges megfigyelési módszerekhez tartozik. A Szolgálat anyagi helyzete 2015-ben tette lehetővé, hogy a korábbi napi kettő helyett már négy felszállást (vertikális irányú mérést) hajtsunk végre. 2020 szeptemberétől mind a budapesti, mind a szegedi állomásunkon a finn autoszonda (6. ábra) végzi a napi rutin felszállásokat.

Sebők István (ismertebb nevén Petya) a kereskedelemben beszerezhetőnél lényegesen olcsóbb adatgyűjtőt fejlesztett ki, mely számos állomáson már sikeresen működik. Az adatgyűjtő további finomítása folyamatosan történik. Petya ezen kívül még programozási és hibaelhárítási feladatokban is közreműködik.

Szini Hajnalka a felhőalaplammérőkkel és a wind-profilerekkel foglalkozik.

Nyitrai László közel négy évtizede dolgozik a rádiószondázás és megfigyelés területén.

### Levegőtisztaság-védelmi Referencia Központ (LRK)

Az osztály által végzett tevékenység sokáig a környezetért felelős tárca más háttérintézményeihez tartozott, de 2009. február 1-től az Országos Meteorológiai Szolgálat feladatai közé került. Az LRK MGYFO főépületébe költözése 2013-ban fejeződött be. Az osztály vezetője Dézsi Viktor, aki egyben a Vizsgálólaboratórium laborvezetője is. Ő és munkatársai: Puskás Mónika, Gyarmatiné Mészáros Erzsébet (Zsike), Machon Attila és Pólay Gábor, aki egyben a Kalibráló Laboratórium (7. ábra) vezetője, (ahol Kovács Gyuri is részt vesz a mérésekben és kalibrálásokban) már tagjai voltak az Aga utcai közösségnek (Környezetvédelmi Intézet). Mónika és Zsike az adatok ellenőrzésével, feldolgozásával, közzétételével foglalkozik.

Az LRK fő tevékenységként végrehajtja az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) szakmai irányításának operatív feladatait, valamint a minőségirányítás feladatait. Végzik



7. ábra. Ózon kalibrátor az LRK laboratóriumában.

az OLM adatainak gyűjtését, ellenőrzését, értékelését, ellátják a hazai és nemzetközi adatszolgáltatást. A nemzeti referencia laboratóriumi feladatok ellátásához MSZ EN ISO 17025 szerint akkreditált, eszközparkját folyamatosan fejlesztő kalibráló laboratóriumot, Jártassági Vizsgálati Irodát is működtet az LRK. Az analitikai laboratórium eszközparkját főleg pályázati forrásokból igyekszik fejleszteni. A labor eszközeivel dolgozik Machon Attila és Ács Zsuzsanna. Attila a vizsgálati, mintavételi módszereket nemcsak végzi, hanem fejleszti is.

Az LRK üzemelteti a regionális háttérszennyezettség-mérő hálózatot, amelynek legjobban felszerelt állomása a Kiskunságban, K-pusztán található, ahol 1973-tól működik. A minták rendszeres gyűjtésében és elemzésében korábban közreműködött korábban Czágler Emilné és Varga Zsolt, s ma is végzi Radóczyné Oth Krisztina és Pete Bálint.

Szennyezőanyag terjedés modellezési tevékenységet végez Pappné Ferenczy Zita, aki 2019-ben történő átszervezést követően az Előrejelzési és Éghajlati Főosztályon folytatja munkáját. Haszpra László irányítása alatt 1994 óta folyik szén-dioxid koncentráció mérés a hegyhátsági TV-adótornyon. Nyugdíjba vonulása után a mérés az MTA Atomki keretein belül folytatódik.



8. ábra. A NELO munkatársai a vándordíjjal: Kis-Kovács Gábor, Kóbányai Kata, Ludányi Erika, Lovas Katalin és Tarczay Klára.

### Nemzeti Emissziós Leltárak Osztálya (NELO)

Az 1970-es évektől vált egyre fontosabbá a légszennyező anyagok kibocsátásának ismerete. Ennek birtokában lehet a csökkentési intézkedéseket bevezetni, s azok eredményét lemérni. Az üvegházgáz nyilvántartás 2006-ban került az OMSZ feladatai közé. Pár évvel később már az összes légszennyező anyag kibocsátásának számítását a NELO végzi. Kis-Kovács Gábor vezetésével a NELO eddig kis létszámú osztályként működött, belső átszervezés után került az MFO-hoz. A munkatársak többsége a Kitaibel Pál utcai központban dolgozik, egyedül Labancz Krisztina kötődik az Observatóriumhoz, aki évekig az Éghajlati Főosztályt vezette, jelenleg a NELO-n az ipari kibocsátásokkal foglalkozik.

2017-ben Magyarország kapta a vándordíjat az emissziós leltárak nemzetközi szakmai fórumán az országos jelentésben elért kiemelkedő fejlődésért (8. ábra). 2022-ben újabb nemzetközi elismerésben részesült az osztály.

### Adatellenőrzési Osztály (AO)

Szolgálatunknál a mérések kezdete óta folyik az adatok ellenőrzése. Önálló osztály keretében ezt a tevékenységet 2017 óta végezzük. Induláskor

Dohány Rita kapott megbízást az osztály vezetésére, aki 2020-tól más területen folytatja pályafutását. Ekkor engem kért fel az MFO vezetője az osztályvezetői feladatok ellátására.

A 90-es években elindult automatizálás következményeként nagyságrendekkel több mért adat érkezett be a Szolgálathoz, mint korábban. Ennek következtében merült fel az igény, hogy lehetőleg szoftveres módszerekkel és szakértő szemekkel szűrjük ki a hibás adatokat. Ebben a korai szakaszban már mondhatjuk, adatellenőri munkát végzett Zsoldos Erzsébet (9. ábra), Nagy József és Nagyné Kovács Eleonóra.



9. ábra. A 2022-es Meteorológiai Világnapon kitüntetett munkatársak között (bal oldalon) Zsoldos Erzsébet a négy évtizedes elkötelezett munkájáért, Kálmán Imre a dizidrométer-hálózat fejlesztéséért kapott díjjal.

Jelenleg öt fő lát el napi 12 órás szolgálatot reggel 8 és este 8 óra között: Balázs Roland, Bata Judit, Bujdosó Bence, Hermann Edina és Kordás Nóra. Az automata meteorológiai állomáshálózat mérésein túl felügyelik a Linet rendszer, a dizidrométer hálózat, a gammadózis-teljesítményt mérő hálózat és a rádiószondázás működését. Ellenőrzik a naponta on-line küldő társadalmi csapadékmérők jelentéseit is. Mindezt a MŰO, a TO szakembereivel, valamint az infokommunikációért felelős munkatársakkal szoros együttműködésben lehet eredményesen végezni.

Az AO látja el az időjárás-vezérelt észlelőhálózat, a MET-ÉSZ rendszer, valamint a társadalmi csapadékmérő hálózat szakmai irányítását is.



10. ábra. A 6. MET-ÉSZ találkozón Hadvári Marianna bemutatót tart a műszerkertben.

### Népszerűsítő tevékenységek az Observatóriumban

#### MET-ÉSZ

2013-ban létrehoztuk a MET-ÉSZ rendszert az önkéntes észlelők meteorológiai észleléseinek rögzítésére és megjelenítésére. Ezek a megfigyelések jelentősen segítik a munkánkat. Az amatőrökkel való együttműködés fokozása érdekében 2015 októberében megrendeztük az 1. MET-ÉSZ találkozót az Observatóriumban. Ezek jó hangulatú, a szakmánkat népszerűsítő rendezvények. 2021-ben már a hatodik (10. ábra) ilyen találkozó zajlott.

#### Ambrózy Pál Meteorológiai Tanösvény

Az Observatóriumban működő földfelszíni automata mérőállomás felújítása szükségessé vált. Ekkor merült fel az ötlet, hogy a műszerkert-felújítás keretében alakítsunk ki egy tanösvényt, ami bemutatja a meteorológiai mérések múltját, jelenét és várható jövőjét. A tanösvény munkálataiban részt vett valamennyi munkatárs, majd 2016. június 2-án sor kerülhetett az ünnepélyes átadásra, amin megjelent a tanösvénynek nevet adó Pali bácsi özvegye, aki a Szolgálat



11. ábra. Palotai Gyula tartja rendben az Observatórium kertjét.

Nemzetközi Osztályának nyugalmazott vezetője is. A tanösvényt gyakran látogatják általános és középiskolás diákok, egyetemisták és más szervezetek. Az Observatórium bemutatását sokáig



12. ábra. A Múzeumok Éjszakája rendezvényen Kancsár Károly bemutatót tart a mérőeszközök kalibrálásáról 2021. június 26-án (Kálmán Imre felvétele).



13. ábra. A 2016-os KÖZIG-kupán induló OMSZ-csapat döntően az MFO-ra épült. Első sor: Steib Roland, Dohány Rita, Horváth Gyula, Tóth Róbert, Varga Bálint; hátul: Fekete Dénes, Szegedi Csaba, Gaál Áron, Szita László, Balogh Tibor.



14. ábra. Az emlékfát az Observatórium kertjében.

Fanta Márta, nyugdíjas munkatársunk vezette, jelenleg az Observatórium munkatársai végzik ezt a munkát.

