

52. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK

2026. NOVEMBER 26-27.

A VÍZ KÖRFORGÁSA

(összetevők, változékonyság, szélsőségek)

AZ ELŐADÁSOK ÖSSZEFOGLALÓI

A TERÜLETI PÁROLGÁS HAVI ÉRTÉKEINEK BECSLÉSE 2000 ÉS 2022 KÖZÖTT MAGYARORSZÁGON KILOMÉTERES FELBONTÁSBAN

Szilágyi József¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

A globális melegedés okozta környezeti változásokra adott adekvát vízügyi válaszreakciók tervezéséhez egyre nagyobb az igény az országra kiterjedő vízmérlegek párolgás tagjának mind pontosabb definiálására. A területi párolgás havi szintű megbízható becslése a komplementáris összefüggés (CR) termodinamikai alapú kidolgozásával és a módszer elmúlt években tapasztalt dinamikus fejlődésével vált lehetővé öt alapvető meteorológiai változó felhasználásával (nettó sugárzás, léghőmérséklet, harmatpont, légnyomás és szélsébség). ERA5-Land adatok segítségével 0,1° térbeli felbontású párolgástérképek készültek Magyarországra a 2000-2022-es időszakra (online elérhetően utólag kiterjesztve 2024-ig), majd távérzékeléssel mért MODIS felszínhőmérséklet adatok alapján 1-km-re megnövelt térbeli bontásban. A párolgás sokéves magyarországi átlagára 538 mm/év (a csapadék 89%-a) adódott, amely országos szinten 0,42 mm-el nőtt évente. A CR módszer egyszerűsége (Excelben való programozhatósága), minimális adatigénye és széleskörű globális tesztelésének köszönhetően ajánlott hidrometeorológiai, vízmérnöki, ill. klimatikus számításokhoz, amennyiben a területi párolgás havi összegeinek becslése a cél heterogén felszínek esetén (növénytakaró, földhasználat, vízellátottság, domborzat tekintetében) hozzávetőlegesen 10 km-es vagy durvább térbeli felbontásban.

A kutatás az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Programja FFT-NP-FTA számú projekt keretében valósult meg.

FELSZÍNALATTI VIZEK AZ ÁTALAKULÓ VÍZKÖRFORGALOMBAN: GLOBÁLIS TRENDEK ÉS A KÁRPÁT-MEDENCE HELYZETE

Mádlné Szőnyi Judit¹, Erhardt Ildikó¹, Simon Szilvia¹

¹ ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúra

A globális felmelegedéssel összefüggésben a Föld szárazföldi térségeinek jelentős részén szárazodás és az édesvízkészletek csökkenése figyelhető meg. A folyamat a vízkörforgalom valamennyi tározóját érinti, beleértve a hó- és jégkészleteket, a permafrosztot, a felszíni vizektől a talajon át a felszínalatti vízkészletekig. A változásokhoz az éghajlatváltozás mellett a növekvő vízhasználat, a fenntarthatatlan területhasználat és a kedvezőtlen vízgazdálkodási beavatkozások is hozzájárulnak.

A GRACE/GRACE-FO műholdas megfigyelések szerint a kontinensek tározott vízkészlete (TWS) 2002 óta jelentősen csökken. A nem eljegesedett szárazföldeken a szárazodással érintett területek kiterjedése évente mintegy 600 000 km²-rel nőtt, a folyamat pedig 2014 óta felgyorsult. Korábban elkülönülő szárazodó térségek kapcsolódtak össze kontinentális léptékű szárazodó mega régiókká; a legnagyobb Észak-Afrikától és Európától Ázsiáig húzódik. Ezzel párhuzamosan a nedvesedő területek elsősorban az Egyenlítő közelében koncentrálódnak, mindeközben a szélsőségek mindkét irányban fokozódnak. A nem eljegesedett kontinenseken a felszínalatti vízkészletek csökkenése a teljes TWS-csökkenés mintegy 68%-át adja, kiemelve a felszínalatti vizek meghatározó szerepét a globális vízkörforgalom átalakulásában (Chandanpurkar et al., 2025).

Az előadás e folyamatok tükrében értékeli a Kárpát-medence helyzetét. Az utóbbi évek markáns aszályai jelentősen érintették Magyarország vízkészleteit. A Tisza tavaszi árhullámai eltűnőben vannak, a Dunán egyre gyakoribbak a rendkívül alacsony vízállások, miközben a tavak, vizes élőhelyek és mezőgazdasági ágazat növekvő vízhiánnyal szembesülnek. A felszínalatti vízkészletek csökkenése tartós vízszint-süllyedésben és a felszínalatti víztől függő ökoszisztémák átalakulásában is megmutatkozik. A felszíni vízhiány szorosan összefügg a felszínalatti vízkészletek csökkenésével, mivel a felszínalatti vizek alapvető, ám gyakran elhanyagolt szerepet játszanak folyóink alaphozamában és felszíni vizeink fenntartásában. Az alkalmazkodás ezért a felszíni és felszínalatti vizek összehangolt kezelésére és a tározóterek integrált hasznosítására épülhet.

Acknowledgements. The research was implemented by the National Multidisciplinary Laboratory for Climate Change (RRF-2.3.1-21-2022-00014) under Hungary's National Recovery and Resilience Plan. Additionally supported by the 2023-1.2.2-HE_PARTNERSÉG-2023-00005, the European Partnership 101060874 – Water4All project, and the ELTE Excellence Fund.

Hrishikesh A. Chandanpurkar et al. Unprecedented continental drying, shrinking freshwater availability, and increasing land contributions to sea level rise. Sci. Adv. 11, eadx0298(2025). DOI: [10.1126/sciadv.adx0298](https://doi.org/10.1126/sciadv.adx0298)

A TRÓPUSI ÓCEÁNOKTÓL A BALATONIG: A VÍZ LÉGKÖRI KÖRFORGÁSA

Horváth Ákos¹, Breuer Hajnalka²

¹HungaroMet Nonprofit Zrt.

² ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

Az országban található minden csepp víz összetett fizikai-meteorológiai folyamatok által vezérelten, sok esetben a távoli óceánokból érkezik a térségünkbe. A légköri anomáliák jelentősen befolyásolják a vízciklust, árvizeket vagy súlyos aszályokat okozva. A légköri víz útját három ciklusra lehet bontani. **Az első ciklus** során a víz a meleg déli óceánokból sokszor nagyon bonyolult úton jut a nyugati szelek övébe (a Rossby övbe). A trópusokról induló, sokszor keskeny, légköri folyamként viselkedő áramlatoknak át kell haladniuk a Hadley cella leszálló ágán, a sivatagi övön, ahol az anticiklonok gyakran reteszként zárják le útjukat. **A második ciklus** során a nyugati szélrendszerek horizontálisan szétterítik, jellemzően az óceánok felől a kontinensek fölé szállítják a nedves levegőt. Az itt kialakuló szinoptikus skálájú perturbációk során, elsősorban a ciklonokban létrejövő konvergenciák és emelkedő légmozgások váltják ki a csapadékképződést. A csapadék jelentős részéért felelős ciklonok fejlődését nagyban meghatározza, hogy mennyi vízgőz áll rendelkezésre a légkörben. Ha a trópusokról kevesebb nedvesség jut fel a Rossby-övbe akkor a ciklonok kevesebb latens hőt tudnak felhasználni és csak a meridionális hőmérsékleti gradiensre (végső soron a baroklin instabilitásra) támaszkodhatnak. Ennek következtében a ciklonok északabbra húzódnak, kontinentális méretű szárazságot okozva a Rossby-öv déli területein, így Európában is. **A harmadik ciklus** a konvektív folyamatok rendszere, amikor a légköri konvekció viszonylag kis távolságokon belül forgatja a vizet. A záporok, zivatarok rendszere a szinoptikus skálájú folyamatok által meghatározott körülmények között, de önállóan szerveződve, intenzív és nagy mennyiségű csapadékot képes okozni. A konvekció természete erősen függ a környezet hőmérsékletétől és nedvességétől, magasabb hőmérsékleten szélsőségesebb formában jelenik meg: nedves légkörben kevesebb esetszámú de heves viharokat kelteve, száraz légkörben pedig termikek formájában további kiszáradást okozva.

RADAR ÉS AI ALAPÚ CSAPADÉK NOWCASTING

Korka Hajnalka¹, Hadvári Marianna¹

¹HungaroMet Nonprofit Zrt.

A csapadék-nowcasting, vagyis a következő néhány órára vonatkozó rövid távú csapadék előrejelzés, fontos szerepet játszik az időjárási rendszerek követésében, ugyanakkor a csapadékmezők helyzetének, kiterjedésének és intenzitásának gyors változása komoly kihívást jelent a minél pontosabb prognózis elkészítésében. A kutatás célja a FlowCast valószínűségi generatív modell adaptálása magyarországi, 5 perces időfelbontású kompozit radarképekre. A modell bemenetét múltbeli radarképsorozatok alkotják, kimenete pedig egy legalább egyórás időtávra vonatkozó, 12 időlépésből álló predikciós sorozat.