Az Observatórium műszerkertje nagy füves terület, a többi rész épületekkel tarkított fás-bokros park. Ennek rendben tartását végzi Palotai (Kertész) Gyula nagy szorgalommal (11. ábra). Házi mindeneként sok egyéb munkát is ellát.

### Múzeumok Éjszakája

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2016-tól két helyszínen is várja az érdeklődőket a júniusban szokásos Múzeumok Éjszakája rendezvényen. Az Observatórium ebben az évben nyitotta ki kapuját a látogatók előtt, s déltől sötétedésig a tudományos népszerűsítésre vállalkozó munkatársak állták a kérdések rohamát, miközben bemutatták az itt folyó szakmai tevékenységet. Azóta minden alkalommal részt vettünk az évről évre több látogatót vonzó ismeretterjesztő akcióban (12. ábra). A fő vonzerő, látványosság továbbra is a rádiószonda felbocsátása és a szélmérők kalibrálására szolgáló szélcsatorna működés közben.

### Sport

Sok évtizede a Szolgálatnak komoly asztalitenisz csapata volt, amely az országos bajnokságban is indult. Később inkább az alkalmasszerű találkozók váltak jellemzővé. A férfiak körében persze a foci volt mindig a legnépszerűbb. A 90-es években számos nemzetközi meccsre is sor került, többnyire az osztrák és német szolgálat csapatai ellen. A németek elleni első mérkőzést Bécsben játszottuk, amin sikerült visszavágni az '54-es berni vereségért, ugyanis 3:2-re nyertünk. A sportkapcsolatok segítették a szakmai együttműködést is. Az utóbbi években az OMSZ csapata zömmel az Observatórium munkatársai közül került ki, s a csapat a hazai közigazgatási kupákon (13. ábra) vett részt mérsékelt sikerélménnyel.

2022 májusában az OMSZ munkatársai emlékfát ültettek az Observatórium alapítás 70. évfordulóján a kertben (14. ábra).

### Irodalom

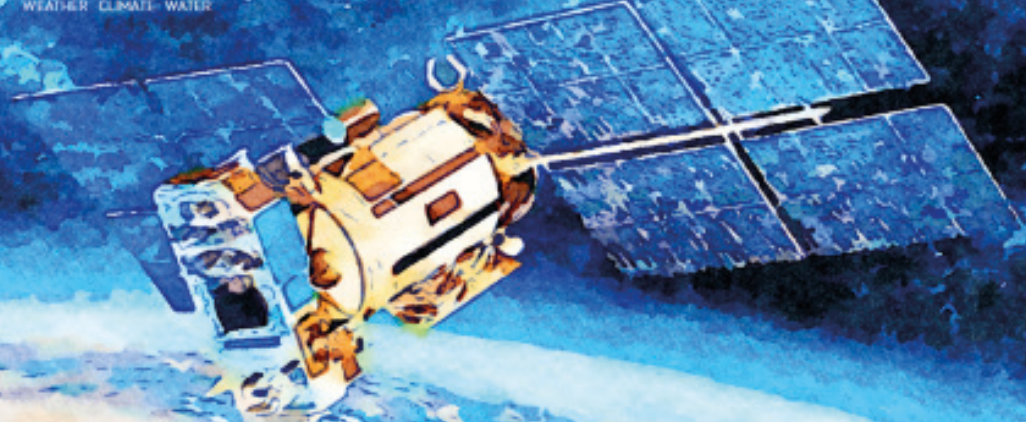
Tóth, R., Baranka, Gy. és Bozó, L., 2013: 60 éves a Marcell György Főobszervatórium. *Léggör* 58, 4–16.

Tóth, R., 2014: A napfénytartammérő élt 160 évet. *Léggör* 59, 178–180.





WORLD  
METEOROLOGICAL  
ORGANIZATION



## Early Warning and Early Action

### Meteorológiai világnap – 2022. március 23.

#### Fejes Edina

Országos Meteorológiai Szolgálat, fejes.e@met.hu

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) és a nemzetközi meteorológus közösség minden évben megünnepli a WMO Egyezmény 1950. március 23-ai hatályba lépésének évfordulóját. A Meteorológiai Világszervezet, melyet 1960 óta a Meteorológiai Világnap keretében ünnepelnek világszerte, idén a „Korai figyelmeztetés, korai cselekvés” jelmondatot választotta.

Petteri Taalas a WMO főtitkára üzenetében kiemelte, hogy „A Meteorológiai Világszervezet legfontosabb feladatának az emberi életek és javak védelmét tekinti a szélsőséges időjárási és hidrológiai események során az év 365 napjának minden egyes percében. A Meteorológiai Világszervezet – a hatásokon alapuló előrejelzések úttörője – elmozdult a „milyen időjárás lesz” kérdéskörtől a „milyen következményekkel fog ez jární” szemléletmód felé. Erre azért van szükség, hogy segítséget adjunk a változásra való felkészülésre és a hatékony cselekvésre az időjárás hatásaira érzékeny felhasználóinknak és a legkülönbözőbb területeken dolgozó ügyfeleinknek.”

Az elmúlt két évben a Covid-19 járvány következtében hozott járványügyi intézkedések miatt nem volt lehetőség arra, hogy ezt a jeles napot méltó módon megünnepeljük szolgálataunknál. Idén azonban, még betartva az érvényben lévő járványügyi szabályokat, március 23-án az Országos Meteorológiai Szolgálat dísztermében sor került az ünnepségre.

Dr. Radics Kornélia, az OMSZ elnöke megnyitó beszédében kiemelte, hogy a WMO és a meteorológusok közössége egy égető problémára hívja fel a figyelmet. A világnap a központi kérdése –mely hosszú ideje nem változik, az éghajlatváltozás. Kiemelte, hogy az emberiség legnagyobb kihívásával állunk szemben, melyet ma már a bőrünkön is érezhetünk az egyre gyakoribb szélsőséges időjárási eseményeken keresztül: hóhullámok, aszályok, erdőtűzek, áradások. A légkör egyre több vízgőzt tartalmaz, ami a rövid idő alatt lehulló extrém csapadékmennyiségben nyilvánul meg, mely következtében sok esetben halálos áldozatokat követelő áradások indulnak el. Az óceánok melegedése miatt nő a trópusi viharok száma, s ez a tendencia közeljövőben sem fog változni. Az üvegházhatású gázok koncentrációja a légkörben soha nem látott szintre emelkedett, ami a következő évtizedekre is konzerválja az éghajlatváltozást, mely maga után vonja a gleccserek olvadását és a tengerszint emelkedését. Elnök asszony rámutatott arra is, hogy az elmúlt 50 évben az időjáráshoz és



*Dr. Radics Kornélia beszédet mond az OMSZ disztermében.*

az éghajlatváltozáshoz köthető elemi csapások száma globális szinten eléri a 14 ezret, ami napi egy katasztrófa bekövetkezését jelenti. Az eseményeknek 2 millió áldozata volt világszerte, ami azt jelenti, hogy napi 150 ember hal meg az időjárási katasztrófák következtében. A megfelelő időben történő felkészülés képes az emberi életek megmentésére és a keletkező károk enyhítésére. Ezért a meteorológiai szolgálatok legfontosabb feladata az időjárás okozta természeti katasztrófák megelőzését, az élet és vagyónbiztonság megőrzését szolgáló előrejelzések biztosítása. A katasztrófák elleni védekezés ma már elképzelhetetlen az úgynevezett korai időjárási veszélyjelző rendszerek nélkül. A szuperszámítógépek, a műholdak, a távérzékelési rendszerek, valamint a tudomány és a technika fejlődése az elmúlt években jelentősen javította a meteorológiai előrejelzések és veszélyjelzések pontosságát. A mobileszközökön elérhető applikációk pedig nélkülözhetetlen segítséget nyújtanak abban, hogy az OMSZ veszélyjelzései és időjárási előrejelzései gyorsan eljussanak az ország legtávolabbi szegletébe is. Dr. Radics Kornélia kihangsúlyozta, hogy ma már nem arra keressük a választ, hogy milyen most és milyen lesz az időjárás, hanem sokkal inkább arra, hogy milyen hatása lesz az időjárásnak. Így lehet biztosítani az időjárás-érzékeny szektorok számára a felkészülést, a késlekedés nélküli, hatékony cselekvés lehetőségét. Az időben kiadott meteorológiai veszélyjelzések hazánkban rendelkezésre állnak. Az OMSZ nyílt adatpolitikájának köszönhetően a meteorológiai adatok, információk

mindenki számára ingyenesen elérhetők. Beszéde zárásaként kiemelte: „Járjunk egy lépéssel az időjárás előtt, ahogy a meteorológiai világnap mottója mondja, és meteorológiai és éghajlati információkkal csökkentjük az időjárási katasztrófák kockázatát.”