A FlowCast keretrendszer a radarképeket variációs autoenkóderrel tömörített látens térben reprezentálja, majd Conditional Flow Matching (CFM) eljárás segítségével tanulja meg a zajeloszlásból a jövőbeli csapadékmezőhöz vezető transzformációt. Az előrejelzés során egy közönséges differenciálegyenlet numerikus megoldásával több lehetséges jövőbeli realizáció generálható, így a determinisztikus előrejelzés mellett annak bizonytalansága is vizsgálható. A magyar radaradatokon végzett tanítás a gyenge intenzitású csapadék pontosabb előrejelzése mellett jelentősen mérsékli a hosszabb előrejelzési időknél jelentkező elmosódás effektust, amely a lehetséges jövőbeli állapotok átlagolódása és a pixelalapú veszteségfüggvények simító hatása miatt alakul ki.

A kiértékelés egymást kiegészítő módszerekre épül. A modell teljesítményét a csapadék előfordulása, intenzitása és térbeli szerkezete szempontjából, kategorikus és térbeli mérőszámok – köztük az FSS és a SAL – együttes alkalmazásával, átfogóan vizsgáljuk. Az eljárás elkülöníti az intenzitásbeli hibákat a térbeli eltolódásokból eredő eltérésektől, valamint feltárja a teljesítmény előrejelzési idő szerinti változását és az ensemble tagok közötti szórást.

A modell bemenetének megbízhatóságát AI-alapú radaradat-tisztítás támogatja. Az operatív szűrők egymástól független detektálásait gyenge címkeként felhasználva olyan szegmentációs eljárást tervezünk kidolgozni, amely felismeri például a WLAN zavarokat, és más nem meteorológiai jeleket. A cél egy olyan egységes feldolgozási lánc kialakítása, amelyben az adatminőség-ellenőrzés, a valószínűségi nowcasting és a több szempontú verifikáció közvetlenül összekapcsolódik.

A CSAPADÉK STABILIZOTÓP-ÖSSZETÉTELÉNEK TÉRBELI ÉS IDŐBELI VÁLTOZÉKONYSÁGA MAGYARORSZÁGON, VALAMINT ÖSSZEFÜGGÉSEI A METEOROLÓGIAI PARAMÉTEREKKEL ÉS A CSAPADÉK FORRÁSTERÜLETEIVEL

Czuppon György¹, Bottyán Emese², Breuer Hajnalka², Kristóf Erzsébet^{2,3}, Haszpra László⁴, Weidinger Tamás^{2,3}

¹ HUN-REN CSFK Földtani és Geokémiai Intézet

² ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

³ HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet

⁴ HUN-REN Atommagkutató Intézet, HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

A Magyar Csapadék Izotóp Monitoring Hálózat (HUNIP) 2012-ben öt mérőállomással kezdte meg működését, majd 2013-tól jelentősen kibővült; jelenleg több mint 23 állomásával Magyarország területének nagy részét lefedi. A létrejött adatbázis lehetőséget biztosít a csapadék stabilizotóp-összetételének ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ és d-többslet) térbeli és időbeli változékonyságának országos léptékű vizsgálatára. Az eredmények alapján a csapadék stabilizotóp-összetételében szisztematikus területi különbségek figyelhetők meg. Különösen Magyarország nyugati és keleti területei között mutathatók ki eltérések mind a lokális csapadékvízvonalak, mind a csapadékmennyiséggel súlyozott éves izotóptértek tekintetében. A térbeli különbségek mellett az egyes állomásokon az egymást követő évek között is számottevő változékonyság jelentkezik. Ezenfelül vizsgáltuk a csapadék stabilizotóp-összetételének és a meteorológiai paraméterek – elsősorban a levegő hőmérséklete és a csapadékmennyiség – közötti kapcsolatot is, valamint ezek szerepét a megfigyelt szezonális és évek közötti változékonyság kialakulásában. A csapadék nedvesség-forrásterületeinek meghatározását hat meteorológiai állomás 2013–2017 közötti csapadékeseményeire NOAA HYSPLIT trajektóriamodell segítségével végeztük el. Öt fő nedvesség-forrásterületet különítettünk el: atlanti, észak-európai, kelet-európai, mediterrán, valamint kontinentális/lokális eredetű légtömegeket. A vizsgált állomásokon a mediterrán térség bizonyult a legjelentősebb nedvességforrásnak, amelyet az atlanti térség követett. A mediterrán térségből származó csapadék csapadékmennyiséggel súlyozott d-többslet értékei szisztematikusán magasabbak voltak az atlanti eredetű csapadéknál. Az eredmények összességében azt mutatják, hogy a magyarországi csapadék stabilizotóp-összetételét és annak térbeli, szezonális és évek közötti változékonyságát a földrajzi helyzet, a meteorológiai viszonyok és a légköri nedvesség eredete együttesen alakítják. A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap PD 121387 és FK 138626 pályázatai támogatták.

ÚJ TÉRBELI VERIFIKÁCIÓS MÓDSZER A FELHŐZET ELŐREJELZÉSEK ÉRTÉKELÉSÉRE A HUNGAROMETNÉL

Tóth Boglárka¹, Lovász Virág¹

¹ HungaroMet Nonprofit Zrt.

A felhőzet a légkör egyik legjelentősebb tér- és időbeli változékonyságot mutató meteorológiai paramétere, ezért előrejelzése és objektív verifikációja különösen nagy kihívást jelent. Mindez nem csupán veszély- és viharjelzési szempontból bír kiemelkedő szakmai jelentőséggel, hanem a megújuló energia, azon belül is a napenergia egyre szélesebb körű hasznosítása miatt is, amely fokozott igényt támaszt a megbízható felhőzet előrejelzések iránt. A HungaroMetnél az előrejelzések folyamatos fejlesztésének nélkülözhetetlen része a rendszeres kiértékelés, amely a szisztematikus hibák feltárásán keresztül támogatja a fejlesztési irányok meghatározását. Ennek részeként kiemelten foglalkozunk a felhőzet előrejelzések verifikációjával és annak módszertani fejlesztésével.

Hazánkban a pontszerű mérésekkel történő összehasonlításához nem áll rendelkezésünkre elegendő, egyenletes térbeli eloszlással rendelkező ceilométer, így a területi lefedettség korlátainak áthidalására műholdas megfigyeléseken alapuló, térbeli verifikációs módszert dolgoztunk ki. Az eljárás egy korábban csapadék előrejelzés kiértékelésére létrehozott verifikációs eszköz továbbfejlesztésével, a GeoSphere Austria munkatársaival együttműködésben készült. Ez az új fajta megközelítés az úgy nevezett „neighborhood” technikák alapelveire épül, amely a pontszerű egyezés helyett az előrejelzett és megfigyelt felhőzet térbeli környezetét is figyelembe veszi. Előnye, hogy különböző konfigurációk mentén diverz összehasonlítást tesz lehetővé: a modellezett és megfigyelt térbeli mezőket egymás mellett, vizuális paneleken mutatja be, miközben statisztikai mutatókkal (pl. FSS) értékeli és rangsorolja a modelleket.

A MÁSODLAGOS JÉGKÉPZŐDÉS SZEREPE A CSAPADÉK KIALAKULÁSÁBAN

Sarkadi Noémi¹, Geresdi István¹

¹Pécsi Tudományegyetem, TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Földtani és Meteorológiai Tanszék

A felhőkben zajló jégképződés széles hőmérsékleti tartományban (-5 °C és -40 °C között) megy végbe az elsődleges és másodlagos jégképződési folyamatok során. Az elsődleges jégképződésért a jégképző aeroszol részecskék (INP) felelősek heterogén nukleáció révén. A megfigyelések szerint azonban a jégkristályok koncentrációja gyakran jelentősen meghaladja az aktív jégképző részecskék koncentrációját. Erre az eltérésre a másodlagos jégképződési folyamatok (SIP) adhatnak magyarázatot.

Kutatásunkban numerikus szimulációk segítségével vizsgáljuk a másodlagos jégképződési folyamatok hatását, különös tekintettel a felszíni csapadék mennyiségére, összetételére, idő- és térbeli kiterjedésére. A vizsgálatokhoz részletes mikrofizikai sémát (University of Pécs-NCAR Bin scheme) alkalmazunk, idealizált 2D kinematikai, valamint Weather Research and Forecast (WRF) modellben. Az alábbi másodlagos jégképződési folyamatok hatását vizsgáljuk: (a) cseppek fagyása során történő szétfőredés, (b) vízcsepp-jég ütközés, (c) jég-jég ütközés, valamint (d) Hallett-Mossop folyamat. A szimulációk során szisztematikus érzékenységi vizsgálatokat végeztünk (i) különféle légrétegződés, (ii) eltérő maximális feláramlási sebesség, (iii) eltérő kondenzációs mag koncentráció és (iv) különböző másodlagos jégképződési folyamatok figyelembevétele mellett. A WRF modell segítségével már komplex dinamikai-mikrofizikai kölcsönhatások együttes hatását vizsgáltuk idealizált (2D) konvektív felhők esetében. A másodlagos jégképződés (SIP) kivétel nélkül minden esetben fokozza a csapadékképződést: a SIP mechanizmusok jelenléte nemcsak a teljes csapadékmennyiséget növeli, hanem jégfázisú csapadék megjelenését is eredményezi a felszínen.