Dr. Nagy István agrárminiszter a Meteorológiai Világnap alkalmából tartott rendezvényen köszönetet mondott az OMSZ dolgozóinak az elmúlt időszakban végzett munkájukért. Az időjárás, az éghajlat és a meteorológia az egyik leggyakrabban előkerülő beszédtema. A klímaváltozás az emberiség legnagyobb problémájává lépett elő, és beférkőzik a mindennapjainkba is. Nyilvánvalóvá vált, hogy következményeit mindenki érzi és egyre érzékenyebbek leszünk azokra. A hiteles, pontos és gyors meteorológiai riasztás életeket ment és milliárdos károkat segíthet elkerülni – jelentette ki dr. Nagy István a Meteorológiai Világnap alkalmából átadott elismerések kapcsán. A miniszter arra hívta fel a figyelmet, hogy az időjárás szinte minden termelő ágazatra hatással van: érinti a mezőgazdaságot, az energetikát, a közlekedést, a turizmust vagy éppen a vízgazdálkodást. Az egyre precízebb technológiák hatékony alkalmazásához egyre pontosabb adatokra van szükség, mert az ezekből nyert elemzések és előrejelzések jelentősége megnőtt a döntések meghozatalában. A tárcavezető beszélt arról is, hogy mivel az időjárás nem ismeri a nemzeti határokat, a meteorológia fejlődéséhez globális szintű együttműködés szükséges. Nemcsak a kutatásokhoz van szükség nemzetközi összefogásra, hanem a tudományágak által



*Nagy István agrárminiszter köszöntőbeszédet mond a világnapon.*

nyújtott előnyök teljes mértékű kihasználásához is. Miniszter Úr kiemelte, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálat több mint 150 éves tevékenysége alatt felhalmozott annyi tapasztalatot és korszerű tudást, amelyből bátran meríthetünk a jövőben is. Végül köszönetét fejezte ki a meteorológus szakembereknek, akik úgy tekintenek hivatásukra, hogy tevékenységükkel, tudományos eredményeikkel az emberiség javát szolgálják.

A köszöntőt és a megnyitót követően Csonka Tamás az Időjáráselőrejelző Osztály vezetője előadását hallgatták meg a vendégek „Veszélyjelzés: készülj fel és legyen egy terved” címmel.

A hagyományokhoz híven, elnök asszony és miniszter úr átadták a Schenzl Guidó Díjakat, a Pro Meteorológia Emlékplaketteket, valamint az Agrárminisztérium elismeréseit. Átadásra került az Innováció a meteorológiáért díj is. Köszöntötték az OMSZ legkiválóbb társadalmi észlelőit, és idén immár 9. alkalommal díjazták a legjobb amatőr észlelőt, aki az Év MET-ÉSZ észlelője címet kapta.

A díjátadást követően Krajcsó Bence citeraművész, a Népművészet Ifjú Mestere díj tulajdonosa szórakoztatta vendégeinket.



*Krajcsó Bence citeraművész.*

### Schenzl Guidó Díjat kapott:

**Dr. Bonta Imre András** diplomás meteorológus, a földrajz-földtudomány doktora, az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai tanácsadó munkatársa „Az időjárás-előrejelzés, valamint a nemzetközi meteorológiai szervezetekkel történő kapcsolattartás terén kifejtett lelkiismeretes, áldozatos, sok évtizedes példamutató vezetői munkásságáért”.

**Prof. Dr. Makra László** matematika-földrajz szakos tanár, a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Gazdálkodási és Vidékfejlesztés Intézet egyetemi tanára, „A szálló por és bioaeroszol transzportjának nemzetközileg elismert színvonalú kutatásáért, sok évtizedes töretlen oktatói munkájáért, kiemelkedő nemzetközi publikációs tevékenységéért”.

### Pro Meteorologia Emlékplakettet kapott:

**Major Ágnes** meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai szolgáltató munkatársa „Az időjárás- előrejelzés és az éghajlati adat-szolgáltatás területén töretlen lojalitással végzett több évtizedes, lelkiismeretes tevékenységéért”.

**Tompa Erzsébet** meteorológus, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat Időjáráselőrejelző és Szakkiképzési Osztály meteorológus főtisztje „A meteorológiai szakképzések végrehajtásában és a meteorológiai támogatást szabályozó dokumentumok felülvizsgálatában nyújtott kiemelkedő tevékenységéért”.

**Tölgyesiné Puskás Márta** meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai tanácsadó munkatársa „Az Országos Meteorológiai Szolgálat könyvtárának magas színvonalú működtetéséért, fejlesztéséért, a szakmai kiadványok megjelentetésében nyújtott önzetlen segítségéért, a meteorológiai történeti emlékek lelkiismeretes gondozásáért”.

**Dr. Vári Péter** távközlés-technikai üzemmérnök, villamosmérnök, mérnök közgazdász, mérnök-jogász, a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság főigazgató helyettese „A meteorológiai mérések és az Országos Meteorológiai Szolgálat szakmai tevékenységének támogatásában és népszerűsítésében nyújtott kiemelkedő munkásságáért”.

### Miniszteri Elismerő Oklevelet kapott:

**Darányi Edina Gabriella** meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológus észlelő munkatársa „A Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér meteorológiai észlelési feladatainak magas szintű ellátásáért, lelkiismeretes, precíz munkavégzéséért”.

**Dragovácz Márk** meteorológiai észlelő, az Országos Meteorológiai Szolgálat nyugalmazott munkatársa „Az Országos Meteorológiai Szolgálat észlelőjeként végzett közel négy évtizedes példaértékű, lelkiismeretes tevékenységéért”.

**Kis Zsuzsanna** személyügyi szervező, az Országos Meteorológiai Szolgálat gazdasági szakértője „Az Országos Meteorológiai Szolgálat gazdálkodási szakértőjeként végzett odaadó lelkiismeretes munkájáért”.

**Kolláthné Tóth Helga** meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai fejlesztő munkatársa, „Kiemelkedő színvonalú modellezési tevékenységéért, az AROME modell felszíni asszimilációs sémájának kidolgozásáért, operatív alkalmazásáért”.

**Zsoldos Erzsébet Ida** meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat nyugalmazott meteorológus elemző szakértő munkatársa „Az adatellenőrzés területén végzett közel négy évtizedes, elkötelezett szakmai munkájáért, nyugállományba vonulása alkalmából”.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke köszöntötte és kitüntetésben részesítette a meteorológiai csapadékmérő hálózat több évtizeden át hűségesen szolgáló társadalmi észlelőit.

**Kiváló társadalmi észlelői elismerésben részesült:**

**Németh Ferenc**, aki a Markotabödögén 61 év óta végzi lelkes, kitartó munkáját.



Csoportkép a világnapi kitüntetettekkel.

**Erdődi Sándorné**, aki Gyulavári településen – néhai férjével együtt – 47 éve végzi magas színvonalú csapadékmérési munkáját.

**Szeghő Mihály**, aki 46 éve Mezőcsáton végzi példaértékű munkáját.

**Tarsoly Antalné**, aki Kőrösszakálon 41 éve óta végzi precíz, elkötelezett munkáját.

**Havasiné Kürtös Ágnes**, aki Bácsbokodon 39 éve, szüleivel Kürtös Józseffel és Kürtös Józsefnével végzik megbízható, elkötelezett munkájukat. A Kürtös család immár 73 éve észlel megbízhatóan.

Az év MET-ÉSZ észlelője-2022 címet, s az azzal járó oklevelet **Pintér Gábornak** ítélték oda, aki a Jász-Nagykun-Szolnok megyei Rákóczi falváról küldi nap mint nap észleléseit. A MET-ÉSZ rendszerbe, nem sokkal annak kora tavaszi indulása után, 2013. május 5-én regisztrált, s azóta végzi lelkiismeretesen észleléseit. Az elmúlt 9 évben 17964 észleléssel gyarapította adatbázisunkat. A meteorológiai észlelésben nagyon fontos a precíz, kitartó munka, melyben évek óta számíthatunk rá.

Immár 9. alkalommal került átadásra az Innováció a meteorológiáért díj, melyet kiváló kollégánk **Kálmán Imre** vett át. A díjat 2017-ben alapította az OMSZ elnöke, melynek kitüntette az adott időszak legproduktívabb fiatal munkatársai közül kerül ki. Kálmán Imre okleveles meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat cseppspektrummérő monitorozási rendszerének kidolgozásában és fejlesztésében nyújtott kiemelkedő szakmai teljesítményéért vehette át a díjat. Imre másfél éve került a Szolgálatához, s e rövid idő alatt számos területen bizonyította tudását, elkötelezettségét. A diszométer-hálózat monitorozási rendszerének fejlesztésén kívül részt vett az Agrárkár állomások telepítési munkájában, a radaralapon származtatott jégvalószínűségi produktumok megújításán, a hármashegy radar telepítési munkáiban, az új radarszoftverhez (EDGE6) kapcsolódó korrekciós pluginok kifejlesztésében. Ez idő alatt sikeresen elvégezte a ATSEP kezdő képzést.



## Ginger Strand: A Vonnegut testvérek – Tudomány és fantasztikum a Varázsházban

**Bozó László**

Országos Meteorológiai Szolgálat, bozo.l@met.hu

Mészáros Ernő akadémikus, nagyszámú magyar és angol nyelvű tudományos kötet szerzője, ezúttal egy rendkívül izgalmas tudománytörténeti kötet műfordítására vállalkozott.

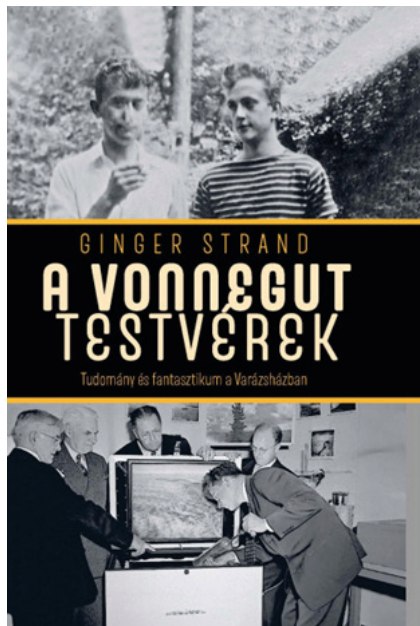
Ginger Strand könyve a tudomány és az irodalom lényegével, működésével és összefüggéseivel ismerteti meg az olvasót. Bernard és Kurt Vonnegut a 20. századi amerikai tudomány, illetve irodalom kiemelkedő képviselői. A második világháború után mindketten a General Electric vállalatnál dolgoztak, Bernard a kutatólaboratóriumban, a Varázsházban, Kurt a sajtóirodában. Bernard munkája olyan tudományos témakörhöz kapcsolódik, mint az időjárás és éghajlat emberi befolyásolása, és közvetve az időjárás előrejelzése. Kurt itthon is rendkívül népszerű regényei pedig máig aktuális és sokakat foglalkoztató kérdésekkel foglalkoznak: gép és ember viszonya (Gépzongora), a tudós felelőssége munkája következményeiért (Macskabölcső), vagy a sajátos művészi technikával íródott háborús élmények (Az ötös számú vágóhíd).

A Vonnegut testvérek háború utáni életútjának leírásán keresztül a szerző felvázolja a világháború utáni Amerika izgalmas és tanulságos társadalmi mozgásait, a hidegháború kialakulását, különös tekintettel az akkori

tudományos életre. Ritkaságnak számít, ha ismert művészek, illetve tudósok egy családban születnek. Ezek közé tartozik a német származású, de amerikai Vonnegut család, amely a 20. század második felének egyik legnagyobb íróját és légkörkutatóját adta a világnak.

„Ginger Strand figyelemre méltóan arra vállalkozott, hogy a két testvér, a tudós Bernard és az író Kurt életének egy szakaszán keresztül bemutassa a tudományos kutatás és az írásművészet működését. Fő gondolata, hogy a két tevékenység nem is áll olyan messze egymástól, sok szempontból kapcsolatban vannak. Különösen így van ez, amikor az írónak – a két atombomba ledobása után érthetően – a tudósok felelőssége lett az egyik fő témája. A szerző az olvasót érdekes élményben részesíti. Az egyik oldalon még a légkörtudomány egyik nagy kérdését, a következőn egy regény vagy novella keletkezését vázolja fel. Számomra ez különösen izgalmas, hiszen hivatásom a légkör kutatása volt, míg szabadidőmet elsősorban a szépirodalom olvasásával töltöttem” – írja Mészáros Ernő az Utószóban.

A könyvben megjelenik több, a légkörtudomány fejlődése szempontjából meghatározó jelentőségű tudós, akiknek munkája közvetlenül vagy közvetve a Varázsházhoz kötődik. Irving Langmuir, Nobel-díjas kémikus, a légköri jégkristályok létrehozását célzó kísérletek első eredményei alapján az időjárás folyamatok nagyobb léptékű módosításában látott lehetőséget: ma már persze tudjuk, hogy ez irányú optimista meggyőződése eltúlzott volt. Megtalálható a kötetben Langmuir, és a kibernetika atyjának tekintett Norbert Wiener



véleménye az időjárás előre-jelvezhetőségéről, méghozzá Neumann János elképzelésével összevetve. „Jó érzés tudni, hogy az előző évszázad néhány nagy tudósa a meteorológiának milyen nagy figyelmet szentelt” – olvashatjuk az Utószóban.

A könyvet mindazoknak ajánljuk, akik a légkörtudomány egyik fontos részterületének fejlődését hiteles társadalomrajzba ágyazva kívánják megismerni.

A kötet a Balassi Kiadó gondozásában jelent meg 2020-ban. Fordította és az Utószót írta: Mészáros Ernő

## Kislexikon

### Sarkadi Noémi

Pécsi Tudományegyetem, sarkadin@gamma.ttk.ptz.hu

**Anaerob bomlás:** Általában a levegő kizárásával végbemenő kémiai átalakulás gyakorlatilag a szerves anyagok levegő távollétében, mikroorganizmusok hatására lejátszódó leépülésének része. Az anaerob folyamatokban a szerves anyagok a zsírsavakon, aldehideken és alkoholokon keresztül hidrogénre, szén-dioxidra, metánra, kén-hidrogénre és ammóniára bomlanak. *(In: Haszpra László: Metán a légkörben: kockázatok és lehetőségek)*

**Küllős szivárvány:** Szivárvány esetén, amennyiben a napsugarak útját a felhők változó sávokban leárnyékolják, akkor a Nappal átellenes pontba koncentrálódó Tyndall-sugarakat is láthatunk. A jelenség egy küllökkel rendelkező, forgó kerékre emlékeztet. Kialakulásukban a fénytörésen kívül a fény szóródása játszik szerepet. A gomolyfelhők árnyékoló hatása miatt az észlelőhöz a szórt sugárzás nem minden esetben „ugyanolyan” intenzitással érkezik. *(In: Fotogaléria a belső borítón)*

**Lee/Luv oldal:** A meteorológiai gyakorlatban a hegységek környezetében (mint vonatkoztatási pont) meg tudjuk adni, hogy a referencia ponthoz képest hogyan fúj a szél. A referencia pont (jelen esetben a hegyvonulat) szél felőli oldala, vagy más néven luv oldala az, amelyik az uralkodó szél felé néz. A széltől védett oldalt nevezzük lee oldalnak. *(In: Kuresics Máté és Horváth Ákos: Az adriai bórától a bakonyi lejtőviharig)*

**Metanotrof:** A metanotrofok olyan prokarióták (többnyire baktériumok), amelyek szén- és kémiai energiaforrásként metánt metabolizálnak (aerob vagy anaerob módon). A metanotrofok különösen gyakoriak olyan környezetben vagy azok közelében, ahol metán keletkezik, bár egyes metanotrofok oxidálhatják a légköri metánt (vizes élőhelyek, talajok, mocsarak, stb.). A globális felmelegedéssel kapcsolatban jelentős szerepet játszanak a globális metán költségvetésben, csökkentve a légkörbe kibocsátott metán mennyiségét. *(In: Haszpra László: Metán a légkörben: kockázatok és lehetőségek)*



## 2022 tavaszának időjárása

**Marton Annamária, Szentés Olivér**

Országos Meteorológiai Szolgálat, [marton.a@met.hu](mailto:marton.a@met.hu)

Kissé hűvösebb és szárazabb volt a megszokottnál 2022 tavasza. Az évszak középhőmérséklete országosan  $10,6\text{ °C}$  volt, ami  $0,5\text{ °C}$ -kal bizonyult hűvösebbnek az átlagnál (1991–2020-as átlag:  $11,1\text{ °C}$ ). Főként az évszak első fele telt az átlagnál jóval hidegebb idővel, sok napon fagyott is, így a március és az április hónapok hőmérséklete is a normálérték alatt maradt.

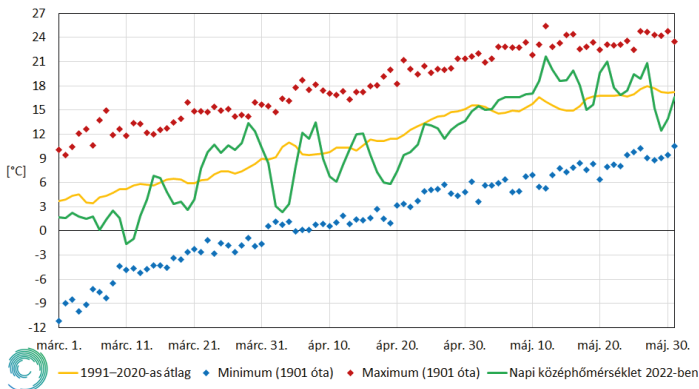
Márciusban  $0,8\text{ °C}$ -kal volt hűvösebb, míg az áprilisi középhőmérséklet  $2,0\text{ °C}$ -kal, azaz jelentősen elmaradt az ilyenkor megszokottól és ezzel 1901 óta a 32. leghidegebb április lett. Sorozatban három nagyon hűvös május után az ideai a szokásosnál  $1,3\text{ °C}$ -kal melegebb volt, többször már nyári idő és ezzel együtt nyári hőmérsékletek jellemezték, így 2022 májusa a 20. legmelegebb 1901 óta. A küszöbnapok száma is egy hideg tavaszról tanúskodik: fagyos naptól ( $T_{\min} \leq 0\text{ °C}$ ) 28 nap fordult elő, ami a szokásosnak (15 nap) közel a duplája, téli napot ( $T_{\max} \leq 0\text{ °C}$ ) nem regisztráltunk, de egy zord nap ( $T_{\min} \leq -10\text{ °C}$ ) is jelentkezett (átlag: 0 nap). Nyári naptól ( $T_{\max} \geq 25\text{ °C}$ ) 12-t regisztráltunk, ami közelíti a sokévi átlaghoz (11 nap), míg hőségnaptól ( $T_{\max} \geq 30\text{ °C}$ ) 1 volt idén tavasszal, ami megegyezik az átlaggal.