„A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap Starting 150501 pályázat támogatásával valósult meg.”

A DUNA SZÉLSŐSÉGES VÍZJÁRÁSI ÁLLAPOTAINAK VIZSGÁLATA A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAINAK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Honti Márk^{1,2}, Nagy Eszter Dóra², Négyesi Klaudia²

¹*HUN-REN-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport*

²*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék*

A Duna vízgyűjtőjén is megfigyelhetők már az éghajlatváltozás okozta hidrológiai változások, melyek a jövőben is folytatódni fognak és hatásuk akkor is érzékelhető lesz Magyarországon, ha maga az éghajlati változás országon kívül történik. A Duna hazai szakasza – ökológiai értékei mellett – számos fontos emberi tevékenységet támogat és tesz lehetővé (ivóvízbázis, öntözővíz-forrás, hűtővíz), így a várható változások ismerete és megértése elengedhetetlen a különböző vízgazdálkodási és vízhasznosítási döntések meghozatala előtt. Kutatásunk célja az éghajlatváltozás miatt várható vízhozam-változások vizsgálata volt a Duna magyarországi szakaszán csapadék-lefolyás modellezésen keresztül egy koncepcionális, részvízgyűjtő-alapú vízgyűjtőmodell segítségével. A bizonytalanság reális kezelése érdekében különböző klímamodellekből származtatható, jövőre vonatkozó predikciókat állítottunk elő és elemeztünk. A csapadék, léghőmérséklet és telítettség hiány idősorai a FORESEE meteorológiai adatbázisból, illetve közvetlen EURO-CORDEX eredményekből származtak. A projektált, jövőre vonatkozó adatok 14 regionális klímamodell eredményeit tartalmazták a 2022–2100 időszakra, az optimistább RCP4.5 és a pesszimistább RCP8.5 IPCC klímaforgatókönyvekre. A vízhozamot összesen 185, vízmércével rendelkező részvízgyűjtőre kalibráltuk a Duna vízgyűjtőjén belül Mohács állomásig, majd igazoltuk a modellt használhatóságát. Az eredmények alapján a Duna magyarországi szakaszán a jövőben enyhe átlagnövekedés mellett egyidejűleg növekedhet a vízjárás szélsőségesége is. A klímaforgatókönyvek hidrológiai eredményei között kis különbség volt a következő évtizedekre. A hagyományos hidrológiai szezonális gyengül, az év minden szakában előfordulhatnak kis- és nagyvizes események. A korábbi vízhozam-rekordok megdőlése nagyon valószínű.

A kutatás a Víz tudományi és Víz biztonsági Nemzeti Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt keretében valósult meg.

A BALATON, A FERTŐ-TÓ ÉS A VELENCEI-TÓ VÍZHÁZTARTÁSÁNAK VÁLTOZÁSAI ÉS JÖVŐBELI VÍZJÁRÁSA

Torma Péter¹, Honti Márk², Török Sebestyén Dániel¹

¹ *BME Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék.*

² *HUN-REN-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport*

A sekély tavak vízjárása érzékenyen reagál a meteorológiai viszonyok változására, ezért jövőbeli alakulásuk vizsgálata kiemelt vízgazdálkodási és ökológiai jelentőségű. Előadásunkban a Balaton, a Velencei-tó és a Fertő-tó múltbeli vízháztartási változásait, valamint – ahol megfelelő modellek állnak rendelkezésre – a 21. század végéig várható vízjárását hasonlítjuk össze. Az összehasonlítás megmutatja, hogy a közös éghajlati kitettség mellett a tavak jövőbeli vízjárását a helyi vízmérleg, a morfológia, a szabályozás és a modellezési bizonytalanságok is alakítják.

A Balaton esetében EURO-CORDEX regionális klímamodell-együttesek meteorológiai idősoraira épülő, havi hidrológiai és vízszintszabályozási modellel vizsgáltuk az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyveket. Az eredmények szerint a természetes vízkészletváltozás romlásával az alacsony vízállások gyakoribbá és tartósabbá válhatnak. Mérsékeltabb éghajlati pálya mellett a tó jelenlegi kiterjedése várhatóan fennmarad, de a megszokott vízhasználatok fenntartása időszakos vízpótlást igényelhet. Az RCP8.5 forgatókönyvben a század utolsó harmadára tartósan negatív vízmérleg és jelentős vízszintesökkenés alakulhat ki. A Fertő-tó havi vízállásait mért vízszinteken betanított, hidrometeorológiai változókkal meghajtott mesterséges neurális hálózattal becsültük, az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvekhez tartozó 14-14 EURO-CORDEX klímamodell-lánc alapján. A számítások 2100-ig nem jeleznek egyértelmű, tartós vízszintesökkenést, ugyanakkor jelentős modellbizonytalanságot és többéves ingadozásokat mutatnak. A Velencei-tóra nem készült jövőbeli modell, de megfigyelt természetes vízkészletváltozása szorosan együtt mozog a Balatonéval. Ez a két tó vízháztartását alakító regionális meteorológiai kényszerek hasonlóságára utal, és segítheti a Velencei-tó jövőbeli sérülékenységének kvalitatív értékelését.

A kutatás a Víz tudományi és Víz biztonsági Nemzeti Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú Széchenyi Terv Plusz projekt keretében valósult meg. Az első szerzőt az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00906/23) támogatta.

HAZÁNK FOLYÓINAK ÉS NAGYOBB TAVAINAK VÍZJÁRÁSÁNAK VÁLTOZÁSA

Csik András¹, Jakus Ádám¹, Kovács Gabriella¹, dr. Liptay Zoltán¹, Varga Balázs¹

¹Országos Vízügyi Főigazgatóság, Országos Vízjelző Szolgálat

Az idei év hidrometeorológiai körülményei – igaz, a megelőző évek történéseitől nem függetlenül - példátlan vízjárást eredményeztek a Kárpát-medence vízfolyásain és tavain. A valaha mért legkisebb vízállások igen sok helyen nemcsak centiméterekkel, de akár deciméterekkel is alulmúlásra kerültek, számos újabb kisebb vízfolyásunk időszakossá vált. A vízjárást modellező és előrejelző eszközök, megoldások a kisvízi tartományban intenzív és prompt fejlesztést igényeltek, illetve igényelnek az előttünk álló időszakban. Előadásomban röviden bemutatom a rendkívül alacsony mederteltségekhez vezető utat, illetve az erre adott modellezési válaszainkat.

VILLÁMÁRVIZEK METEOROLÓGIÁJA

Horváth Ákos

HungaroMet Nonprofit Zrt.

A légköri konvekció egyik szélsőséges megnyilvánulásaként előfordul, hogy kisebb területen rövid idő alatt rendkívül nagy mennyiségű csapadék hullik le, amely lokális árvizeket képes okozni. Az ilyen villámárvizeknek (flash flood) nevezett jelenség kialakulásának hidromorfológiai és meteorológiai feltételei vannak. A domborzati viszonyok meghatározóak. Egy keskeny völgybe torkolló fennsíkrol leáramló csapadékvíz könnyebben okoz hirtelen megemelkedő vízállást, mint ugyanakkora csapadék esetén egy síkterületi vízfolyás. A talaj- illetve a földhasználat szerepe ugyancsak lényeges, mivel egy humuszos, erdővel borított talaj sokkal inkább képes visszatartani a vizet, mint egy agyagos talajú kukoricatábla. A legfontosabb tényező azonban a csapadék mennyisége és intenzitása, vagyis a meteorológiai körülmények. A villámárvizek leggyakrabban zivatar vonalakhoz kötődnek, vagyis olyan mezoszkálájú konvektív rendszerekhez, ahol a zivatarcellák egy lassan áthelyeződő konvergencia vonal mentén fejlődnek vagy mozognak. Az egymást követő cellákból így egy adott területen jelentős mennyiségű csapadék képes kihullani. Ezzel szemben a zivatarláncok esetén, ahol a cellák mozgása a vonalra merőlegesen zajlik, a lehulló csapadék egy nagyobb területen oszlik el, így kisebb eséllyel okoz villámárvizeket. A villámárvizeket kiváltó konvektív rendszerek legtöbbször lassú mozgású, rendszerint cut off ciklonok karjában vagy okklúziós frontok mentén alakulnak ki. Árvízvédelmi szempontból a villámárvizek közvetlenebbül érintik a terület lakosságát, illetve a helyi védelmi szerveket és nehezebben előrejelezhetőbbek a folyami árvizeknél.

A VÍZHÁZTARTÁSI HELYZET FOLYAMATOS ÉRTÉKELÉSE, AZ ORSZÁGOS TALAJNEDVESSÉG MODELLEZÉS EREDMÉNYEI

Benyhe Balázs¹, Fiala Károly¹
¹Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság

Az antropogén eredetű éghajlatváltozási tendenciák Magyarországon egyértelműen melegebb léghőmérséklet és szélsőséesebb eloszlású csapadékok irányába mutatnak. Felismerve ennek fontosságát, az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) 2016-ban elrendelte az Operatív Vízhíány Értékelő és Előrejelző Rendszer létrehozását, mely azóta folyamatosan működik és jelentős fejlődésen esett át. A vízügy hidrometeorológiai állomáshálózata 10 év alatt 133 db aszálymonitoring állomással bővült országszerte, melyek legfontosabb tulajdonsága, hogy a meteorológiai paraméterek mellett mérik a talaj nedvességtartalmát is.