A tavaszt összességében szárazság jellemezte, országos átlagban közel 30%-kal volt kevesebb az évszaki csapadékösszeg az 1991–2020-as átlagnál, amivel a 14. legszárazabb a 122 éves adatorkunkban. A csapadékvizonyokat tekintve az egyes hónapok változatos képet mutattak. Márciusban

és májusban jelentős csapadékhiány mutatkozott, míg az április csapadékosabb volt a szokásosnál. Márciusban csupán a normál 53%-a, áprilisban a megszokottnál 20%-kal több csapadék hullott. A májusi csapadékmennyiség mindössze 47%-a volt normál értéknek, tehát az elvárt mennyiség felé se érte el, ezzel a 14. legszárazabb május lett 1901 óta. A küszöbnapok száma jól tükrözi a tavaszi szárazságot, összesen 24 csapadékos napot regisztráltunk, ami az átlagnál 6 nappal kevesebb. A havas napok száma 2 volt tavasszal, a szokásos 3 helyett. Országos átlagban 5 zivataros nap adódott, ami 1 nappal haladja meg az átlagot.

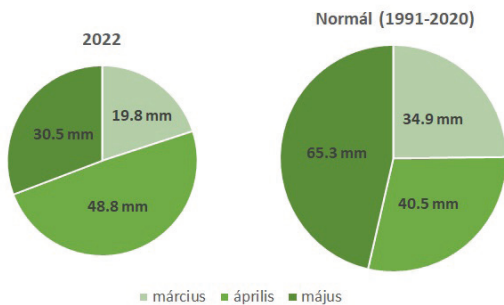
Az *1. ábrán* a 2022-es tavasz napi középhőmérsékletei, sokévi átlagai, valamint 1901 óta tapasztalt szélsőértékei láthatók. Március elején huzamosabb ideig a sokévi átlag alatt alakult a napi középhőmérséklet, a második dekád végétől viszont egészen a hónap végéig az átlagosnál jóval enyhébb volt az idő. Április első napjaiban egy erőteljes lehűlés hatására  $7\text{--}8\text{ °C}$ -os eltérés mutatkozott az ilyenkor megszokotthoz képest. Bár hasonlóan nagy eltérés már nem jelentkezett,

de elmondható, hogy a hónap során többnyire átlag alatt alakultak a napi középhőmérsékletek. Április végén, majd május elején a sokévi átlag körül mozgott a napi középhőmérséklet, ezt követően a második dekád elején 4-5 °C-kal melegebb volt az átlagnál, ekkor mértük az évszak során országosan a legmagasabb hőmérsékletet (21,6 °C). Ezt követően május második felében már nagyobb ingadozások voltak jellemzőek, de az országos középhőmérsékletek többnyire átlag felett alakultak.



1. ábra. Országos napi középhőmérsékletek, a sokévi átlag (1991–2020), illetve a szélsőértékek 1901 óta 2022 tavaszán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

A 2. ábra a 2022-es tavasz havi és évszakai csapadékösszegeit ábrázolja a sokéves átlaghoz (1991–2020) viszonyítva. A kördiagramok területi arányosak a havi és évszakai csapadékösszegekkel. Érzékelhető, hogy a 2022-es tavaszhoz

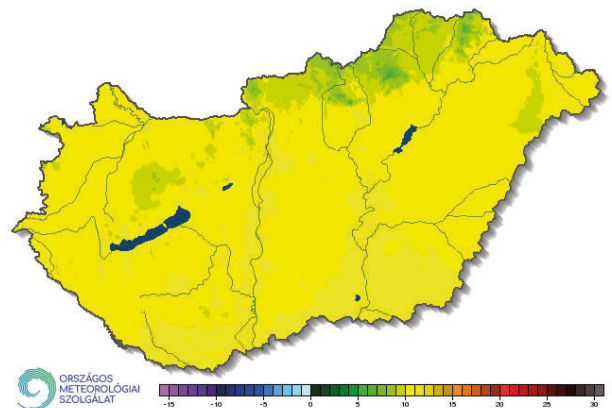


2. ábra. A 2022-es tavasz havi csapadékösszegei és a normál területarányos kördiagramon.

tartozó diagram, mintegy 30%-kal kisebb a sokévi átlagot ábrázoló diagramnál. A márciusi csapadékmennyiség az évszakai összeg negyede szokott lenni, idén ez csupán a teljes mennyiség egyötöde volt. Az áprilisi csapadék az évszakai összeg kicsit több mint az egynegyedét teszi ki általában, ezzel szemben 2022-ben az áprilisi csapadék tette ki az évszakai összeg felét. A sokéves átlagok szerint tavasszal májusban érkezik a legtöbb csapadék, ami az évszakai összeg közel fele szokott lenni. 2022-ben a tavaszi csapadéknak mindössze a harmada érkezett májusban.

### A hőmérséklet térbeli eloszlása

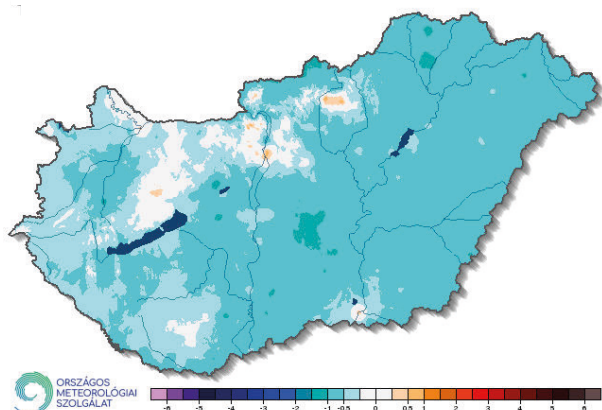
A tavaszi középhőmérséklet az ország nagy részén 10-11 °C között alakult (3. ábra), így nem meglepő, hogy országosan 10,6 °C lett az évszakai átlag. A déli határvidéken, a Tisza hazai alsó szakasza és a Duna mentén egészen a fővárosig elég nagy területen volt 11-12 °C között az évszakai átlaghőmérséklet, Szegeden és Budapesten pedig még a 12 °C-ot is meghaladta. A legalacsonyabb középhőmérsékletek az Északi-középhegységben voltak jellemzőek, a magasan fekvő területeken 7-9 °C az évszakai átlag. Évszakai átlagban a legmelegebbet Szeged belterületén (12,8 °C), a leghidegebbet pedig Kékestető állomásunkon (5,7 °C) mértük. Az ország nagyobb részén az 1991–2020-as átlagnál alacsonyabb évszakai értékek jelentkezték, döntően -1,0-0,0 °C közötti anomáliák láthatók a 4. ábrán. A teljes tavaszi



3. ábra. A 2022-es tavasz középhőmérséklete (°C).



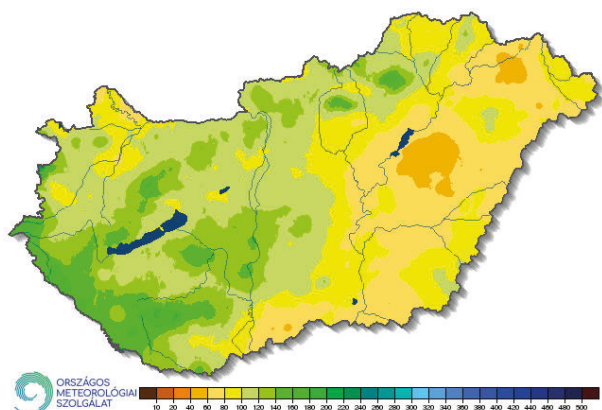
időszakot tekintve csupán foltokban jelentkezett pozitív anomália: Pest megyében több helyen, a Szegeden, a Bakonyban és a Mátrában.



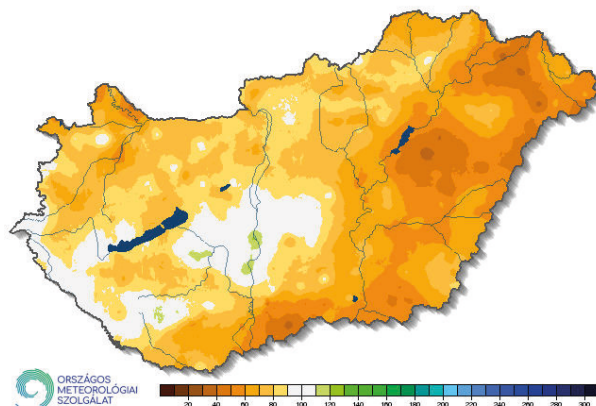
4. ábra. A 2022-es tavasz középhőmérsékletének eltérése a sokévi (1991–2020) átlagtól.

## A csapadék térbeli eloszlása

A csapadék térbeli eloszlása érdekes képet mutat a 2022-es tavasz esetén (5. ábra). A Tiszántúlon jellemzően 60-100 mm csapadék hullott az évszak során, de előfordultak olyan területek is, ahol 60 mm-t sem érte el a csapadék mennyisége. A Duna-Tisza között általában 80-120 mm volt jellemző, de a déli határ és a Tisza térsége ennél szárazabb volt, míg a hegyvidéki területeken előfordult, hogy a csapadékösszeg meghaladta a 160 mm-t. A Dunántúlon 100-140 mm, a nyugati, délnyugati



5. ábra. A 2022-es tavasz csapadékösszege (mm).

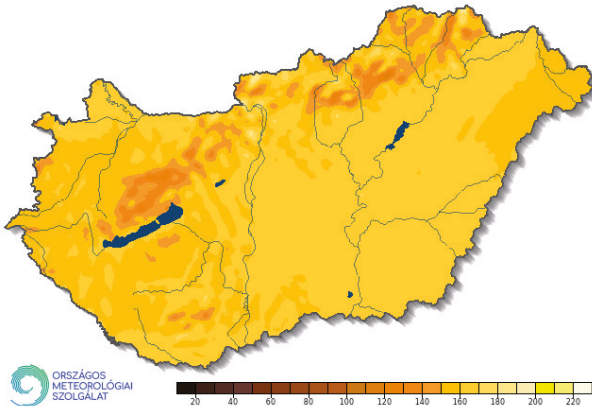


6. ábra. A 2022-es tavasz csapadékösszege a sokévi (1991–2020-as) átlag százalékos arányában kifejezve.

határ mentén ennél jóval magasabb érték is előfordultak, míg a Kisalföld szárazabb volt. A sokévi átlaghoz viszonyított csapadékösszegek jól mutatják, hogy szárazabb volt ez a tavasz a megszokottnál (6. ábra). A legjelentősebb negatív anomáliát a Tiszántúlon és Bács-Kiskun megye déli részén tapasztaltuk, ahol nagy területen a normál értéknek mindössze 40-60%-a hullott. 2022 tavaszán csupán a Dunántúl déli részén, a nyugati határvidéken, továbbá Bács-Kiskun megye északi részén mérhettük a megszokott csapadékmennyiségeket az ország többi részén kevesebb hullott a normálnál. Évszakosan a legnagyobb csapadékösszeget Mindszentgodisa állomáson (196,8 mm), a legkisebbet pedig Tiszacsermely állomásunkon (40,5 mm) mértük. A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg 49,9 mm volt, május 24-én hullott Kőszegen.

## A globálsugárzás térbeli eloszlása

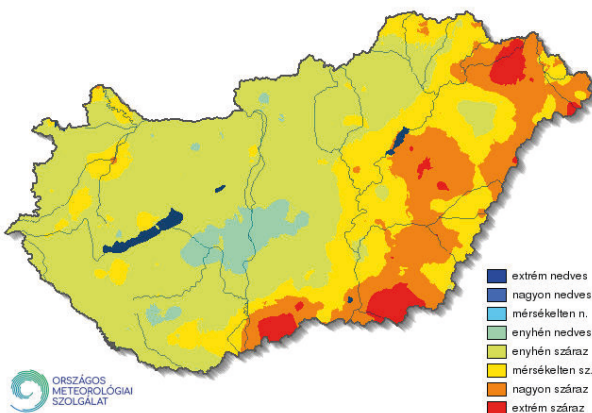
A globálsugárzás értékei 120 és 180 kJ/cm<sup>2</sup> között alakultak (7. ábra). Az ország legnagyobb részén 150-170 kJ/cm<sup>2</sup> volt jellemző. Ennél alacsonyabb értékek csupán a hegyvidékeken fordultak elő, az Északi-, és a Dunántúli-középhegység területén, Külső-Somogy egyes tájain és a Mecsek vidékén. Jellemzően a Dunántúli régiókban alacsonyabb értékeket látunk, mint a Tiszántúlon. Az Alföldön mérték a legnagyobb értékeket, valamint Pest megye kisebb területein.



7. ábra. A 2022-es tavasz globálsugárzás összege (kJ/cm<sup>2</sup>).

### Meteorológiai aszály

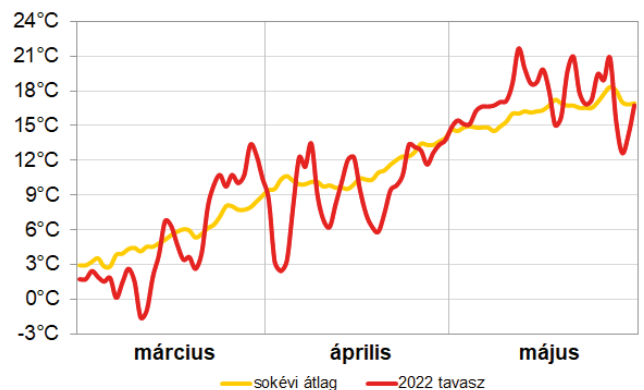
Aszály szempontjából a tavaszi időszakot összességében legjobban az SPI3 májusi eloszlása jellemzi (8. ábra). A 2022-es tavaszi csapadékösszeg jelentősen elmaradt a szokásostól, főként a Tiszántúlon és Bács-Kiskun megye déli részén jelentkezett nagyobb csapadékhiány, ezeken a területeken nagyon száraz, valamint extrém száraz feltételek is kialakultak a tavasz folyamán, de Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, Hajdú-Bihar megye bizonyos régiói, Jász-Nagykun-Szolnok és Csongrád-Csanád megyék területén is nagyon, vagy extrém száraz állapotok domináltak. Az ország többi részén az enyhén száraz kategória volt a meghatározó. Csupán a Mezőföldön és a Duna-menti síkságon alakult ki nagyobb, összefüggő terület, amely az enyhén nedves kategóriába sorolható.



8. ábra. A háromhavi SPI területi eloszlása 2022 májusában.

**Március** elején egy magassági hidegfront hatására lassan hűlt az idő (9. ábra). 8-9-én egy anticiklon peremén átmenetileg egy összeáramlási zóna hatására mérséklődött az éjszakai lehülés, így kis mértékben emelkedtek a napi középhőmérsékletek. Ezt követően a Kelet-Európai-síkság felett uralkodó anticiklon peremére került térségünk, melynek hatására északkeleti áramlással szárazabb, hidegebb levegő érkezett és okozott lehűlést. Március 11-én már több mint 6 °C-kal volt hidegebb a sokévi átlagnál. A hideg levegő beáramlásának megszűnésével fokozatosan erősödött a nappali felmelegedés, és a fagyos éjszakák dacára is növekedtek a napi középhőmérsékletek. Március 15-én éjszaka északnyugat felől egy kisebb ciklon érte el Magyarországot, ami lehűlést okozott. Március 18-tól anticiklon alakította időjárásunkat, ezért napos, száraz idő volt, eleinte kemény éjszakai fagyokkal. Fokozatosan emelkedtek a napi középhőmérsékletek, március 22-től egészen a hónap végéig a szokásosnál melegebb idő uralkodott. A hónap végére leépült az anticiklon, az átalakult nyomási viszonyok kedveztek a hőmérséklet emelkedésének, így a hónap legmelegebb napja 29-e lett.

**Április** első napjaiban egy ciklon hátoldalán sarkvidéki levegő áramlott térségünkbe, ennek hatására markáns lehülés jellemezte ezen napokat. 3-án csupán 2,3 °C volt az országos napi középhőmérséklet, ami több, mint 8 °C-kal elmaradt az átlagtól. 4-én reggel sokfelé fagyott, még



9. ábra. A 2022-es tavasz napi középhőmérsékleteinek eltérése a sokévi (1991-2020-as) átlagtól (°C).

síkvidéken is. Ezt követően nyugati áramlással enyhébb léghullámok érkeztek, így 6-án már a szokásosnál melegebb volt, de ez a periódus sem tartott sokáig, mert 8-9-én egymás után két hidegfront helyeződött a Kárpát-medence fölé. Ezt követően a hónap közepéig anticiklon fejtette ki hatását Magyarország felett. Éjszakánként többfelé fagyott, de nappal egyre nagyobb hőmérsékleti értékek jelentkeztek. 15-én egy hidegfront jelentős lehűlést hozott, április 21-ig többfelé visszatértek a fagyok is. Ezt követően csupán a fagyzugos helyeken fordult elő fagy. A hónap végén ugyan több front is átvonult, viszont egyik sem okozott nagyobb hőmérséklet-változást, fokozatosan melegeedett az idő.

**Májusban** folytatódott az áprilisban elkezdődött melegedés, így 4-én már a megszokottnál melegebb volt. Május 10-től egy hullámzó frontrendszer előoldalán tovább fokozódott a melegedés. Május 12-én az országos napi középhőmérséklet 21,6 °C volt, ami az évszak legmagasabb értéke. A 13-án átvonult hidegfront nem okozott nagyobb lehűlést, de a 17-én érkezett hideg légtömeg hatására jelentősen visszaesett a hőmérséklet. 20-án visszatért a 30 °C-os nyári meleg, majd átlag körül alakult a hőmérséklet. Május 28-tól szintén egy hidegfront okozott az átlagosnál több fokkal alacsonyabb hőmérsékleti értékeket a tavasz utolsó napjain.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
Március	24,2 °C	Gőr	március 29.
Április	26,2 °C	Szeged belterület	április 15.
Május	32,9 °C	Zagyvarékas	május 12.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
Március	-14,3 °C	Zabar	március 12.
Április	-7,3 °C	Zabat	április 12.
Május	-1,2 °C	Zabar	május 19.

I. táblázat: A tavasz hónapok során mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletek 2022-ben.

A hónap legnagyobb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
Március	53,4 mm	Őskő	
Április	109,0 mm	Bakonybél	
Május	128,4 mm	Kőszeg	
A hónap legkisebb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
Március	3,6 mm	Kübekháza	
Április	14,7 mm	Rajka	
Május	0,5 mm	Tiszaigar	
24 óra alatt lehullott maximális csapadék			
	Csapadék	Állomás	Napja
Március	45,1 mm	Bükksábrány	március 31.
Április	36,6 mm	Penyige	április 1.
Május	49,9 mm	Kőszeg	május 24.