A mérési elemek kibővítésével a vízügyi ágazatnak lehetősége van az aszály és vízhiány folyamatos nyomon követésére a hidrológiai körfolyamat minden fontos részfolyamatára kiterjedően. A meteorológiai aszály időbeli alakulásának és intenzitásának meghatározására a monitoring hálózat csapadék és léghőmérséklet adatait használhatjuk fel, de bevezetésre került egy vízmérleg számításon alapuló aszályindex (HDI) is. A felszíni vizeink vízkészletének megfigyelésére száz évnél régebbre visszanyúló gyakorlata van az ágazatnak, hasonlóan a felszín alatti vizek mennyiségi vizsgálata is már közel száz éves múltra tekint vissza. A talajnedvesség mérésével Magyarországon kiegészült a hidrológiai körfolyamat méréseken alapuló vizsgálata, a csapadék és felszíni vizek, illetve a felszín alatti vizek közötti „fehér folt” eltűnik, egyre jobban megismerjük a talajokban végbemenő átnedvesedési és kiszáradási folyamatok dinamikáját és a többi részfolyamattal fennálló kapcsolatokat.

A monitoring rendszer működésének 10 éve alatt sokat változott Magyarország éghajlata, sajnos kedvezőtlen irányba. 2025-ben a Tiszán levonuló vízmennyiség (11,7 milliárd m³) negatív rekordot döntött, a megfigyelések kezdete óta ilyen kevés víz nem folyt le a Tisza szegedi szelvényében egy év alatt. A talajvíz szintek is jól igazolják, hogy a rendszer vízkészlete nagymértékben csökkent, napjainkra méterekben mérhető a hiány országszerte. Tavaink vízkészletének állapota az előbbieknél nagyobb érdeklődést váltott ki a közvéleményben, főleg a nyári strandszezon elindulásával, azonban ezek a vízmennyiségek nagyságrendben térnek el a talajból hiányzó víz mennyiségétől. Jogosan vetődött fel tehát annak az igénye, hogy a vízügyi ágazat másfél évszázados múltja során kialakult gyakorlat kibővídjön a talajnedvesség állapotok megfigyelésével és vizsgálatával.

2021-ben az OVF kezdeményezésére megkezdődött Magyarország talajnedvesség modelljének kifejlesztése. A talajnedvesség modell egy osztott paraméterű hidrológiai modell, mely a csapadék és a léghőmérséklet napi adatai alapján, a talajok vízgazdálkodási paramétereinek ismeretében számítja a talaj nedvességtartalmát az ország egész területére. 2024-2025-ben a Talajtani Kutatóintézet közreműködésével a modellezéshez használatos talajadatbázis megújult, a talajnedvesség modell pontossága pedig nagymértékben nőtt. A talajnedvesség modell elsősorban lehetővé teszi, hogy (1) a monitoring állomások, mint ellenőrzési pontok alapján a talajnedvesség mértékét országszerte meghatározzuk, azokon a területek is, ahol nincs mérőállomás. Emellett (2) lehetőség nyílik modell alapú adatminőség ellenőrzésre, mivel a modellezési eredmények segítenek kiszűrni az állomásokon előforduló mérési hibákat is. A megbízható pontosságú számított talajnedvesség adatokkal (3) új elemmel bővíthet a vízkészlet gazdálkodás gyakorlata, hiszen az ország bármely területén lehetőség lesz meghatározni a talajban kialakuló vízhiány (vagy víztöbblet) mértékét. Mindezek mellett további tudományos eredményekben is bizakodhatunk, mivel (4) a talajmodell eredményei alapján jobban leírhatóvá válik a csapadék–talajvíz kapcsolata. Összeségében tehát a talajnedvesség modellezésével lehetővé válik, hogy az országos vízkészlet gazdálkodást támogató eszköztár kiegészüljön egy olyan elemmel, mely nagyságrendileg 50 milliárd m³ víz meglétét vagy hiányát számszerűsíti.

VÍZINÖVÉNYEK PÁROLGÁSÁNAK VIZSGÁLATA PÁROLGÁSMÉRŐ A KÁDAKBAN

Simon Brigitta¹, Simon Szabina¹, Soós Gábor¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék

Az evaporáció és az evapotranszspiráció a hidrológiai folyamatok meghatározó elemei, amelyek kiemelt szerepet játszanak a környezetgazdálkodásban és a klímaváltozás hatásainak értékelésében. Kutatásunk célja két, különböző életmódú vízi makrofita-csoport párolgásának meghatározása volt, melyek a Balatonon (tó) és a Kis-Balaton Vízügyi Rendszerben (wetland) fordulnak elő. A párolgás meghatározása hagyományos párolgásmérő „A” kádak segítségével (E_p) történt. A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézetéhez tartozó Agrometeorológiai Kutatóállomáson állítottuk be, Keszthelyen, nyolc egymást követő évben (2017–2024). A növényvel beültetett kísérleti rendszerekben a párolgást a vegetációs időszakban (május–szeptember) naponta mértünk. A vizsgálat során négy kezelést alkalmaztunk: (1) tiszta vízzel töltött „A” kád, mely kontrollként szolgált (C); (2) üledékkel borított fenékű „A” kád (S); (3) üledéket és alámerülten élő, gyökerező makrofita növényzet tartalmazó „A” kád (Ps, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Najas marina*); valamint (4) üledéket és úszólevelű makrofita növényzetet tartalmazó „A” kád (Su, *Trapa natans*). A kutatás erőssége, hogy a korábbi szakirodalmak nem szolgáltatott adatokat a *Trapa natans* (sulyom) állományok által borított vízfelületek párolgásáról. A referencia-evapotranszspirációt (ET_0) a FAO-56 Penman–Monteith-egyenlet alkalmazásával becsültük. A Ps és Su kezeléseknél mért átlagos E_p értékek (4,4 és 4,8 mm nap⁻¹) szignifikánsan meghaladták a C (3,5 mm nap⁻¹) és az S kezelést (4,1 mm nap⁻¹) értékeit. A Ps és Su kezeléseknél átlagos E_p értékei között szintén szignifikáns különbséget mutattunk ki ($p < 0,001$). Az E_p és az ET_0 hányadosaként számított párolgási együtthatók (K_p) magasabbak voltak a Ps (1,06) és Su (1,14) kezeléseknél, mint a C (0,84) és az S kezelést (0,97) esetében. A vizsgált meteorológiai változók közül a napi középhőmérséklet (T_a) mutatta a legerősebb kapcsolatot a napi E_p értékekkel ($R = 0,648-0,711$).

GÉPI TANULÁS ÉS EMPIRIKUS MODELLEK ÖSSZELETÉSE A POTENCIÁLIS EVAPOTRANSZSPIRÁCIÓ BECSLÉSÉBEN

Imre Marcell¹

¹Pécsi Tudományegyetem, Földtudományok Doktori Iskola

A potenciális evapotranszspiráció (PET) becslése a hidrometeorológia egyik legnagyobb kihívást jelentő problémája. Ugyanakkor a PET rendkívül hasznos adat az aszálymonitoringban és az agrometeorológiában. Számos empirikus modellt használnak nemzetközi viszonylatban, melyek különböző bemeneti adatokat igényelnek. Ezen egyenletek egy része széles körben elterjedt, viszont a jelentős bemeneti adatigény miatt bonyolult számítási folyamatokra és sokféle meteorológiai paramétert vizsgáló meteorológiai állomásra van szükség.

Ezen kutatás célja egy olyan új, minimális adatigényű, de robosztus modell megalkotása volt, amely Magyarország területén megbízhatóan alkalmazható.

Hagyományos neurális hálók alkalmazása helyett a szimbolikus regresszió (SR) került alkalmazásra. Ez az algoritmus nem hagyományos predikciót, hanem egy transzparens matematikai képletet eredményez. A kezdeti tanításhoz kezdetben Baranya megyei meteorológiai állomások adatai kerültek felhasználásra. Módszertanilag kimutattuk, hogy a túl sok bemeneti változó, illetve a statikus bemeneti adatok fizikai torzításokhoz és túltanuláshoz vezettek. Az egyszerűségi büntetés elvének optimalizálásával összesen 200000 evolúciós ciklus lefuttatása után egy hőmérsékleti adatokra és relatív páratartalomra (RH) épülő összefüggés született.

Az új egyenlet lokális validációja kimagasló pontosságot (RMSE: 0.54 mm/nap, NSE: 0.95) mutatott, felülmúlva a vizsgált empirikus modellek hibáját. A formula térbeli transzferabilitását egy országos teszttel vizsgáltuk. 4 független, eltérő klimatikus viszonytal jellemzett HungaroMet állomáson 30000 napnyi adaton tesztelve lokális újratanítás nélkül az eredmények robusztusak maradtak (RMSE: 0.50 mm/nap, NSE: 0.94). A nevezőben lévő RH dinamikus kontrollálja a modellt, így az a nyári hőhullámok idején is stabil marad. Eredményeink bizonyítják, hogy a SR képes lehet termodinamikai összefüggések leírására. A kidolgozott formula kizárólag hőmérséklet- és RH adatokra épít, elhanyagolható szisztematikus torzítással rendelkezik, ezáltal könnyen integrálható a GIS alapú aszálytérképezéshez is.

A 2026-2.1.1-EKÖP számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium, Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs alaphól nyújtott támogatásával, az EKÖP-26-3-I-PTE-1159 kódszámú egyetemi kutatói ösztöndíj programjának finanszírozásában valósult meg.

HOGYAN ALAKULHAT A VÍZFORGALOM A HAZAI ERDŐÁLLOMÁNYOK ESETÉBEN?

Bolla Bence¹, Borovics Attila¹

¹Soproni Egyetem – Erdészeti Tudományos Intézet

Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézetének kutatásai különösen aktuálisak a klímaváltozás, az aszályos időszakok gyakoriságának növekedése és a talajvízszint-süllyedések árnyékában, amelyek halmozottan sújtják a magyarországi erdőállományokat.

Az erdei vízforgalom kutatási modelljeiben az erdőállományok vízforgalma összetett, soktényezős rendszerként jelenik meg, amelynek egyensúlyát a csapadék beérkezése, a lombozaton és a talajon keresztüli eloszlása, valamint a kipárolgás határozza meg.

Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer (EVMR) adatai, valamint a hazai hidro-meteorológiai monitoring állomások mérései alapján. Eredményei szerint a szélsőséges időjárási események (hosszú aszályok, villámárvizek jellegű heves esőzések) felborítják a hagyományos vízháztartási egyensúlyt az erdőkben is.

Az jelenlegi vizsgálatok rávilágítanak arra, hogy a fák aktív szabályozó szerepet töltenek be: aszály idején a sztomák bezárásával igyekeznek csökkenteni a vízvesztésüket, ami viszont leállítja a fotoszintézist és a fák legyengüléséhez, végső soron száradásához vezet.

Az erdők magas tényleges evapotranspirációja hűti a helyi mikroklimát és hozzájárul a konvektív csapadék képződéséhez, de a szűkös vízkészletek gyors kimerüléséhez is vezethet tartós szárazság esetén.

A vízforgalmi modellezési eredmények alapján az erdők vízfogyasztása a száraz termőhelyeken rendkívül alacsony többször alacsonyabb a kukorica és a napraforgó vízfogyasztásánál.

A Homokhátságon végzett vizsgálataink alapján elmondható, hogy a talajvízszint tartós süllyedése miatt a fák gyökérzete elveszíti a kapcsolatot a talajvízzel. Emiatt az erdők kizárólag a csapadékvízre támaszkodhatnak. Az aszályos nyári hónapokban a talaj felső rétegeinek kiszáradása miatt a vízfelvétel kritikus szintre csökken, ami a fafajok ökológiai toleranciájának határát feszegeti.

LOKÁLIS CSAPADÉKESEMÉNYEK VIZSGÁLATA FINOM-FELBONTÁSÚ KLÍMAMODELLSZIMULÁCIÓKKAL

Bordi Sára, Megyeri-Korotaj Otilia
HungaroMet Nonprofit Zrt.

A globális éghajlatváltozás jövőbeli hatásai klímamodellek segítségével vizsgálhatók. A modellek a hőmérséklet egyértelmű növekedését jelzik Magyarország térségére, a csapadék változásának irányában azonban bizonytalanságot mutatnak. A lokális, rövid idő alatt lezajló csapadékeseményeket meghatározó folyamatokat a hagyományos, 10-50 km-es felbontású regionális klímamodellek parametrizációval közelítik, ezért az ilyen típusú modellek eredményei csak korlátozottan alkalmazhatók a helyi hatások jellemzésére. A kisebb tér- és időskálájú csapadékos helyzetek leírásának egyik lehetséges eszköze 2-5 km-es térbeli felbontású, nem-hidrosztatikus regionális klímamodellek alkalmazása, amelyek a mélykonvekcióhoz kapcsolódó folyamatokat a dinamikai egyenletek segítségével közvetlenül írják le. A HungaroMet a HCLIM (HARMONIE-Climate) regionális klímamodellt adaptálta és teszteli új, részletesebb csapadékprojekciók előállítására. Az előadás bemutatja a modell alkalmazásának lehetőségeit a lokális csapadékesemények vizsgálatában, valamint azt, hogy az ilyen a modellekkel készített klímaszimulációk miként járulhatnak hozzá a jövőbeli csapadékvizonyok részleteinek feltérképezéséhez.

CSAPADÉK ÉS HŐMÉRSÉKLETI VISZONYOK MAGYARORSZÁGON A MÉRÉSEK KEZDETÉTŐL NAPJAINKIG

Szentes Olivér^{1,2}, Lakatos Mónika PhD¹, Pongrácz Rita PhD³

¹*HungaroMet Nonprofit Zrt.*

²*ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, Földtudományi Doktori Iskola.*

³ *ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*

Az éghajlati rendszer és annak változásainak vizsgálatához jó minőségű, hosszú és térben is reprezentatív adatsorokra van szükség. A mérési körülmények azonban idővel változhatnak, például az állomások áthelyezése, a műszerek cseréje, a mérési időpontok változása, az alkalmazott mérési módszerek módosulása vagy az állomás környezetének megváltozása miatt. Ezek az úgynevezett inhomogenitások nem az éghajlatváltozás következményei, ezért az éghajlati változások vizsgálatához homogén adatsorokra van szükség. Az adatsorok homogenizálására, ellenőrzésére és az esetleges hiányzó adatok pótlására a MASH eljárást alkalmazzuk. A homogén állomási adatokból a MISH interpolációs módszerrel rácsponti adatbázist készítünk. A MISH képes felhasználni a meteorológiai állomások hosszú adatsoraiban rejlő éghajlati (klímastatisztikai) információkat is. Ennek köszönhetően sokkal pontosabb becslést ad azokra a pontokra, ahol egyébként nincsenek mérések, ami kevesebb adatsor felhasználásával is lehetővé teszi az éghajlati elemek időben és térben is reprezentatív vizsgálatát.

Magyarországon a rendszeres csapadékmérések az 1850-es években kezdődtek. Az elmúlt években összegyűjtöttük a mérések kezdetétől 1950-ig rendelkezésre álló, korábban még nem digitalizált havi csapadék adatokat is, amiket a homogén és rácsponti adatsorok (HUCLIM) létrehozásához felhasználtunk. Az új adatok jelentősen kibővítették a 19. század második felére és a 20. század első felére alkalmazható állomáshálózatokat, így a mérések kezdetétől napjainkig a lehető legrészletesebb képet kaphatunk Magyarország csapadékvizonyairól. A hőmérséklet mérése Magyarországon még ennél is hosszabb időtávra tekint vissza, a rendszeresnek mondható mérések kezdete egészen 1780-ig vezethető vissza. A csapadékhhoz hasonlóan az 1950-es éveket megelőző időszakból számos középhőmérsékleti adatsort digitalizáltunk könyvekből, ami havi adatsorok mellett napi adatokat is tartalmazott. Ezen felül a homogenizálás során bevonásra kerültek további hosszú adatsorral rendelkező állomások Közép-Európából. Az előadásban bemutatjuk a csapadék- és hőmérséklet adatsorok mérések kezdetéig történő kiterjesztésének legfontosabb mérföldköveit, melyeknek köszönhetően a legrészletesebb képet kapjuk a magyarországi csapadék- és hőmérséklet viszonyokról a mérések kezdetétől napjainkig. A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-KDP-2024 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

A CSAPADÉKKAL KAPCSOLATOS SZÉLSŐSÉGEK MEGFIGYELT ÉS VÁRHATÓ VÁLTOZÁSAI

Kis Anna, Pongrácz Rita

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

Az éghajlatváltozás a hőmérsékleti értékeket tekintve egyirányú trendeket mutat hazánkban, mind az elmúlt évtizedeket, mind a 21. század során várható időszakot illetően. A csapadék esetében azonban nagyobb a változékonyság és a bizonytalanság, ugyanakkor fontos a változások ismerete, hiszen a csapadék hiánya és többlete egyaránt komoly problémát jelenthet. Elemzésünkben ezért a szárazság, valamint az extrém mennyiségű csapadék magyarországi alakulására fókuszáltunk.

A múltra vonatkozó számításokhoz a méréseken alapuló HuClim adatbázist használtuk fel, a jövőben várható értékeket pedig regionális klímamodell-szimulációk alapján határoztuk meg, különböző RCP-forgatókönyvek mellett. A szárazság jellemzésére a CDD3 indexet választottuk, amely a száraz napok (< 3 mm) egymást követő maximális számát jelenti. A szélsőségek másik végét pedig a csapadék eloszlásfüggvényének vizsgálatával és az ún. MEVD (Metastatistical Extreme Value Distribution) paramétereiben bekövetkezett változásokkal vizsgáltuk.

Eredményeink szerint a CDD3 nem változott jelentősen az 1971–2023-as időszakban a júliustól szeptemberig tartó periódusban Magyarországon, azonban a jövőben – forgatókönyvtől függően – emelkedés várható az értékeiben. A változások hazánk középső és keleti területein a legnagyobbak, a 2081–2100-as időszakra vonatkozóan, az RCP8.5-ös scenárió alapján (akár 40 napot meghaladó tartamok 20 évből 5 évben). Az eloszlásfüggvényeket tekintve a múltban (2000–2025 vs. 1971–1996) is detektáltunk egy kismértékű változást az extrémumokban. Mindezek mellett a csapadékos napok száma az Alföld egyes területein szignifikáns csökkenést mutatott a nyári félévben.

Készült az RRF-2.3.1-21-2022-00014 azonosítószámú „Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium létrehozása” elnevezésű projektben a Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Tervének keretében, az Európai Unió Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszközének támogatásával. További támogatást nyújtott a European Climate Fund (G-2508-70796).

LÉGKÖRI FOLYÓK, MINT A MÉRSÉKELT ÖV NEDVESSÉG-UTÁNPÓTLÁSI VONALAI ÉS AZOK HOSSZÚ TÁVÚ VÁLTOZÁSAI

Breuer Hajnalka¹, Kiss Alajos²

¹ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

²HungaroMet Nonprofit Zrt.

A légköri folyók fogalma nem újkeletű, az 1990-es évek eleje óta tartják számon. A légköri folyó a horizontális nedvességszállítás elnyúlt alakú maximuma, amelyet euleri szemléletben, a vertikálisan integrált nedvességtranszport (IVT) alapján, vertikális mozgásoktól függetlenül azonosítunk. A nedvességszállítás a trópusoktól a poláris területek felé irányul. Hossza jellemzően meghaladja a 2000 km-t, nedvessége trópusi és mérsékelt övi forrásból egyaránt származik. A szállítás nem egyetlen légréteg hosszú újaként valósul meg, hanem út közben – óceán felett elsősorban felszíni párolgásból származó – lokális nedvességfluxus konvergencia pótolja. A légköri folyó szemlélet a nedvesség útjára és eredetére, a szinoptikus gyakorlatban használt szállítószalag szemlélet pedig a kicsapódás mechanizmusára ad választ.

Vizsgálatunkban ERA5 reanalízis IVT mezőin az IPART algoritmussal azonosított légköri folyókat elemzünk az 1971–2025-ös időszakra. A Hadley-cella leszálló ágának északi peremén a légköri folyók szállítják a pólus irányú nedvességszállítás közel felét. Az egy légköri folyóra jutó átlagos vízgőztranszport emelkedett a vizsgált időszakban, miközben a légköri folyók éves gyakorisága és élettartama nem mutat trendet. Az emelkedés tehát az intenzitásban jelentkezik, ami összhangban van a Clausius-Clapeyron-összefüggéssel. A szállított nedvesség és a csapadék kapcsolata ugyanakkor térben erősen inhomogén, Európában észak-déli irányú dipólus rajzolódik ki. Magyarországon a havi csapadék és a szállított vízgőz kapcsolata évszakfüggő és országon belül is jelentős térbeli különbséget mutat.

Megmutatjuk továbbá a Kárpát-medencét elérő légköri folyók jellemző útvonalait, és azt, hogy az légköri folyókkal érintett napokon mennyivel több csapadék hullik, mint a légköri folyó mentes napokon. Bemutatjuk továbbá a nyomásimezők és légköri folyók térbeli klaszterezésének első eredményeit, amelyek a Kárpát-medence térségében, légköri folyókra jellemző cirkulációs elrendeződéseket különítik el.

KONVEKTÍV PARAMÉTEREK KLIMATOLÓGIAI ELEMZÉSE EURÓPA TERÜLETÉRE

Pieczka Ildikó¹, Czernecki Bartosz², Szabó Péter¹, Pongrácz Rita¹

¹ ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

² Adam Mickiewicz University, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geographical and Geological Sciences, School of Natural Sciences, Poznań, Poland

A heves zivatarok jelentős gazdasági és társadalmi kockázatot jelentenek, a konvektív időjárási jelenségek részletes elemzése azonban továbbra is kihívást jelent a klímamodellek számítási korlátai miatt. A klímaváltozás konvekcióra gyakorolt hatásainak feltárásához és az alkalmazkodási stratégiák megalapozásához fontos a konvektív paraméterek tér- és időbeli klimatológiai jellemzése, valamint annak vizsgálata, hogy ezek a jellemzők milyen mértékben őrizhetők meg csökkentett vertikális felbontás mellett. Vizsgálatunkban az ERA5 reanalízis 1981–2010 időszak adatai alapján európai klimatológiai elemzést készítettünk. A paramétereket egyrészt az összes, 137 vertikális szint felhasználásával, másrészt 10 kiválasztott vertikális szint alkalmazásával számítottuk.

A vizsgált paraméterek markáns térbeli és évszakos mintázatokat mutatnak Európában. A termodinamikai paraméterek esetében a konvektív szezon jól elkülönül, amplitúdója általában a déli területeken a legnagyobb, és észak felé csökken. A két vertikális felbontás összevetése azt mutatja, hogy a csökkentett felbontás mellett a klimatológiai tér- és időbeli mintázatok alapvetően megmaradnak, ugyanakkor az egyes paraméterek és térségek esetében szisztematikus eltérések jelentkeznek. Az eredmények alapján a 10 szintes vertikális felbontás a konvektív paraméterek európai klimatológiai vizsgálatára alapvetően alkalmas lehet, és így a jövőbeli klímamodellekből származó adatok alkalmazására is lehetőséget teremt.

A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 számú projekt keretében valósult meg, a European Climate Fund (G-2508-70796) további támogatásával. A számításokat a Komondor HPC-n (melyhez a hozzáférést a Digitális Kormányzati Fejlesztés és Projektmenedzsment Kft. biztosította) és a poznańi Szuperszámítógépes és Hálózati Központban végeztük (támogatási szám: pl0401).

AZ ASZÁLY MONITORINGTÓL AZ ASZÁLY ELŐREJELZÉSIG

Kovács Attila Viktor¹

¹*HungaroMet Nonprofit Zrt.*

Az aszály a mezőgazdasági termelést leginkább veszélyeztető időjárási szélsőségek közé tartozik. A 2022. évi rendkívüli aszály után 2026-ban egy még súlyosabb aszályhelyzet alakult ki hazánkban, ami ráirányítja a figyelmet az aszály folyamatos nyomon követésének és várható alakulása előrejelzésének jelentőségére. Az aszály kialakulását és súlyosságát a csapadékhiány mellett a talajnedvesség, a párolgási viszonyok és a növényzet vízigénye együttesen határozzák meg.

Az előadás áttekinti az aszály agrometeorológiai monitoringjának a HungaroMet operatív gyakorlatában alkalmazott legfontosabb elemeit. Bemutatjuk, miként követhető nyomon a vízhiány térbeli és időbeli változása, és milyen lehetőségeket nyújtanak a meteorológiai előrejelzések az aszályhelyzet várható alakulásának becslésére. Az operatív monitoring és az előrejelzés összekapcsolása lehetőséget teremt arra, hogy ne csak az aktuális aszályhelyzetet jellemezzük, hanem annak várható erősödéséről vagy enyhüléséről is időben információt adjunk.

KÜLÖNBÖZŐ ASZÁLY-INDEX IDŐSOROK VIZSGÁLATA A MOSONMAGYARÓVÁRI HOSSZÚ IDŐSOROS ADATOK ALAPJÁN

Jakuschné Kocsis Tímea¹, Varga Zoltán²

¹ Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem Nemzetközi Gazdálkodás Kar Fenntarthatóság Tanszék

² Széchenyi Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Talaj-, Víz- és Természettudományi Tanszék

Az éghajlatváltozás miatt Európában egyre nagyobb valószínűséggel bekövetkező aszályok súlyos kockázatot jelentenek a mezőgazdasági szektorra és az élelmiszerbiztonságra nézve. Az aszály-indexek hosszú idősorait (1871–2020) elemezzük, hogy következtetéseket vonhassunk le a múltbeli tendenciákról. A nyugat-magyarországi mosonmagyaróvári meteorológiai állomás különböző aszály-indexeinek idősorait a szokásos paraméteres és nem paraméteres módszerekkel elemezzük (lineáris trend, Mann-Kendall trend teszt).

Megfigyelhető egyrészt, hogy a száraz időszak első napja (naptári nap) szignifikánsan korábbra tolódik. Egy 10 éves időszakot tekintve ez azt jelenti, hogy az első száraz nap átlagosan 1,86 nappal korábban következik be. Másrészt a száraz időszak utolsó napja (naptári nap) szignifikánsan későbbre tolódik. Ez 10 év alatt 0,85 napos késedelmet jelent. Következésképpen nem meglepő, hogy a száraz időszak időtartama szignifikáns lineáris emelkedő tendenciát mutat, ami úgy értelmezhető, hogy 10 év alatt Mosonmagyaróváron átlagosan 2,7 nappal hosszabb száraz időszakok tapasztalhatók. Az éves aszály-index (ARI) a vizsgált időtartam alatt szignifikáns monoton emelkedő tendenciát mutat. A szezonális aszály-indexek értékei – a nyári időszakot kivéve – emelkednek. Megvizsgáltuk az Erdészeti Szárazsági Index alakulását is, de az nem mutat statisztikai szempontból igazolható változást. A Pálfaí-típusú aszály-index idősorában azonban szignifikáns emelkedés tapasztalható a Mann-Kendall trend teszt alapján.

A bemutatott eredmények arra engednek következtetni, hogy a szárazság intenzitása is növekvő tendenciát mutat, leginkább télen és tavasszal, legkevésbé pedig nyáron, amely az aszály szempontjából a legkritikusabb időszak. Ezek a tendenciák arra utalnak, hogy a téli–tavaszi talajnedvesség-pótlás egyre nagyobb problémát jelent majd, ami – a növények tavaszi vízellátásának csökkenése révén – közvetetten növeli a nyári aszály kockázatát. Mindezek a folyamatok természetesen az aszályok gyakoriságának növekedéséhez vezetnek, amit alátámaszt az a tény is, hogy az elmúlt öt évből négyben jelentős aszályok fordultak elő Magyarországon.

METEOROLÓGIAI ELEMEEK HATÁSA A VÍZI AVARLEBONTÁSRA ÉS CO₂-KIBOCSÁTÁSRA A BALATON VÍZGYŰJTŐJÉN

Simon Szabina¹, Anda Angéla¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék

A vízi avar lebomlása a szénforgalom fontos eleme, amelynek intenzitását a meteorológiai és vízkémiai környezet, különösen a hőmérséklet jelentősen módosíthatja. Vizsgálatainkat téli időszakban a Balaton vízgyűjtőjén hét, eltérő termikus és hidrológiai karakterű helyszínen végeztük: a Balaton Keszthelyi-öblében, a Kis-Balatonon, a Zala-torkolatnál, a Hévízi-tóban, valamint a Hévízi-lefolyó három, hőmérsékleti gradiens mentén kijelölt pontján. A vizsgálati időszak az 1981–2010-es klímanormálhoz képest átlagosan mintegy 3 °C-kal melegebb volt, míg a csapadékösszeg 16,7–24,0%-kal haladta meg a sokéves átlagot. A vízhőmérséklet helyszíni átlaga 3,1 és 23,9 °C között változott. A vizek enyhén lúgosak voltak, és több vízkémiai változó jelentős térbeli különbséget mutatott. A terepi hőmérsékleti viszonyokra építve 98 napos mikrokozmosz-kísérletben a Kis-Balaton heti átlagos vízhőmérsékletét, illetve annak +2 °C-kal emelt változatát alkalmaztuk különböző nád-, gyékény- és aranyvessző, valamint fűz-, nyár- és kevert avar (fűz és nyár) lebontásának vizsgálatára. A növényi anyagot tartalmazó minták CO₂-kibocsátása szignifikánsan meghaladta a kontroll mintáékét ($p < 0,001$), és a +2 °C-os kezelés valamennyi vizsgált növényi anyagnál fokozta a kibocsátást. A növényfaj, a növényi rész és kölcsönhatásuk mindkét hőmérsékleten szignifikáns hatást gyakorolt a CO₂-kibocsátásra; az interakció emelt hőmérsékleten erősebb volt. A melegítés mellett minden növényi rész teljes széntartalma csökkent. Eredményeink arra utalnak, hogy már mérsékelt téli vízhőmérséklet-emelkedés is fokozhatja a víz alatti avar mineralizációját és az ahhoz kapcsolódó CO₂-kibocsátást, így a hőmérséklet a téli vízi szénforgalom érzékeny szabályozó tényezője lehet.

A KIS-BALATON (INGÓI-BEREK) NÁDÁLLOMÁNY FRAGMENTÁCIÓJÁNAK VÁLTOZÁSAI TÁVÉRZÉKELÉSI ADATOK ALAPJÁN 2017 ÉS 2025 KÖZÖTT

Soós Gábor, Anda Angéla*

MATE Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Agronómia Tanszék.

A szélsőségesse váló éghajlat és a helytelen vízgazdálkodás egyre inkább veszélyeztetik a vizes élőhelyeink működését. A vizsgálat az Ingói-berek nádasaiban, a Kis-Balaton egyik kritikus, érintetlen élőhelyén, 2017-2025 között lejátszódott szélsőséges hőmérséklet és emberi beavatkozás (vízszintcsökkentés) hatására bekövetkezett nádállomány változásokat követi nyomon. A vegetáció változásait nagy felbontású Sentinel-2 műholdfelvételek segítségével, NDVI, LAI és tájmetriai mutatókkal értékeltük augusztusban, a legnagyobb LAI bekövetkezése idején. A nádasokra jellemző átlagos NDVI-érték augusztusban 2022-ben 0,325, míg 2017-ben és 2020-ban 0,825 volt. A hőmérséklet viszonyok jellemzésére a napi átlaghőmérséklet helyett a napi maximum hőmérsékleteket alkalmaztuk, mely jobban követi a szélsőségesse váló időjárás változásait. A vizsgálat meglehetősen rövid ideje alatt is tapasztaltunk melegekedést az Ingói-berek területén, amennyiben a 35 °C-ot meghaladó napi maximumhőmérsékletek száma alapján. Addig, amíg 2017-2021 között az extrém meleg (35 fok feletti maximumok) napok száma évi átlagban három volt, 2022 után ez az érték ötre emelkedett augusztusban.

Az eredmények azt mutatják, hogy a 2022-ben végrehajtott, irányított vízszint-csökkentés – amely egybeesett a rekordot döntő hő-stresszel – a nádborítást 80%-ról 45,4%-ra csökkentette, és a folytonos összefüggő élőhely gyakorlatilag eltűnt. Ez a beavatkozás egyúttal az élőhely-fragmentáció fokozódásával is egybeesett: a foltok sűrűsége 275%-kal emelkedett, míg a szélsőséges hőhatás 54,9%-os algavirágzást is előidézett. Bár a növényzet 2022 után kezdett helyreállni, a nádsűrűség közepes szinten maradt. Az exponenciális trendeken alapuló előzetes előrejelzések szerint 2026 nyarára a nád teljesen megújul, feltéve, hogy nem következik be újabb szélsőséges hőhullám. Ez a kutatás aláhúzza annak szükségességét, hogy távérzékelést alkalmazzunk olyan vizes élőhelyek sebezhetőségének figyelemmel kísérésére, ahol a hagyományos terepi mérések kivitelezhetetlenek.

VÍZGŐZNYOMÁS-HIÁNY (VPD) VÁLTOZÁSA, VIZSGÁLATA CSAPADÉKOS ÉS ASZÁLYOS ÉVEKBEN

Szobonya Nikoletta, Biró Csilla Karina, Császár Nikolett, Dóka Imre Péter, Felföldi Anita, Kocsis Áron
Nemzeti Agrárgazdasági Kamara

A vízgőznyomás-hiány (VPD–Vapour Pressure Deficit) a levegő és a növény párologtatása közötti egyensúly egyik legfontosabb mérőszáma. Megmutatja, hogy a levegő mennyire „szomjas”, azaz, hogy a levegő mennyi vizet képes elvonni a növényektől. A VPD értéket főként a levegő hőmérséklete és a relatív páratartalom határozza meg. Az utóbbi évtizedekben Magyarországon egyre gyakrabban tapasztalunk hosszan tartó, súlyos aszályokat, amelyek magas VPD-értékekkel is jól jellemezhetőek. Csapadékosabb és hűvösebb időszakokban ezzel szemben a VPD-értékek általában alacsonyabbak, ami kedvezőbb feltételeket jelez a növényzet számára.

A VPD különösen a nyári hónapokban jelzi jól az aszályhelyzetet. Az egyes növényfajok eltérő szárazságtűrő képességgel rendelkeznek, növekedési fázisaik és betakarítási idejük is különbözik, ezért a VPD elemzésekor a növény-specifikus sajátosságokat is célszerű figyelembe venni. A növények számára optimális VPD-tartomány a 0,4 és 1,5 kPa közötti, ilyenkor megfelelő a párologtatás és a növényfejlődés. Ha a VPD értéke nagyobb, mint 2,5 kPa, az már jelentős stresszpotenciál a növény számára, a 3,5 kPa-nál nagyobb értékek a legsúlyosabb helyzetek előfordulását jelzik.

Az elemzéshez a HungaroMet oldalán elérhető adatokat használtuk fel. 2002-től 2026-ig áll rendelkezésre egységesen 72 olyan mérőállomási adat, amelyek alapján számoltuk országosan, illetve vármegyénként a VPD-értékeket és azok változásait. A kapott eredményekből napi, havi, éves és évtizedes értékek is készültek, így lehetőség nyílt a szezonális mintázatok, időbeli tendenciák, valamint a területi különbségek elemzésére is.

Vizsgálatunk célja a legaszályosabb és a legcsapadékosabb évek mezőgazdasági szempontból kiemelt nyári hónapok összehasonlítása. Megállapítható, hogy a jövőben a magas VPD-értékekkel járó időszakok gyakoribbá válhatnak, ezért az aszályos periódusok kezelése, az öntözési stratégiák és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás kulcsfontosságú tényezők lesznek a hazai mezőgazdaság fenntarthatóságában.

A LÉGKÖRI KONVEKCIÓ ÉS A BALATON KAPCSOLATA

Kurcsics Máté^{1,2}, Geresdi István², Horváth Ákos¹

¹*HungaroMet Nonprofit Zrt. Siófoki Viharjelző Observatórium*

²*Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet*

A Balatonnál április 1. és október 31. között tavi viharjelző rendszer üzemel, melynek egyik legfontosabb feladata, hogy időben figyelmeztessen a térségben előforduló zivatarok veszélyére. Május és augusztus hónapok között átlagosan három naponta figyelhető meg zivartartevékenység a Balatonnál. Az ehhez kapcsolódó kifutószél és villámtevékenység az egyik legnagyobb veszélyforrás a fürdőzők, vitorlázók és horgászok számára.

A Balaton a zivatarok fejlődésére jelentős hatással van. Befolyásolja a labilitási viszonyokat, a légnedvességet, valamint nyugodt időjárási körülmények között a tavi cirkuláción keresztül a fel- és leáramlási régiók helyét is. Nappal a víz felett a levegő hidegebb a környezeténél, amely gátolja a zivatarok kialakulását, ugyanakkor a parti konvergenciavonalak mentén kifejezetten kedvezőek lehetnek a feltételek a mély konvekcióhoz. A parti cirkulációból származó szélnyírás a már kialakult zivatarokat tovább erősítheti.

A Balatontól északra húzódó Bakony vonulata szintén befolyásolja a zivatarok fejlődését a nappali órákban. Az orografikus emelést további hatások is segíthetik: a Bakony déli oldalán a parti cirkulációból származó délkeleties szél, míg a hegység északi oldalán a Dunántúlon leggyakoribb, északnyugati alapáramlás erősítheti a konvergenciát. Mindezek következtében többször a Bakony felett alakulnak ki az országban az első gomolyfelhők, majd később zivatarfelhők.

A kutatásban radar és villámlokalizációs mérések, valamint a felszíni mérőhálózat adatai alapján vizsgáljuk a zivatarfelhők fejlődését a Balaton térségében. Az esettanulmányok és statisztikai elemzések mellett a Balaton és a Bakony konvekcióra gyakorolt hatását a WRF modellel is elemezzük.

CSAPADÉKSZÉLSŐSÉGEK TRENDJE KÜLÖNBÖZŐ TÉR- ÉS IDŐSKÁLÁKON

Simon Csilla¹, Lakatos Mónika¹, Izsák Beatrix¹, Szentés Olivér¹

¹*HungaroMet Nonprofit Zrt., Éghajlatkutató Osztály*

Az emberiséget érintő legnagyobb kihívások egyike a napjainkban zajló, antropogén tényezőkkel felerősített éghajlatváltozás, amelynek következtében emelkedik a globális átlaghőmérséklet, ez pedig a vízciklusra is hatással van. Magyarországon az éves csapadékösszeg 600 mm körül alakul sokéves átlagban az 1991–2020-as normál időszakban, azonban annak térbeli és időbeli eloszlása jelentős változékonyságot mutat. Habár a 20. század eleje óta az éves csapadékösszeg területi átlagában szignifikáns trend nem mutatható ki, azonban az utóbbi évtizedekben a csapadék szélsőséges jellegének erősödése figyelhető meg.

A HungaroMet Éghajlatkutató Osztályának egyik feladata az éghajlat állapotában bekövetkező változások folyamatos nyomon követése és az ennek alapját jelentő jó minőségű, homogenizált, szabályos horizontális rácsra interpolált HuClim éghajlati adatbázis előállítás és rendszeres frissítése. A csapadékviszonyok elemzésekor az éves, havi és évszakai csapadékösszegek idősorának vizsgálata mellett kiemelt szerepet kapnak a napi összegekből származtatott éghajlati indexek. Ezek között vannak egy adott küszöbértéket meghaladó események gyakoriságát leíró, vagy időtartamot, például a száraz időszakok hosszát kifejező indikátorok is. Ezek segítségével jellemezhetők a csapadékhoz kötődő szélsőségek előfordulásában megfigyelt változások, amelyek vizsgálata az éghajlati monitoring fontos részét képezi, és hozzájárul a klímaváltozás hatásainak részletesebb feltáráshoz.

Elemzésünkben a HuClim adatokat alapul véve néhány, extrém csapadékeseményhez kötődő éghajlati index 1901–2025 közötti időszakra becsült trendjét mutatjuk be Magyarországon. A napi időskála mellett, automata mérési adatok alapján, órás csapadékösszegekből származtatott szélsőség indexek alakulására is mutatunk példát.

TERÜLETI PÁROLGÁS ÉS EFFEKTÍV CSAPADÉK BECSLÉSEK

Weidinger Tamás^{1,2}, Koncz Péter², Kristóf Erzsébet^{1,2}, Báder László³, Torma Péter^{3,4}, Lehoczki Róbert⁵, Petrik Ottó⁵

¹ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

²HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Restaurációs Ökológiai Kutatócsoport

³BME Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

⁴HUN-REN-SZTE Fotoakusztikus Környezetifolyamat-megfigyelési Kutatócsoport

⁵Lechner Tudásközpont Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság

A területi párolgás, vagy potenciális vízhiány meghatározása, változásainak elemzése egyre aktuálisabb feladattá válik. A „Megújuló adatokra támaszkodó, ökoszisztéma-szolgáltatás alapú zöldinfrastruktúra-fejlesztések stratégiai tervezésének megalapozása” (ÖSZ-ZI, KEHOP_PLUSZ-3.2.2-24-2024-00002) című négyéves program 2025-ben indult. Az országos célok között szerepel olyan adatbázis és döntéstámogató rendszer kialakítása, ami alkalmas az ökoszisztéma-szolgáltatások felmérésére, segítve az élhető környezet megőrzését. E területen 12 munkacsoport dolgozik a pollináció témakörétől a vízmegtartásig. A változó, szárazodó klímánk mellett különösen fontos a Tájai Mikroklíma-szabályozás Munkacsoport tevékenysége. Kiemelt szerepet kap a vízháztartás modellezése, az ökoszisztémák szegélyeinek (pl. erdősávok, erdő-szántó határok), valamint a felszínborítottság mikroklíma-szabályozásra gyakorolt hatásának számszerűsítése.

A klíma-indikátorok között szerepel a Feddema-féle klímaosztályozás, a potenciális párolgás (PET) és a potenciális vízhiány ($P - PET$, ahol P az évi csapadék), továbbá a párolgás (ET) és az effektív csapadék ($P - ET$). Fontos továbbá i) a felszínhőmérsékletet, például a talaj- és a vízvédtelemben, vagy a potenciális hűtés becslésében, s ott van még ii) a párolgáshányad, a párolgás és a sugárzásegyenleg hányadosa, ami az éghajlati rendszer működésének „hatékonyság-vizsgálatát” segíti.

Az indikátorok előállítását i) rácsponti éghajlati adatbázisok (ERA5, ERA5-Land, FORESEE), ii) a HungaroMet adattár, valamint iii) nagyfelbontású, felszíni adatbázisokra támaszkodva végezzük el a két referencia-évre (2016 és 2023), továbbá a 2020–2050-es időtávra. Az eredményeket térképes formában (10 km-es, illetve 1 km-es rácsfelbontással) valamint rácsponti idősorok elemzésével adjuk meg, jellemzően havi léptékben.

A potenciális párolgást (PET) i) Thornthwaite módszerével, valamint ii) a Penman–Monteith-egyenleten alapuló FAO56 módszertan alapján számítjuk. A párolgást (ET) kétféle módszerrel határozzuk meg: i) a BME-n kifejlesztett komplementáris elmélet alapján, illetve ii) az egydimenziós csőbőr-modell segítségével, a talaj hidrofizikai tulajdonságai és/vagy a felszínborítottság ismeretében. Elemezzük i) a különböző módszerekkel számított potenciális párolgás és a tényleges párolgás értékeit, ii) az effektív csapadék trendjeit, s iii) becslés adunk a talaj 1 m-es felső rétegében a víztartalom menetére. Számszerűsítjük az erdőszegélyek párolgástöbbletét a szántóföldekhez, illetve a belső erdőterületekhez képest.

A komplementáris elmélet szerint például a 2000 és 2025 között a párolgás trendszerű növekedése 13 mm volt nagy évek közötti változékonysággal, 460 mm minimális és 585 mm éves maximális értékek között. A 2023-as referencia évben az országos csapadékátlag 767 mm volt (erősen átlag feletti), a számított párolgás pedig 565 mm volt 400–700 mm közötti területi értékekkel. További céljaink között szerepel a számításokban rejlő bizonytalanságok számszerűsítése.

DOI: 10.21404/52.MTN.2026
ISBN 978-963-9931-28-2 (online)

Kiadja a HungaroMet Nonprofit Zrt.
1024 Budapest Kitaibel Pál u. 1.
Telefon: (1) 346-4600
E-mail: hungaromet@met.hu
URL: www.met.hu

Szerkesztette: Ferenczi Zita

Kiadásért felel: Szanka Gábor Gyula, a HungaroMet Nonprofit Zrt. vezérigazgatója

Budapest – 2026