II. táblázat: A tavasz hónapok során mért legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegek, valamint a 24 órás maximumok 2022-ben.

## 2022 tavasz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJ cm <sup>-2</sup>	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél viharos nap (f <sub>v</sub> ≥ 15 m s <sup>-1</sup> )
	évszak összes	eltérés		évszaki összeg	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	
Szombathely	726	127	159	10,4	-0,3	30,9	2022-05-12	-10,2	2022-03-12	87	66	16	5
Nagykanizsa	-	-	159	10,3	-0,5	30,0	2022-05-12	-11,1	2022-03-12	102	87	20	6
Pér	-	-	166	11,7	-0,2	27,7	2022-05-12	-6,1	2022-03-12	98	79	14	8
Siófok	-	-	-	10,3	-	30,3	2022-05-12	-11,4	2022-03-12	134	99	17	11
Pécs	-	-	166	11,6	-0,1	29,3	2022-05-12	-5,5	2022-03-12	94	59	17	9
Budapest	812	164	162	11,5	-0,4	30,9	2022-05-12	-5,7	2022-03-11	107	82	16	2
Miskolc	767	148	151	10,5	-0,5	31,5	2022-05-12	-7,5	2022-03-12	126	87	18	2
Kékestető	743	157	159	5,7	-0,3	22,4	2022-05-12	-12,3	2022-03-11	171	85	24	17
Szolnok	-	-	170	11,2	-0,6	30,8	2022-05-12	-8,2	2022-03-12	69	58	10	9
Szeged	813	179	167	11,3	-0,4	30,8	2022-05-13	-8,3	2022-03-12	68	53	14	15
Nyíregyháza	-	-	-	11,0	-0,3	30,2	2022-05-12	-6,8	2022-03-11	70	48	12	15
Debrecen	841	177	161	10,8	-0,6	29,6	2022-05-12	-8,6	2022-03-12	78	58	12	5
Békéscsaba	-	-	166	10,8	-0,8	29,2	2022-05-13	-8,8	2022-03-12	84	62	18	10

## Hírek

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

### Lezárult a KlimAdat projekt



**2022.03.31.** ■ A „KlimAdat – Az éghajlatváltozás magyarországi hatásainak feltérképezése regionális klímamodell-szimulációk elvégzésével és reprezentatív adatbázis fejlesztésével” projekt 2022. március 31-én zárult. A projektet a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) keretében 709.312.682 Ft európai uniós támogatásból valósította meg az Országos Meteorológiai Szolgálat 2016. május 31. és 2022. március 31. között. A projekt végső eredménye egy

Magyarországra és Budapestre vonatkozó mérési és modellezett éghajlati adatokat tartalmazó térinformatikai adatbázis és megjelenítő rendszer ([klimadat.met.hu](http://klimadat.met.hu)), amely segíti az éghajlatváltozás különböző ágazatokra kifejtett hatásainak vizsgálatát, az alkalmazkodással kapcsolatos tervezést és döntéshozatalt. A projekt zárórendezvényét 2022. március 30-án tartották az OMSZ központjában. A KlimAdat projektről és a zárórendezvényről bővebb információ található a [met.hu/klimadat](http://met.hu/klimadat) oldalon.

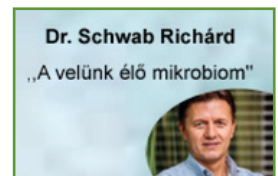
### Indul a tavi viharjelzési szezon

**2022. 04.01.** ■ Minden év április 1-én kezdetét veszi a tavi viharjelzési szezon, amely október 31-ig tart. A tavi viharjelzéseket az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Siófoki Viharjelző Observatóriuma adja ki. Az Viharjelző Observatóriumban dolgozó kollégák a nap 24 órájában figyelemmel kíséri a tavak aktuális és várható időjárását, szükség esetén pedig viharjelzést adnak ki. A viharjelzések tóparti megjelenítését a Balaton körül harminchat stabil fényjelző, a kiemelt strandokon tizenöt mobil tájékoztató fényjelző biztosítja, továbbá a tó közepén négy viharjelző lámpa figyelmeztet a veszélyes időjárási jelenségekre. A balatonhoz hasonló fényjelző lámpák működnek a Velencei-,

a Fertő-, és a Tisza-tavon is. A Velencei-tó körül három stabil fényjelző és egy mobil lámpaegység, a Tisza-tónál öt viharjelző lámpa működik. A viharjelzés aktuális állapotáról és a pillanatnyi mérési adatokról a [www.met.hu/idojaras/tavaink](http://www.met.hu/idojaras/tavaink) oldalon tájékozódhatnak az érdeklődők, ahol folyamatosan frissülő tavi prognózisaink is megtalálhatók. Az állampolgárok teljes körű tájékoztatását szolgálja az OMSZ Meteora nevű, ingyenesen letölthető mobilalkalmazása, amely arra is alkalmas, hogy a tavi viharjelzés érvényben lévő fokozatáról, illetve annak változásáról azonnal tájékoztassa a felhasználót.

### A velünk élő mikrobiom

**2022.04.29.** ■ A Magyar Meteorológiai Társaság ifjúsági köre 2022. április 29-én, dr. Schwab Richárd gastroenterológust látta vendégül az Országos Meteorológiai Szolgálat földszinti disztermében. A meteorológusok körében elég szokatlannak mondható téma létjogosultságát igazolják a meteorológia interdiszciplináris területei, például az orvosmeteorológia. A holisztikus szemlélet nyitottságot igényel, hogy globálisan tudjuk nézni a körülöttünk és a bennünk lévő világot. Nem régóta ismert, hogy a velünk szimbiózisban élő több trilliárdnyi baktérium milyen jelentős mértékben felelős az egészségünkért. Dr. Schwab Richárd gastroenterológus arról beszélt előadásában, hogy mik ezek a parányi élőlények, hogyan befolyásolják az állapotunkat. Az is nyilvánvalóvá vált, hogy minden okunk megvan arra, hogy ökoszisztémaként tekintsünk saját szervezetünkre.





## Pátkai Zsoltot kitüntették

**2022.05.02.** ■ Május másodikán rendezték meg a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságon a katasztrófavédelem központi tűzoltónapi ünnepségét. Az országos katasztrófavédelmi főigazgató a katasztrófavédelem munkájának támogatása érdekében kifejtett kiemelkedő tevékenysége elismeréseként a polgári védelem napja alkalmából emlékérmet adományozott Pátkai Zsoltnak, az Országos Meteorológiai Szolgálat időjárás-előrejelző szakemberének, katasztrófavédelmi kapcsolattartójának.

## Felhívás a prognózis bulvár veszélyeire



**2022. 05. 19.** ■ Ez év májusában a Balatoni Kör, a Balatoni Szövetség és az Országos Meteorológiai Szolgálat közösen lépett fel az elmúlt években a magyar újság-

írásban elharapózó meteorológiai előrejelzésekhez köthető öncélú kattintásvadászat címek megjelenése ellen. A meteorológiai prognózis bulvár lényege, hogy a médiák hatásvadász címekkel generálnak több figyelmet a meteorológiai témájú cikkek iránt. Az újság szerkesztői nem spórolnak a jelzőkkel: nem egy helyen olvasható a „brutális”, „durva”, „hihetetlen” kifejezés egy-egy kiadott prognózis nyomán, sőt még az „armageddon” kifejezés is megjelent. Az Országos Meteorológiai Szolgálat előrejelzéseire, veszélyjelzéseire hivatkoznak az esetek túlnyomó többségében, s az ilyen cikkekben épp a leglényegesebb információ sikkad el a hatásvadász cím mellett.

Az is gyakori és súlyos hiba, hogy a középtávú (hétnapos) prognózis utolsó napjainak is ugyanakkora beválási valószínűséget tulajdonítanak, mint a kiadást következő napokra szóló előrejelzéseknek. Az Országos Meteorológiai Szolgálat már eddig is határozottan fellépett a bulvármeteorológia műfaja ellen. A hitelrontás nemcsak az OMSZ-nak hátrányos, hanem főként a turisztikai üzletágnak, amely emiatt jelentős veszteséget szenvedhet. Éves viszonylatban, országos szinten összesítve is hatalmas károkat okozhat egy rosszul értelmezett prognózis a turizmust mellett természetesen más területeken is.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat együttműködésre kéri a sajtót a hiteles tájékoztatásban, a Balatoni Kör pedig megalapította a Döglött Béka díjat, amivel a leginkább hatásvadász prognózis címet használó médiumot büntetnék.

## Június 25-én ismét Múzeumok Éjszakája az OMSZ-ban



Az Országos Meteorológiai Szolgálat idén új témával várja a meteorológia iránt érdeklődőket a Kitaibel Pál utcai főépületében, illetve Pestszentlőrincen a Marcell György Főobszervatóriumban.

Az OMSZ székházának idei programja szervesen kapcsolódik az előző években megálmodott tematikához. 2018-ban elindítottunk egy sorozatot, melyben évről-évre egy kiválasztott meteorológiai paramétert mutatunk be. A látogatók az előző években megismerkedhettek a csapadék és a napsugárzás témakörével, idén a szél kerül terítékre. A szelet érzékeljük, formálja hangulatunkat, hatással van mindennapi tevékenységünkre és felhasználjuk, mint energiaforrást. De valójában mennyit tud róla a nagyközönség?

## Átadták a Magyar Meteorológiai Társaság díjait

A Magyar Meteorológiai Társaság 2022. május 19-én ünnepélyes keretek között adta át a 2021 és 2022 évi Társasági díjakat.

### A 2021 évi MMT szakmai díjak

**Steiner Lajos Emlékérmét** vehetett át Barcza Zoltán (ELTE Meteorológiai Tanszék) a színvonalas egyetemi oktató, kutató és témavezetői tevékenységéért, az országos léptékű bioszférikus üvegházhatású gázmérleg becslésében, a vegetáció szénháztartásának meghatározásában és klimatikus hatásainak elemzésében elért nemzetközileg elismert kutatási tevékenységéért.

**Hegyfokya Kabos Emlékérmét** kapott Pongrácz Rita (ELTE Meteorológiai Tanszék) a hazai éghajlati és éghajlatváltozási kutatások területén elért nemzetközileg is elismérésre méltó eredményeiért, színvonalas publikációs tevékenységéért és kiváló oktató-nevelő munkájáért.

**Berényi Dénes Emlékklapot** kapott Dobos Attila Csaba (Debreceni Egyetem) a közel három évtizedes kiemelkedő agrometeorológiai kutató munkájáért és oktatói tevékenységéért, a precíziós mezőgazdaság fejlesztését célzó kutatási programokban való részvételéért, Szász Gábor professzor életművének gondozásáért és továbbfejlesztéséért.

A **Hille Alfréd Ifjúsági Pályadíjban** részesült Vincze Csilla „Az időjárás hatása a méhek méztermelésére” című dolgozatáért.

A **Szakirodalmi Nívódíjat** Unger János és Gál Tamás részére a „Városklíma. Szeged városklímatológiai vonatkozásai” című művéért ítelték oda.

A **Róna Zsigmond Alapítvány 2020. évi kamatait** – mint pályadíjat – kiemelkedő tudományos tevékenységéért Somfalvi-Tóth Katalin (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézet) számára ítélte oda a Közgyűlés.

A **Götz Gusztáv Publikációs Díjat** Haszpra Tímea, Topál Dániel, Herein Mátyás (2020): On the Time Evolution of the Arctic Oscillation and Related Wintertime

Phenomena under Different Forcing Scenarios in an Ensemble Approach. *Journal of Climate* 33, 3107–3124 publikációért ítélte oda a Közgyűlés.

### A 2022 évi MMT szakmai díjak

**Steiner Lajos Emlékérmét** vehetett át Németh Péter (OMSZ) az Országos Meteorológiai Szolgálat radarhálózatának kiépítésében és a radaradatok feldolgozásában, elemzésében végzett módszertani fejlesztési munkájáért, a távérzékelésben több évtizeden át szakmai alázattal és mély emberséggel végzett eredményes, újító tevékenységéért.

**Hegyfokya Kabos Emlékérmét** kapott Szalai Sándor (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem) a több évtizedes eredményes éghajlatkutatói, tudományszervezői és színvonalas hazai, illetve külföldi oktatási tevékenységének elismeréseként.

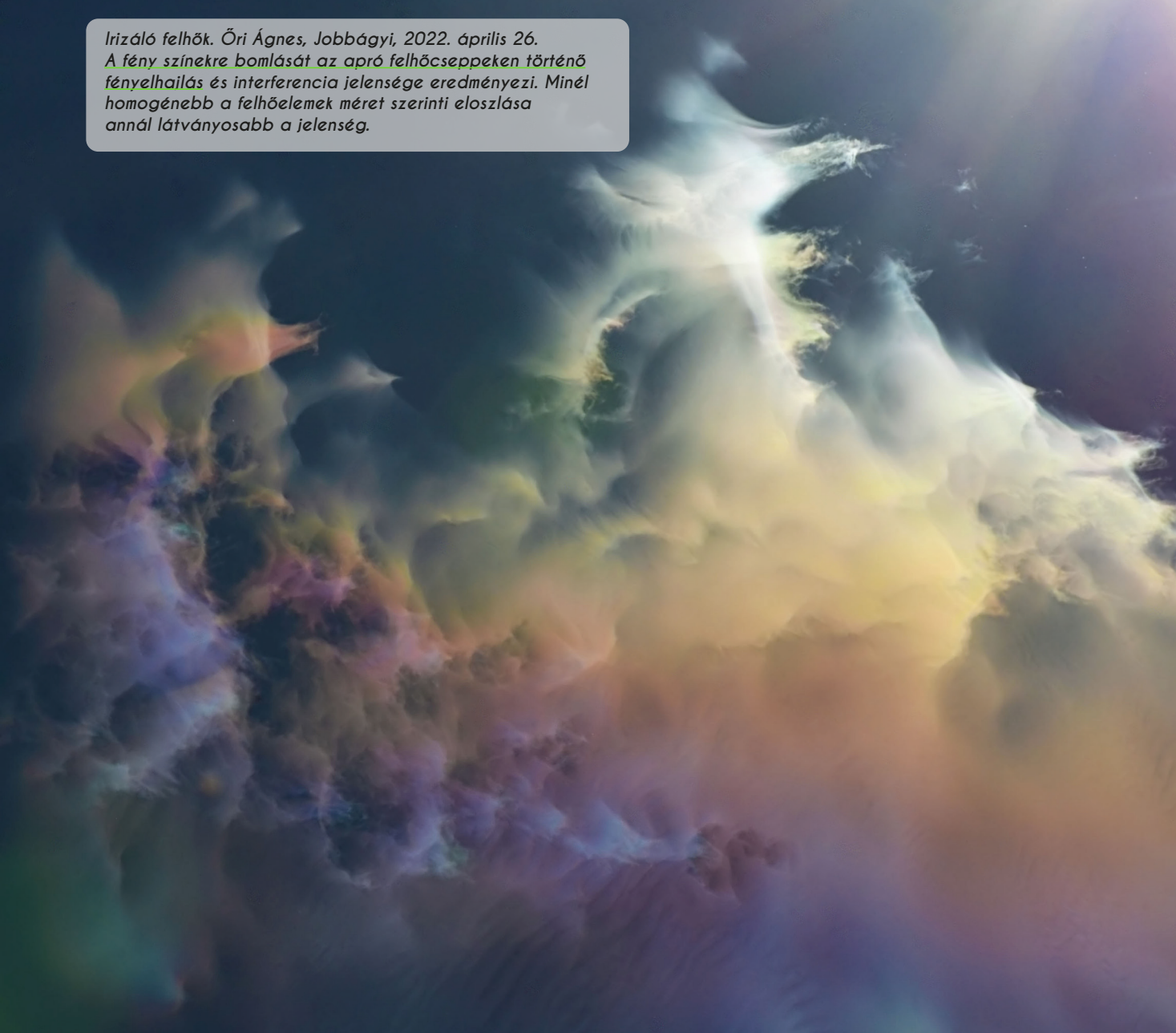
**Berényi Dénes Emlékklapot** kapott Breuer Hajnalka (ELTE Meteorológiai Tanszék) a talajnedvesség, a tényleges párolgás és talajrespiráció modellezése és klimatológiai elemzése területén elért tudományos eredményei, színvonalas publikációs tevékenysége és kiváló oktató-nevelő munkájának elismeréseként.

A **Szakirodalmi Nívódíjat** Bozó László, Haszpra László, Horváth László, Mészáros Ernő és Molnár Ágnes „Légkör-bioszféra kölcsönhatások” című műért ítelték oda.

A **Róna Zsigmond Alapítvány 2020. évi kamatait** – mint pályadíjat – kiemelkedő tudományos tevékenységéért Baár Péter (Országos Meteorológiai Szolgálat) számára ítelték oda.

A **Götz Gusztáv Publikációs Díjat** T. Varga, R. E. Fisher, J. L. France, L. Haszpra, A. J. T. Jull, D. Lowry, I. Major, M. Molnár, E. G. Nisbet, and E. László (2021): Identification of Potential Methane Source Regions in Europe Using  $\delta^{13}C_{CH_4}$  Measurements and Trajectory Modeling. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 126, 17 e2020JD033963 11,252 publikációért ítélte oda a Közgyűlés.

*Irizáló felhők. Őri Ágnes, Jobbágyi, 2022. április 26.  
A fény színekre bomlását az apró felhőcseppeken történő  
fényelhárítás és interferencia jelensége eredményezi. Minél  
homogénebb a felhőelemek méret szerinti eloszlása  
annál látványosabb a jelenség.*



*Impozáns szupercellás zivatar Szombathely mellett.  
Nanovich Nándor, Viharvadászok Egyesülete, Vát, 2022. május 24.*



# METEOSZKÓP



Az Országos Meteorológiai Szolgálat beszélgetős, interaktív műsora.  
Minden hónap utolsó csütörtökén 13:30-tól az OMSZ Facebook oldalán

 @orszagosmeteorologiaiszolgalat

Kövess minket Facebookon és nézd a Meteoszópot élőben!



## 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](http://www.mettars.hu)

## METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ÉS ÉRDEKESSÉGEK

**ELŐREJELZÉS**

**AKTUÁLIS, MÉRT ADATOK**

**ÉGHAJLAT**

**VESZÉLYJELZÉS, RIASZTÁS**

**LÉGSZENNYEZETTSÉG**



ORSZÁGOS  
METEOROLÓGIAI  
SZOLGÁLAT

[www.met.hu](http://www.met.hu)

Minden információ egy helyen az időjárásról és a meteorológiáról

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT