51. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK

2025. DECEMBER 4-5.

A meteorológia válasza a környezeti kihívásokra

AZ ELŐADÁSOK ÖSSZEFOGLALÓI

ÁTALAKULÓ EURÓPAI ENERGIASTRATÉGIA – FÓKUSZBAN A DEKARBONIZÁCIÓVAL ÉS AZ ELLÁTÁSBIZTONSÁGGAL

Aszódi Attila, Biró Bence
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Természettudományi Kar,
Nukleáris Technikai Intézet

Az energiaszektor fontos jellemzője, hogy abban nagy beruházási költség igényű, bonyolult rendszerek működnek, amelyek hosszú megtérülési idejű és összetett technológiájuk miatt lassan változnak, ugyanakkor egyáltalán nem mondhatjuk, hogy az energiaszektor ne változna. Mind az energiatermelés, mind az energiaellátás- és felhasználás területén jól leírható korszakok jellemzik. A megatrendek itt is jellemzőek. Az utóbbi éveket egyértelműen a dekarbonizáció, a karbonsemleges technológiák preferálása, az orosz-ukrán háború okán az ellátásbiztonság felértékelődése jellemezte. A megújuló energiahordozók terjedése mellett sok országban újra előtérbe került a nukleáris energia fokozottabb felhasználása, a meglévő atomerőművek üzemidő-hosszabbítása, 3. generációs nagy erőművek építése, kis moduláris reaktorok (SMR-ek) megjelenése. A háztartások hőellátásában a földgáz visszaszorulását, és a hőszivattyúk elterjedését figyelhettük meg. Merről jönnek és merre haladnak, hogyan folytatódnak ezek a folyamatok a következő 15 évben? Ezekkel a kérdésekkel foglalkozik az előadás.

DESTINATION EARTH PROGRAM AZ ECMWF RÉSZVÉTELÉVEL: EXTREM IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK ELŐREJELZÉSE

Szintai Balázs[1,2]
[1]*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Bonn, Németország*
[2] *HungaroMet Nonprofit Zrt*

A Destination Earth kezdeményezés keretében az ECMWF 2023 nyara óta folyamatosan futtatja az Extremes Digital Twin (DT) modellt. Az Extremes DT 4,4 km-es horizontális felbontást alkalmaz, naponta egyszer futtatják 4 napra előre. A számítási kapacitás korlátai miatt a rendszer egyelőre egyetlen determinisztikus előrejelzésből áll. Jelenleg három megközelítést vizsgálnak az Extremes DT bizonytalanságának számszerűsítésére: (i) 4,4 km felbontású, 10 tagú fizikai ensemble használata, (ii) gépi tanulás alkalmazása az operatív 9 km-es ensemble rendszerből származó bizonytalansági információk 4,4 km-re történő leskálázására, és (iii) statisztikai/neighbourhood (NB) módszerek alkalmazása a bizonytalanság számszerűsítésére.

Ebben az előadásban az NB-módszer implementálását és első eredményeit ismertetjük. Az NB-módszer célja, hogy egyetlen, nagy felbontású determinisztikus előrejelzésből adjon becslést a bizonytalanság mértékére, figyelembe véve az előrejelzett meteorológiai mezők térbeli és időbeli bizonytalanságát. A térbeli hibákkal kapcsolatos bizonytalanságot a szomszédos rácspontokból álló pszeudo-ensemble felépítésével reprezentáljuk. Az időbeli hibákkal kapcsolatos bizonytalanságot úgy állapítjuk meg, hogy megvizsgáljuk az előrejelzési időtávot megelőző és követő időablakot. Ennek megfelelően a módszer két fő szabad paramétere a horizontális síkon vett keresési sugár mérete és az időablak szélessége. Az NB-módszereket széles körben használják kilométeres skálájú, korlátos tartományú modellekben, amelyek általában szabályos rácson működnek. Az itt bemutatott munka során a nehézséget az jelentette, hogy az Extremes DT modell outputjait az irreguláris szférikus rácson dolgoztuk fel. Az Atlas numerikus módszer felhasználásával lehetségessé vált az NB valószínűségek kiszámítása az IFS modell natív TCo2559 rácsán, így elkerülhető az extrém értékek interpolációval történő csökkentése.

Az előadás bemutatja, hogyan használható az NB-módszer az Extremes DT modell csapadékelőrejelzéseire, valamint kitekintést nyújt további alkalmazási lehetőségekre.

ÚJ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI HONLAP A HUNGAROMETNÉL: MÚLT, JELEN, JÖVŐ; TUDOMÁNY ÉS SZOLGÁLTATÁSOK

Bihari Zita, Szépszó Gabriella, Fejes Edina
HungaroMet Nonprofit Zrt.

Az éghajlatváltozás vizsgálatához szükséges múlt- és jövőbeli éghajlati adatsorokat a HungaroMet Éghajlatkutatási Osztályán állítjuk elő. Az Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium (ÉMNL) projekt keretében lehetőségünk nyílt arra, hogy eredményeinket egy új éghajlati portálon mutassuk be. A honlap 2026 februárjában készül el teljesen, de előadásunkban már betekintést nyújtunk a tervezett tartalomról, a fejlesztés jelenlegi állapotáról. Ismertetjük a portálon bemutatandó produktumok előállításához felhasznált statisztikus klimatológiai módszereket és mért adatokat, valamint az alkalmazott regionális klímamodelleket. A honlap talán legfontosabb része egy digitális éghajlati atlasz, mely 200 év bekövetkezett és várható éghajlatát mutatja be a 20-21. századra a legfontosabb éghajlati paraméterek idő- és térbeli eloszlásának tükrében, térképek, grafikonok és táblázatok segítségével. A portál egy másik részében a gazdaság különböző szektorai (pl. egészségügy, energetika, mezőgazdaság) részére nyújtunk célzott információkat, olyan származtatott éghajlati indikátorok összegyűjtésével, melyek fontosak lehetnek az éghajlatváltozás adott szektorra gyakorolt hatásának elemzésében. A tudomány iránt jobban érdeklődőknek az elméleti háttér megismerésére is lesz lehetőségük, bemutatjuk az éghajlatváltozás okait, ismertetjük a vizsgálathoz felhasznált módszereket, az IPCC jelentéseket.

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

A SZAHARAI PORVIHAROS ESEMÉNYEK FOTOVOLTAIKUS ENERGIATERMELÉSRE ÉS MENETRENDEZÉSRE GYAKOROLT EGYRE KIFEJEZETTEBB HATÁSAI

Varga György[1,2], Gresina Fruzsina[1], Gelencsér András[2,3], Rostási Ágnes[2,3]
[1]*HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földrajztudományi Intézet*
[2]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Levegőkémiai Kutatócsoport*
[3]*HUN-REN-PE Levegőkémiai Kutatócsoport*

A légköri por közvetlen sugárzáscsökkentő hatása mérsékli a fotovoltaikus (PV) energiatermelést, és jelentős bizonytalanságot okoz a villamosenergia-termelést előrejelző modellekben. Emellett a por heterogén ásványai számottevően befolyásolják a felhőképződési folyamatokat is, ami tovább erősíti a PV-hozamokra gyakorolt hatást.
Jelen előadásban a Magyarországot érintő szaharai porviharos eseményeket vizsgáljuk, amely ország az európai mezőnyben a legmagasabb PV-alapú villamosenergia-részaránnyal rendelkezik (2024-ben 25%). Elemzésünk a por közvetlen és közvetett sugárzási hatásait egyaránt felöleli, különös tekintettel a magas-szintű (cirrus) felhőképződésben betöltött szerepére. Eredményeink azt mutatják, hogy a PV-termelésben jelentkező kiesések nagysága a közvetett folyamatokhoz köthetően meghaladja a közvetlen sugárzáscsökkentésből adódó veszteségeket.

A 2019–2024 közötti időszak vizsgálata alapján az emelkedett légköri porterheléssel és fokozott cirrusfelhőborítottsággal jellemezhető eseményeknél mutatható ki a legmarkánsabb termeléscsökkenés (PV-hatásfok: 75% felett vs. 46%). A légköri porkoncentráció, valamint a cirrus-reflektancia és borítottság közötti kvantitatív összefüggések statisztikailag szignifikáns kapcsolatot jeleznek, különösen az átmeneti évszakokban, amikor a magas porkoncentrációval járó események reflektanciája és cirrus-borítottsága rendre 55, illetve 60–85%-kal magasabb lehet.

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. A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Programja (FFT NP FTA) finanszírozta. A munkát a Kulturális és Innovációs Minisztérium támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból, a 2021-es Tematikus Kiválósági Program finanszírozási rendszer keretében (támogatási szám: TKP2021-NKTA-21).

HÁROM ROZSDAGOMBA VÁLTOZAT FERTŐZÉSI VALÓSZÍNŰSÉGEI KESZTHELYEN

Anda Angéla
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely

A feldolgozásban „data mining” technikát alkalmazva regressziós modelleket adaptáltunk a három legelterjedtebb rozsdafertőzés előfordulási valószínűségeinek (%) detektálására. A rozsdák eltérő időjárás-igényeit figyelembe véve alakítottuk ki modelljeinket az elmúlt 11 évre (2014-2024) Keszthelyre. A tenyészidőszakból a késő tavaszi-kora nyári három hónap időjárását (április-június) órás bontásban elemeztük. A három rozsdaváltozat eltérő időjárás igényét a modell futtatásainál érvényesíteni kellett. Az irodalmi adatok alapján az órai átlagos léghőmérsékletet és a relatív légnedvesség óránkénti alakulását választottuk a rozsdagomba kockázatának elemzéséhez. A levélnedvességnél azzal a feltétellel éltünk, hogy ha az RH >95% rozsdagomba változatként eltérő órán keresztül, akkor teljesülhet a gomba nedvességigénye, megjelenésére számíthatunk.

Tartós, 5 dekádot elérő, 31%-os valószínűséget meghaladó *fekete-rozsda* megjelenésre 3 évben volt példa Keszthelyen (2018, 2019 és 2024). Ezekben az évjáratokban májustól még az átlagos, vagy akár az annál hűvösebb időjárás is elég volt a feketerozsdának. Ez azt jelenti, hogy minden harmadik évben nem kell számolni a feketerozsda jelentős felszaporodásával. A maradék években, melyek száma kétszerese a rozsda-szegény évjáratoknak, viszont igen. A feketerozsda fellépésére a búza tenyészidőszak vége felé (május-június) számolhatunk.

A *sárgarozsda* fertőzési kockázata a havi bontású léghőmérsékleti és csapadékjellemzőkkel nem olyan egyértelmű, mint a másik két rozsdáé (fekete és vörös). A vizsgált 11 évből csupán 4 nedves dekádban (2019, 2023 és 2024) jelent meg magas fertőzési kockázat: 1 áprilisban, valamint 3 májusban. Megjelenése időben a legkorábban, akár már áprilisban is várható.

A *vörösrozsda* felszaporodása a nyári kánikula előtti meleg és csapadékos tavasz-nyárelő idején lehet. A 11 évből 2014, 2015, 2016 években nem volt jelen a vörösrozsda. Ez azt jelenti, hogy minden harmadik évben nem kell számolni felszaporodásával. A maradék években, melyek száma kétszerese a rozsda-szegény évjáratoknak, viszont igen.

A LÉGKÖRI NUKLEÁCIÓ ÉGHAJLATI ÉS EGÉSZSÉGI KÖVETKEZMÉNYEI

Salma Imre[1], Vörösmarty Máté[1], Weidinger Tamás[2], Rohonczy János[1]
[1] *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet*
[2] *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*

A légköri újrészecske-képződés és növekedés (NPF&G) egy fázisátalakulás a levegőben. Antropogén környezetekben leginkább kénsav, aminok és ammónia, valamint víz molekulák vesznek benne részt. A folyamat eredményezi az aeroszol részekék számának döntő részét a troposzférában, és a felhőkondenzációs magvak (CCN) jelentős hányadát hozza létre 0.2% túltelítettségen. A jelenség megvalósulását és tulajdonságait a részecskeszám méreteloszlás folyamatos mérésével és analízisével azonosíthatjuk és minősíthetjük. A városi folyamat megismerése és megértése céljából 2008. óta végzünk ilyen irányú kutatómunkát az ELTE Budapest Aeroszol Kutató és Oktató Platform (BpART; https://salma.elte.hu/BpART) Laboratórium keretében.

Az NPF&G esemény közepes relatív előfordulási gyakorisága és szórása Budapest belvárosában (20±3)% éves szinten. A havi gyakoriság eloszlása markáns, tavaszi maximummal rendelkezik. Ez a növényzet fenológiájához kapcsolható. A részecskék medián keletkezési sebessége 4.8 cm^{-3} s^{-1}, ami a teljes koncentráció legalább 20–27%-át eredményezi évszaktól függően. A jelenség megvalósulása történhet regionális térbeli léptékben, a Kárpát-medencében, vagy lokalizált, antropogén forrásokhoz köthető formában. A megfigyelt változatok betekintést kínálnak a háttérben zajló kémiai, fizikai és meteorológiai folyamatokba. Ezek rendszerező tipizálásával Légköri Banán Atlaszt hoztunk létre. A folyamatból származó részecskék leginkább a tüdő alveoláris régiójában ülepnek ki, és várhatóan oldódnak a tüdőfolyadékban, ezért a biológiai hatásaik elmaradnak a bioperzisztens részecskék (pl. a korom magvú részecskék vagy a szilárd tüzelésből származó részecskék) kockázataitól. A részecskék kedvező környezeti körülmények között elegendően nagyra (> 50 nm) nőhetnek ahhoz, hogy CCN-ként viselkedjenek, és előnyösen alakítsák az éghajlatot.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatja (Advanced 150835).

A CSAPADÉK MESTERSÉGES NÖVELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Sarkadi Noémi, Geresdi István
PTE Pécsi Tudományegyetem, TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Geológiai és Meteorológiai Tanszék

A csapadékképződés térben és időben igen változékony. A valószínűsített klímaváltozás következtében várható változások a csapadék térbeli- és időbeli eloszlásában (aszály, extrém csapadékok), valamint az általános vízhiány világszerte alternatív megoldások kutatását hívja életre. A mesterséges csapadékkeltés – „*cloud seeding*" – egy olyan technika, amely a légkör mikrofizikai folyamatainak befolyásolásán alapul, és célja kettős. Egyrészt alkalmazható a csapadékképződés hatékonyságának növelésére (mesterséges csapadékkeltés), valamint olyan veszélyes időjárási események, mint például a jégeső káros hatásainak mérséklésére (jégeső-elhárítás).

A csapadékképződés mikrofizikai folyamatába való beavatkozás minden esetben olyan szennyezőanyagok (jégképző-, vagy kondenzációs magvak) bejuttatását jelenti a felhőkbe, amelyek pozitívan hatnak a csapadékelemek kialakulására. Az aeroszol részecskék bejuttatása történhet talajon található generátorok, repülőgépek vagy rakéták segítségével. A mikrofizikai folyamatokba való beavatkozást a csapadék típusa szerint is szétválaszthatjuk: (i) glaciogenikus magvasítás; (ii) higroszkópos magvasítás. Míg előbbi esetben jégképző magvak (például: ezüst-jodid, szárazjég, ólom-jodid) kerül bejuttatásra a felhőkbe és célja a jégkristályok kialakulásának és növekedésének elősegítése, addig utóbbi esetén a vízcseppek kialakulásának és növekedésének előre mozdítása a cél, elsősorban olyan kondenzációs magvak (például: só részecskék) légkörbe juttatásával, amelyek jól nedvesíthetők.

Az eddigi tapasztalatok arra utalnak, hogy kedvező meteorológiai körülmények között, akár 5-20 % csapadéknövekedés is realizálható, ugyanakkor ennek statisztikai igazolása a légkör magas fokú természetes változékonysága miatt vitatható. A beavatkozások hatékonyságának kvantitatív értékelése, objektív vizsgálatának egy lehetséges eszköze lehet a numerikus modellezés.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap, NKKP Starting-150501 pályázata támogatta.

A JÉGESŐ ELŐREJELZÉSE

Csirmaz Kálmán
HungaroMet Nonprofit Zrt.

A jégeső jelensége kizárólag zivatarfelhőhöz köthető, ugyanis ebben felhőfajtában állnak rendelkezésre a hozzávalók (erőteljes feláramlás, szilárd halmazállapotú részecskék, jelentős mennyiségű túlhűlt víz) olyan nagy méretű jégszemek kialakulásához, amelyek a felszínre érve nem olvadnak el. Az előrejelzésükhöz így első közelítésben a mélykonvekció előrejelzése szükséges, ezt követi annak eldöntése, hogy a kialakuló zivatarban megjelenhetnek-e földre érő jégszemek. További fontos szempont lehet az is, hogy a felszínre hulló jégszem milyen méretű lesz, hiszen utóbbitól igen erősen függ a lehetséges károkozás mértéke. Ez a komplex döntési eljárás igényli a már említett jégesős hozzávalók, valamint a zivatar kialakulásához szükséges komponensek minél alaposabb ismeretét, továbbá a jégesőt eredményező bonyolult mikrofizikai folyamatok számszerű kezelését. A probléma megoldása egyrészt történhet a hozzávalók, mint környezeti feltételek előrejelzésével, főként globális modellek (ECMWF) segítségével. Ebben az esetben statisztikai kapcsolatot próbálunk létesíteni a környezeti feltételt reprezentáló valamilyen származtatott paraméter és a jégeső egzisztencia között, a kapcsolatot pedig egyszerű tanuló algoritmus (logisztikus regresszió) segítségével valósítjuk meg. Másfelől már léteznek módszerek a mikrofizikai kölcsönhatások leírására is, egyrészt a korlátos tartományú, nem-hidrosztatikus modellek (pl. WRF, AROME) már eleve tartalmaznak korszerű mikrofizikai parametrizációkat a hidrometeorok explixit előrejelzésére, másrészt csatolt eljárások is léteznek a kihulló jégszemek méretének modellezésére (HAILCAST). Mindegyik megoldásra mutatunk kutatási és fejlesztési példát a Hungaromet berkein belül.

A RESZUSZPENDÁLT VÁROSI AEROSZOL KÉMIAI JELLEMZÉSE ÉS EMBERI EGÉSZSÉGRE GYAKOROLT HATÁSAI

Jancsek-Turóczi Beatrix[1,2], Osán János[2,3], Horváth Zsolt Endre[3], Varga Flóra Judit[2], Kakasi Balázs[1,2], Hoffer András[1,2], Gelencsér András[1,2]

[1]*HUN-REN–PE Levegőkémiai Kutatócsoport*

[2]*Pannon Egyetem, Bio-nanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Levegőkémia Kutatócsoport*

[3]*HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont*

A városi PM_{10} aeroszol tömegkoncentrációjához a reszuszpendálható por hozzájárulása akár 30% is lehet, mivel az utakra kiülepedett részecskék kedvezőtlen körülmények között a járművek mozgása vagy erős szél hatására könnyen felverődnek. Európában a járműpark korszerűbbé válásának és a szigorodó emissziós előírásoknak következtében a kipufogógázzal együtt légkörbe kerülő részecskék száma csökken, azonban a közlekedés járulékos emissziójaként levegőbe jutó részecskék, így a már kiülepedett részecskék reszuszpenziója is egyre nagyobb szerephez jut a városi levegőszennyezésben. Kiemelendő, hogy a reszuszpendált városi aeroszol belélegezhető frakciója az elsődleges részecskékhez képest nagyobb egészségügyi kockázatot jelent, mivel mérgező és rákkeltő komponensek mellett mikrobiológiai kockázatokat is hordozhat.

A reszuszpendált por hozzájárulásának meghatározása a városi légköri PM_{10}-hez a mai napig csak modellezéssel lehetséges, mivel az eddig azonosított fő összetevői lényegében megegyeznek az elsődleges részecskékével. Viszont a reszuszpendált porban azonosított egyedi nyomjelző vegyületek detektálásával lehetőség nyílna ezen aeroszol forrás egyértelmű azonosítására és hozzájárulásának meghatározására a légköri aeroszolban.

Kutatásaink során sikeresen azonosítottuk reszuszpendált pormintákban a pszeudowollasztonitot, mely kitűnő nyomjelző ásványi fázisa lehet a városi kiülepedett por egyik fő forrásának, az építkezési és bontási munkálatoknak. Az elemi összetétel alapján megállapítottuk, hogy jelentős tömegkoncentrációban vannak jelen toxikus nehézfémek a durva módus mellett a finom frakcióban is, mely fokozott légzőszervi, valamint szív- és érrendszeri megbetegedéseket okozhat. Ezt támasztották alá a reszuszpendált városi aeroszolmintákra sikeresen adaptált MTT citotoxicitás tesztek eredményei is, miszerint a tömegkoncentráció növekedésével egyértelműen csökkent az alkalmazott tüdősejtek viabilitása.

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

A VÁROSI AEROSZOLSZENNYEZÉS FINOMSZERKEZETE: NAGY FELBONTÁSÚ TÉRBELI MINTÁZATOK FELTÁRÁSA MOBIL MÉRÉSEKKEL

Tordai Ágoston Vilmos, Mészáros Róbert
ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

Kutatásunk célja a városi aeroszolszennyezés nagy felbontású térbeli mintázatainak feltárása egy kerékpárra telepített mobil mérőplatform segítségével. A műszerezés professzionális-szintű optikai részecskeszámlálókból (TSI Dusttrak II 8532 – PM_{10}, $PM_{2,5}$ impaktorok), hőmérséklet-és nedvesség szenzorokból (Testo 635-2, árnyékolóval), valamint okostelefonos GPS-modulból állt, amelyek szinkronizált adatgyűjtése lehetővé tette a 10 másodperces időbeli és nagyjából tízméteres térbeli felbontású mérési adatok előállítását. A nyers adatok komplex minőségbiztosítási folyamaton estek át, melynek során figyelembe vettük a mozgási és környezeti hatásokat (pl. GPS pontosság, sebesség, pozíció-tartományok, relatív nedvesség stb.).

Az így előállított adatbázis térképi megjelenítését rácshálózatra történő vetítés és geostatisztikai módszerekkel végeztük, amely révén kirajzolódtak a városon belüli jelentős aeroszol-szennyezettségi eltérések. Az eredmények alapján már 100–200 méteres skálán is nagyságrendi különbségek jelentkezhetnek a PM-koncentrációkban, különösen a forgalmas közlekedési útvonalak, zárt utcakanyonok és ipari régiók környezetében. Ugyanakkor a zöldfelületek és nyílt terek mérséklő hatása is kimutatható.

Eredményeink rávilágítanak arra, hogy a mobil mérések hatékonyan egészítik ki az állomásalapú rendszereket, javítva az expozíció-becslések pontosságát és hozzájárulva a városi levegőminőségi modellek validációjához. A módszer jól illeszthető a jövőbeli szenzorhálózatok és az ún. „smart city” alkalmazások keretébe, elősegítve a környezeti kihívásokra adott meteorológiai válaszokat.

A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris 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. A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap K-146315 és K-146322 pályázatai támogatták.

MEDIKÁNOK KATEGORIZÁLÁSA

Hérincs Dávid[1,2], Soósné Dezső Zsuzsanna[1]
[1] ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
[2]HungaroMet Nonprofit Zrt.

A medikánok kis méretű ciklonális rendszerek, melyek a Földközi-tenger felett alakulnak ki. Leggyakrabban az őszi és téli hónapokban fordulnak elő, amikor a tengerfelszín-hőmérséklet még viszonylag magas, 20 °C feletti. Kialakulásuk általában baroklin hatások közreműködésével történik, hasonlóan az Atlanti-óceán szubtrópusi régiójában előforduló, trópusi átalakulási folyamat révén létrejövő és hivatalosan is besorolt szubtrópusi és trópusi viharokhoz. Így a medikánok többsége klasszikus mediterrán ciklonokból jön létre, majd a frontális struktúra feloszlásával és a központjuk körül kialakuló szervezett, önfenntartó konvekció megjelenésével szubtrópusi-, majd trópusi-típusú ciklonná alakulnak. Az utóbbi fázisban a központjukban többször megfigyelhető egy szem is. Habár a medikánok általában kis méretűek, és a legerősebb szélsebesség csak ritkán éri el bennük a Saffir-Simpson hurrikánskála szerinti hurrikán erősséget, az érintett területeken jelentős károkat okozhatnak, elsősorban a kiadós csapadék által előidézett árvizek révén.

Doktori kutatásom keretében egy adatbázist hoztunk létre, mely tartalmazza a 2007. óta előfordult medikánok különböző felszíni és műholdas mérések alapján készült intenzitás és pozíció adatait, illetve az ECMWF ERA5 reanalízis felhasználásával készült szinoptikai elemzéseket. Ezek során olyan kulcsparamétereket definiáltunk, melyek segítségével elkülöníthető a ciklonok mérsékelt övi, szubtrópusi és trópusi jellege, egyúttal lehetővé válik a medikánok kategorizálása. Előadásunkban röviden bemutatjuk az adatbázist, majd az adott kulcsparamétereket felhasználva, egy-egy kiválasztott, jellegzetes medikán példáján keresztül szemléltetjük a meghatározott kategóriák főbb tulajdonságait.

FELSZÍNI ADATOK ASSZIMILÁCIÓJA AZ AROME RENDSZERÉBE

Tóth Helga[1,3], Szintai Balázs[1,2] és Breuer Hajnalka[3]
[1]*HungaroMet Nonprofit Zrt.*
[2] *ECMWF, Bonn*
[3] *ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*

A szárazföld és a légkör közötti kölcsönhatások pontos leírása elengedhetetlen a numerikus időjárás-előrejelző modellekben, mivel ezek jelentős hatással vannak az előrejelzett felszínközeli meteorológiai paraméterekre. A kísérletekben a SURFEX talajmodellt használtuk, az AROME nem hidrosztatikus numerikus időjárás-előrejelző modelljéhez kapcsolva. Az AROME-SURFEX rendszer kezdeti feltételeinek minél pontosabb megadására többféle felszíni adatasszimilációs technikát alkalmazhatunk. Kezdetben az optimális interpolációs (OI) módszert használtuk a talajhőmérséklet és nedvesség kezdeti feltételeinek meghatározására. Az előadásban egy összetettebb és fejlettebb módszert, az Egyszerűsített Kiterjesztett Kalman-szűrőt (SEKF) mutatjuk be. Az előadás első felében áttekintést nyújtunk, hogy az SEKF miként korrigálja a talajhőmérsékletet és a talajnedvesség tartalmat a 2 méteres hőmérséklet és relatív páratartalom megfigyelések segítségével. Kiemeljük az SEKF előnyeit a különböző időjárási helyzetekben. A megfelelő adataszimilációs paraméterek, például a megfigyelési és a háttérhibák hangolása szintén kulcsfontosságú az optimális eredmények eléréséhez. Az előadás második részében bemutatjuk a MetOp-B műhold ASCAT talajnedvesség méréseinek beépítését az AROME-SURFEX adatasszimilációs rendszerébe. A nagyfelbontású műholdas talajnedvesség adatok asszimilációjával az AROME modell pontosabban leírja a talaj nedvességének idő- és térbeli változását, főleg azokon a régiókban, ahol kevés a mérési adat. Ezenkívül a műholdas mérések reprezentativitása is jobb, mint a felszíni méréseké, ami tovább növelheti az analízisek és előrejelzések pontosságát, a felszíni és felszínközeli hőmérséklet és légnedvességre is. Az eredményeinket talajnedvesség és – hőmérséklet mérésekkel validáltuk, melyek az aszalymonitoring.vizugy.hu oldalról származnak.

A kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében, az RRF 2.3.1 21 2022 00008 projekt keretében valósult meg.

A TALAJNEDVESSÉG CSAPADÉKVISZONYOKRA GYAKOROLT HATÁSA A 2022-ES ASZÁLYHELYZETBEN NUMERIKUS MODELLKÍSÉRLETEK ALAPJÁN

Varga Ákos János, Breuer Hajnalka
ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

Rendkívüli aszályhelyzet alakult ki Magyarországon 2022-ben, különösen az Alföldön. Az aszályról szóló, egyre gyakoribb diskurzusban felmerült, hogy a talaj túlzott kiszáradása a lokális zivatarok elmaradásához vezet, ezáltal erősítve a csapadékhiányt. Kutatásunkban a WRF meteorológiai modellel számszerűen vizsgáljuk a talajnedvesség növelésének csapadékviszonyokra gyakorolt hatását. Szimulációkat készítünk a 2022-es nyári félévre, amelyekben a talajnedvességet úgy módosítjuk, hogy az a 2023-as, csapadékosabb év viszonyait tükrözze. Így képet kaphatunk arról, hogy a 2022-es nagytérségű időjárási viszonyok mellett a nagyobb talajnedvesség egyértelműen növeli-e a csapadék mennyiségét. Vizsgáljuk továbbá a talajnedvesség módosításának hatását a csapadék térbeli és időbeli eloszlására, valamint előfordulási gyakoriságára és intenzitására. Az eredmények értelmezéséhez felszíni meteorológiai változókat és vertikális profilokat egyaránt felhasználunk. A kísérleteket több modellkonfigurációval is megismételjük, így feltérképezhetjük, mennyiben függenek az eredmények különböző modellezéstechnikai tényezőktől.

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. A tanulmány az OTKA FK132014 pályázat támogatásával készült.

SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYEK OPERATÍV TERMÉSBECSLÉSE GÉPI TANULÁSSAL

Kovács Attila Viktor
HungaroMet Nonprofit Zrt.

A mezőgazdasági termés időben történő előrejelzése kulcsfontosságú nemcsak az élelmezésbiztonság, az agrárgazdasági tervezés és a klímakockázatok kezelése szempontjából, hanem a piaci döntések – például az értékesítés időzítése vagy a nemzetközi árupiaci folyamatokra való reagálás – szempontjából is, hiszen ez utóbbi esetben konkrét, pénzben mérhető, rövidtávú hatása lehet. A hagyományos statisztikai becslések mellett egyre nagyobb teret nyernek a gépi tanulási módszerek, amelyek képesek a mezőgazdasági és a meteorológiai adatok komplex kapcsolatainak feltárására. Vizsgálatunk célja, hogy több növénykultúrára (őszi búza, kukorica, napraforgó, repce) építsünk fel olyan gépi tanulási alapú modellt, amely a vegetációs időszak során folyamatosan frissülő bemeneti adatok (5 és 10 napos hőmérséklet- és csapadékmutatók, talajnedvesség, műholdas vegetációs indexek) alapján ad megbízható termés-előrejelzést. Az első eredmények alapján nem a legtöbb prediktort tartalmazó modell adja a legjobb teljesítményt, és a leginformatívabb prediktorváltozók növénykultúránként jelentősen eltérnek. A kutatás során célunk egy operatív, valós idejű előrejelző rendszer létrehozása.

ADATBÓL DÖNTÉS, DÖNTÉSBŐL TERMÉS – MIT KEZD A GAZDA A METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓVAL?

Somfalvi-Tóth Katalin[1], Anda Angéla[2]
[1]*MATE Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, NTTI Növénytermesztés-tudományi Intézet, Agronómia Tanszék, Kaposvári Campus*
[2]*MATE Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, NTTI Növénytermesztés-tudományi Intézet, Agronómia Tanszék, Georgikon Campus*

A környezeti kihívásokkal, főként az időjárási szélsőségekkel és azok következményeként fellépő biotikus hatásokkal első körben a mezőgazdaság szembesül. Egyre több irányból érkezik már ismert, vagy eddig még ismeretlen próbatétel. Az aszály most már szinte évente visszatérő jelenség legfőképpen az Alföldön és a Duna-Tisza közén, ugyanakkor a melegedő légkör hatására évente számos olyan új kártevő jelenik meg, amelyre nincs kész válaszunk. Éppen emiatt egyre nagyobb igény van a gazdálkodók körében meteorológiai adatokra, illetve az ezekből származtatott mutatószámokra, vagy akár speciális, az agráriumnak készülő figyelmeztető előrejelzésekre.

A jelen vizsgálat egy kérdőíves felmérés válaszait összegzi. Arra kerestük a választ, hogy mire használják a médiában megtalálható meteorológiai előrejelzéseket, illetve van-e igény saját, agrometeorológiai célokra telepített automata meteorológiai állomásokra. Emellett az egyik legnagyobb magyar mezőgazdasági cég, a KITE Zrt Innovációs Főigazgatóságának fejlesztő mérnökei is megosztották tapasztalataikat a gazdák ez irányú nyitottságáról, illetve rendelkezésre bocsátották az agrometeorológiai állomások telepítési ütemét tartalmazó térképeket az elmúlt évekből.
A felmérésünk országosnak tekinthető, hiszen minden megyéből érkeztek válaszok, a legnagyobb arányban Bács-Kiskun és Csongrád-Csanád megyékből. A válaszadók 94,6%-a használ valamilyen meteorológiai információt a gazdálkodás és a döntéshozatalok során. A leggyakrabban (80,2%) a növényvédelmi beavatkozások ütemezésekor, illetve a vetés (59,3%) és a betakarítás (65,1%) idejének megválasztásához használnak időjárási adatokat. A meteorológiai információk forrása alapján a két legnagyobb arányban megjelenő szolgáltató az Időkép (77,3%) és a HungaroMet Zrt (71,6%). Harmadik helyen külföldi honlapok (31,8%), míg a negyedik helyen a hagyományosnak tekinthető források, mint a televízió, rádió és újság (26,1%) állnak. A KITE Zrt. ma már több száz agrometeorológiai állomás telepítését teljesítette. Tapasztalatuk szerint a legnagyobb érdeklődés különböző támogatások megjelenésekor volt érzékelhető.

WEATHER AND CLIMATE INTELLIGENCE FOR THE RENEWABLE ENERGY CHALLENGE

Kristian Horvath[1], Laszlo Horvath[2], Davor Bošnjak[2]
[1]*Croatian Meteorological and Hydrological Service*
[2]*Croatian energy market operator Ltd.*
[3]*HEP Trade Ltd.*

This paper presents an overview of the weather and climate information and services which support the renewable energy uptake plans in Croatia, within the context of EU renewable energy targets. Meteorological interdisciplinary approaches and support to renewables are described for wind, solar and hydro energy.

First, the contribution is structured to cover the entire life cycle of the energy projects, from needs for national planning and screening of resource, to exact resource estimates in the context of climate change, and operational functioning of energy facilities. Second, we present an overview of the challenges for transmission system operators related to technical regulation of the electrical grid operation, in the context of energy trading on the global market. We give several examples of the compound events, as the most extreme events from energy perspective considering the imbalance between energy production and energy consumption. We discuss the use of multi-model and ensemble forecasting in the process of energy management and optimisation. Finally, we present the activities and outputs of the WMO Study Group for Renewable ENErgy transition and disseminate information on the opportunities and support WMO provides for energy meteorology collaboration.

KIHÍVÁSOK ÉS LEHETŐSÉGEK A NAPSUGÁRZÁS MÉRÉSEKBEN

Fekete Dénes
HungaroMet Nonprofit Zrt.

A modern meteorológiai gyakorlatban a napsugárzás mérése kulcsfontosságú szerepet játszik mind a klímavizsgálatokban, mind az energiaipari alkalmazásokban. A megbízható adatok nélkülözhetetlenek az éghajlati trendek nyomon követéséhez, a sugárzási viszonyok modellezéséhez és a napenergia-termelés pontos előrejelzéséhez. A professzionális sugárzásmérések azonban számos kihívással szembesülnek. A meglévő állomáshálózatokban több helyen elavult, szűk spektrális érzékenységű műszerek működnek, amelyek pontossági korlátai veszélyeztetik a hosszú idősorok homogenitását. A mérési környezetből fakadó hibaforrások (horizont korlátozás, szennyeződések), illetve a nem megfelelő hálózati lefedettség szintén jelentős bizonytalanságot eredményezhetnek. A korszerű mérőeszközök ugyanakkor új lehetőségeket kínálnak. A kombinált sugárzásmérők és spektrális szenzorok révén részletesebben feltárható a légkör átbocsátóképessége és optikai tulajdonságai, amelyek beépíthetők a numerikus előrejelző és napenergia-termelési modellekbe. A nemzetközi programok – mint a Baseline Surface Radiation Network (BSRN) sugárzásmérési ajánlásai olyan referenciát biztosítanak, amely segíti a mérési protokollok harmonizálását, a kalibrációs eljárások egységesítését és az adatok globális összehasonlíthatóságát.

NAPENERGIA TERMELÉSBECSLÉST TÁMOGATÓ GLOBÁLSUGÁRZÁS NOWCASTING ÉS RÖVIDTÁVÚ ELŐREJELZÉSEK FEJLESZTÉSE A HUNGAROMET ZRT-NÉL

Jávorné Radnóczi Katalin, Oláh Soma
HungaroMet Nonprofit Zrt.

A felszínre érkező napsugárzás tér- és időbeli változékonysága nagy kihívást jelent a fotovoltaikus erőművek termelésbecslésében, s ezáltal a villamosenergia-hálózat üzemeltetésében is nehézséget okoz. A napenergia termelők igényeit figyelembe véve a HungaroMet Zrt. egyik kiemelt célja a globálsugárzás előrejelzések javítása, mely fejlesztések közül előadásunkban kettőt mutatunk be.

A termelésbecslés szempontjából kritikus ultra-rövidtávú, három órás időtávra vonatkozó nagyfelbontású előrejelzéseinkhez gépi tanulási alapú modell fejlesztésén dolgozunk, mivel a hagyományos numerikus modellektől eltérően ezzel a technológiával rövidebb futási idő alatt állítható elő az előrejelzés. A konvolúciós neurális háló alapú modell elsősorban műholdas adatok felhasználásával dolgozik, tanítását több éves múltbeli adatsoron végezzük. A modell 15 perces időbeli felbontással, 0.05° × 0.05° térbeli rácshálón készít országos sugárzás előrejelzést.

Emellett két napos időtávra, numerikus modell előrejelzések és felszíni mérések felhasználásával, néhány állomás helyszínére javított előrejelzést készítünk. Az eljárás során, számolva a sugárzás értékek bizonytalanságával is, a 2,5 km felbontású AROME-EPS ensemble előrejelzésből indulunk ki. Statisztikai utófeldolgozással a nyers modell alá- vagy fölébecslését és szórását is korrigáljuk. A javítás mértéke függ az állomás helyétől és az évszaktól is. A módszer egy lehetséges fejlesztési módját vizsgáltuk meg, amelyben néhány kiválasztott helyszínre célzottan válogattuk össze a felhasznált állomások adatait. A vizsgálatba két partnerünk méréseit is bevontuk. Módszerünkkel további javulás érhető el a nyers modell előrejelzéshez képest.

A RÖVID HULLÁMÚ SUGÁRZÁS ELŐREJELZÉSE HIDEGLÉGPÁRNÁS IDŐJÁRÁSI HELYZETEKBEN.

Peterka András[1], Geresdi István[2]

[1]*HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. Méréstechnikai és Energetikai Fejlesztési Osztály, Siófok*

[2] *Pécsi Tudományegyetem, TTK, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Földtani és Meteorológiai Tanszék*

A fotovoltaikus energiatermelés hatékonyságát nagymértékben befolyásolhatják a különböző meteorológiai jelenségek. Emiatt a minél pontosabb előrejelzésük kiemelten fontos az energiatermelés tervezése és az energiakereskedelem során. A téli időszakban ilyen jelenség a köd, illetve a nagy kiterjedésű és alacsony felhőalap magasságú stratus felhő, melyek hibás előrejelzése akár 100%-os hibát is okozhat a termelés előrejelzésében. Magyarországon a téli időszakban előforduló jelenség a hidegpárnás időjárási helyzet, melyet több napos, de akár egy hetes folyamatos köd és alacsony szintű stratus borítottság jellemez. Kialakulásának oka az alacsony szinten megjelenő és hosszú ideig megmaradó hőmérsékleti inverzió, melyet általában egy, az ország felett elhelyezkedő magasnyomású központ okoz. Az előrejelzése napjainkban is komoly kihívást jelent, pedig jelentős negatív hatása van a fotovoltaikus energiatermelésre. Kutatásunk során számos érzékenységvizsgálatot végeztünk 10 ködös, valamint hidegpárnás eseten, mely során különböző mikrofizikai, sugárzási, felszín-légkör és határréteg sémákat, illetve további sugárzással kapcsolatos beállítások érzékenységét vizsgáltuk. A kísérletekben többek között vizsgáltuk egy, a ködös esetekre kifejlesztett, a hűlési sebesség és a vízgőz keverési arányának lokális időbeli változásán alapuló aeroszolaktivációs sémát is. Az érzékenységvizsgálatok célja, hogy megtaláljuk azokat a sémákat és beállításokat, melyek a legoptimálisabbak operatív előrejelzés szempontjából.

KORMÁNYZÁSI ESZKÖZÖK A HŐSZIGET CSÖKKENTÉS SZOLGÁLATÁBAN A COOL LIFE PROJEKT PÉLDÁJÁN

Gulyás Ágnes[1], Kiss Márton[2], Lékó-Kacsova Csenge[2]

[1] *Szegedi Tudományegyetem, TTiK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természet- és Környezetföldrajz Tanszék*

[2] *Szegedi Tudományegyetem, TTiK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Légkör- és Téradattudomány Tanszék*

A városi hősziget-jelenséggel kapcsolatos tudományos ismeretek folyamatos bővülése mellett a közvélemény és a döntéshozás is egyre inkább felismeri a klímaadaptív várostervezés szükségességét, és egyre több célzott alkalmazott kutatási és fejlesztési projekt valósítható meg. A „Cool Life" projekt azt a célt tűzte ki, hogy a Szegedre vonatkozó városklimatológiai tudásbázisra építve, kidolgozzanak egy olyan módszeregyüttest és önkormányzati eljárásrendeket, amelyek a hősziget-mitigációs célok valós és hatékony érvényesítését segíthetik. A települési önkormányzat által koordinált tevékenyégek szakmai alapját a projekt keretében elkészült Hősziget-Mitigációs Stratégia adja. Ennek részeként Szeged általános városklimatológiai jellemzése mellett területi döntéstámogató eszközök is kidolgozásra kerültek. Ezek egyike egy hőstressz-kockázati térkép és az ahhoz kapcsolódó zóna-lehatárolás. Az ezt megalapozó index a Landsat-8 műhold felszínhőmérsékleti térképein, lombkoronaborítási adatokon (CLMS Tree Cover Density) és a épületszintű lakosságszám-adatokon alapult. A zöldtető-potenciál térképes jellemzése a város épületadatbázisának felhasználásával történt. A fák telepítését segítő területi döntéstámogató eszköz fejlesztéséhez felszínfedettségi adatot (CLMS Imperviousness), a felszínhőmérséklet és a teljes besugárzás térképeit, a faállomány levélfelületét és egy biodiverzitási mutatót, valamint népesség-adatokat használtunk fel. A projektben a fenti megalapozó, stratégiai jellegű vizsgálatok mellett konkrét, mintaértékűnek szánt zöldítési beavatkozások is történnek (pl. villamosmegálló és iskolaudvar zöldítése). Továbbá kialakítják a hősziget enyhítését szolgáló (a lakosságot és a vállalkozásokat célzó) ösztönző mechanizmusnak, valamint a szükséges beavatkozásokat megkönnyítő, egy kattintással elérhető szolgáltatáscsomagnak az alapjait. A tevékenységek összessége így egy kísérleti típusú projektnek tekinthető, a fenti kormányzási eszközök gyakorlati megvalósíthatóságának, sikerességének elemzése is a projekt várható eredményei közé tartozik.

A KLIMADAT RENDSZER TOVÁBBFEJLESZTÉSE ÚJ MODELLEREDMÉNYEKKEL

Duics-Korosecz Lilla, Bordi Sára, Megyeri-Korotaj Otília és Szépszó Gabriella
HungaroMet Nonprofit Zrt.

Az éghajlatváltozás kutatásához a mérési adatok és az éghajlati modellszimulációk eredményei nyújtanak megbízható alapot. A HungaroMet 2022-ben nyitotta meg a felhasználók és érdeklődők számára a KLIMADAT adatbázist a magyarországi éghajlatváltozás vizsgálatához. Az adatbázis az utóbbi időszakban jelentős változáson ment keresztül, így a teljes adatsor megújult.

Az előadásban bemutatásra kerülnek a KLIMADAT adatbázis frissítésével megjelenő újdonságok, amelyek a regionális és a városi skálát egyaránt érintik. A megújult adatbázisban az 1971–2100 közötti időszakot 5 évenként léptetett 30 éves mozgóátlagok fedik le, szemben a korábbi 10 évenkénti léptetéssel; ezenkívül a méréseken alapuló időszakot is kiterjesztettük. A regionális éghajlatváltozás vizsgálata ezúttal is két regionális klímamodellen alapul, az ALADIN-Climate és a REMO klímamodelleken, amelyek 10 km-es felbontáson két antropogén (RCP4.5 és RCP8.5) forgatókönyvre támaszkodva szolgáltatnak éghajlati információkat. Ezek városi skálára történő finomítását az 1 km-es felbontású SURFEX felszíni modellel végeztük. A korábbi KLIMADAT verzióban a jövőbeli városi projekciók azokon a SURFEX kísérleteken alapultak, amelyekhez az ALADIN-Climate modell szolgáltatta a légköri információt. Ezek mára kiegészültek a REMO meghajtású modelleredményekkel is, tehát a városi információk hátterét is 4 szimuláció eredményei adják. Megnyílik továbbá a városválasztás lehetősége, amellyel Budapest mellett először Szegedre, majd később több hazai nagyvárosra is lekérhetünk éghajlati információkat, s bővítettük a térképes megjelenítési lehetőségeket is. Felülvizsgáltuk a modelladatok szisztematikus hibájának korrekciójára használt korábbi eljárást, így a korábbi adatokban is van változás.

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

KORAI LOMBHULLÁS KOCSÁNYTALAN TÖLGYESEKBEN A 2024. AUGUSZTUSI EXTRÉM ASZÁLY ÉS HŐHULLÁM HATÁSÁRA: KÜLÖNLEGES EGYSZERI ESEMÉNY VAGY ÚJ VISELKEDÉSI FORMA?

Kern Anikó[1,2]

[1] *ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék*

[2] *Óbudai Egyetem, KVK Elektrofizika Intézet*

2024 augusztusában Közép- és Délkelet-Európa erdeiben példátlan mértékű és rekord korai lombhullás zajlott le, amelynek hatásai számos térségében – Horvátország, Bosznia-Hercegovina, Szerbia, Románia, Bulgária, és Magyarország erdeiben – egyaránt kimutathatók voltak. Ez a rendkívüli ökológiai válasz egy összetett meteorológiai esemény, a súlyos aszály és a tartós hőhullámok együttes hatására következett be. A jelenséget meteorológiai adatok (FORESEE, ERA5-Land) valamint műholdas távérzékelésből származó vegetációs indexek és spektrális reflektanciák felhasználásával vizsgáltuk. A 25 éves Terra/MODIS idősorok (2000–2024) lehetővé tették a fenológiai jelenség nagy térskálán történő detektálását és egyediségének bemutatását. Kisebb területekre fókuszálva, a 30 méteres térbeli felbontású *Harmonized Landsat and Sentinel* (HLS) adatok segítségével pontosan meghatároztuk a korai lombhullás időzítését és spektrális tulajdonságait. Fafaj-specifikus vizsgálataink megerősítették, hogy bár több fafaj fotoszintetikus aktivitásában is kimutatható volt az extrém meteorológiai esemény negatív hatása, a korai lombhullás elsősorban a kocsánytalan tölgyeseket érintette. Bár a vizsgált térség egészében az érintett erdőterület nagysága hasonló volt a szélsőséges 2012-es évben tapasztalthoz, a 2024-ben érintett erdők közel 67%-ában először jelentkezett rekord korai lombhullás, átlagosan mintegy 54 nappal megelőzve az őszi lombhullás sokéves átlagos időpontját. Ez a lombvesztés ugyanakkor nem a fák elhalását jelezte, hanem egy stressz-indukált védekezési mechanizmust, melyet az is alátámaszt, hogy 2025 tavaszán az érintett kocsánytalan tölgyek ismét kihajtottak. Eredményeink rávilágítanak arra, hogy a meteorológiai szélsőségek kombinációi lokálisan korábban még nem tapasztalt ökoszisztéma-válaszokat válthatnak ki, ami hangsúlyozza a meteorológia kulcsszerepét nemcsak az extrém események azonosításában, hanem azok ökoszisztémákra gyakorolt hatásainak megértésében is.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap FK-146600 és az Innovációs és Technológiai Minisztérium TKP2021-NVA-29 pályázatai támogatták. A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 számú projekt keretében valósult meg.

A NAPI HŐINGÁS DETEKTÁLT ÉS FORGATÓKÖNYV-FÜGGŐ VÁRHATÓ VÁLTOZÁSA - ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉS EURÓPA KÜLÖNBÖZŐ ÉGHAJLATÚ TÉRSÉGEIRE

Kis Anna, Pongrácz Rita
ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

A napi hőingás (azaz a napi maximum- és minimumhőmérséklet különbsége) többek között az emberi egészségre is hatással van, ám mégis viszonylag kevés elemzés készült ezen változóra vonatkozóan. Tanulmányunkban a napi hőingás változását vizsgáljuk a klímaváltozással összefüggésben négy, különböző éghajlattal jellemezhető európai területre: az óceáni Írországra, a boreális Dél-Finnországra, a kontinentális Magyarországra és a mediterrán Ebro-medencére (Spanyolország északkeleti részén).

A múltra (1971–2024) vonatkozóan megfigyeléseken alapuló adatbázisok (HuClim, E-OBS) felhasználásával végeztük el elemzéseinket, a jövőre (2006–2100) pedig regionális klímamodell-szimulációkat (EURO-CORDEX) alkalmaztunk, három különböző RCP forgatókönyv (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) figyelembevételével. A napi hőingás mellett külön megvizsgáltuk a minimum- és maximumhőmérsékletek alakulását, továbbá a nagytérségű szinoptikus helyzeteket jellemzendő a légnyomás értékekkel való összefüggéseket is elemeztük havi bontásban.

Eredményeink szerint a napi hőingás szignifikánsan megnövekedett Magyarországon és az Ebro-medencében az 1971–2024-es időszakban, míg Írországban és Dél-Finnországban egy enyhe csökkenés volt tapasztalható. A növekedés elsősorban a nyári időszakban jelentkezett, mivel a maximumhőmérsékletek emelkedése meghaladta a minimumhőmérsékletek növekedését. A jövőben nem várható további jelentős változás a napi hőingásban Magyarországon, mivel a szimulációk szerint a maximum- és a minimumhőmérséklet várható emelkedése hasonlóan alakul. A szcenáriók közti különbség is a hőmérsékletemelkedés mértékében jelenik meg: például a júliusi maximumhőmérséklet 21. század végére várható emelkedése országos átlagban 0,25 °C és 4 °C között alakulhat, forgatókönyvtől függően.

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.

A MOSONMAGYARÓVÁRI HOSSZÚ CSAPADÉK IDŐSOR ELEMZÉSE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ ŐSZI BÚZA VÍZIGÉNYÉRE A VEGETÁCIÓS PERIÓDUS SORÁN

Varga Zoltán [1], Kocsis Tímea [2], Vámos Ottilia [1], Vasas Dávid [1], Magyar Norbert [2]
[1]*Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Talaj-, Víz- és Természettudományi Tanszék*
[2] *Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Gazdálkodás Kar, Fenntarthatóság Tanszék*

A jelen kutatás a mosonmagyaróvári hosszú idősoros (1871–2020) csapadékméréseket elemzi, és az őszi búza termelését befolyásoló csapadékváltozási trendeket vizsgálja. E nedvességi tényező trendjeinek megértése különösen fontos a mezőgazdaság számára, mivel a klímaváltozás miatt egyre gyakrabban és intenzívebben fordulnak elő aszályok.

A vizsgálatok során paraméteres és nem paraméteres trendteszteket (lineáris és Mann-Kendall trendteszt) alkalmaztunk, amelyek jelentős csapadékcsökkenést mutattak áprilisban és októberben. Pettitt-teszt segítségével tavasszal jelentős eltolódás mutatható ki az átlagos csapadékmennyiségben, negatív irányban. Ez a tendencia kedvezőtlen hatással van az őszi búza termesztésének kulcsfontosságú időszakaira, ami komoly kihívást jelent a régió hagyományos búzatermesztése számára. A kutatás rávilágít a különböző agrotechnikai megoldások fontosságára az éghajlatváltozás okozta terméskiesés mérséklése érdekében. A kapott eredmények összhangban vannak a Keszthelyen megfigyelt trendekkel, ami megerősíti a regionális változásokat.

A feltárt éghajlati változások jelentős hatással lehetnek legfontosabb hazai élelmiszer-növényünk, az őszi búza termesztésére, ezért érdemes ebből a szempontból is felkészülni az alkalmazkodásra.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, csapadék, vegetációs periódus, vízellátottság, őszi búza

VÁROSI FÁK PM-MEGKÖTÉSE: SZAKPOLITIKAI IGÉNYEK, GYAKORLATI MODELLEZÉSI MEGOLDÁSOK

Kiss Márton[1], Gulyás Ágnes[2], Lékó-Kacsova Csenge[2]
[1]*Szegedi Tudományegyetem, TTiK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Légkör- és Téradattudomány Tanszék*
[2]*Szegedi Tudományegyetem, TTiK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természet- és Környezetföldrajz Tanszék*

A települési légszennyezettség csökkentése a természetvédelmi szakpolitika különböző részterületein is egyre nagyobb szerepet kap. A növények levélfelületén való ülepedés a településeken érvényesülő egyik legfontosabb ökoszisztéma-szolgáltatás. Ezek a települési zöldfelületekhez kötődő folyamatok, amelyek a lakosság jóllétéhez való közvetett vagy közvetlen hatást számszerűsítik, a hazai és nemzetközi biodiverzitás-politika és a zöldinfrastruktúra-fejlesztés legfontosabb célkitűzései között szerepelnek. A széleskörű alkalmazási igények miatt ebben az esetben modell-alapú értékelési módszerek kerülnek előtérbe. Ezt a növényeken való ülepedési folyamatokkal kapcsolatos egyre szélesebb tudásbázis, és a levélfelület műholdas adatokra épülő térképezése teszi lehetővé. A poszteren különböző térbeli felbontásban végzett értékeléseket mutatunk be, elsősorban Szeged városára koncentrálva. Az ökoszisztéma-szolgáltatások települési léptékű térképezése saját fejlesztésű GIS modellek alkalmazását igényli. A szálló por (PM2,5) átlagos légköri koncentrációja az ökoszisztéma-állapot indikátoraként szerepel az ökoszisztéma-számlák rendszerében, ami a szolgáltatások nyomonkövetését szolgálja a nemzeti statisztikai adatkörben. A városi fákat egyed alapon is érdemes értékelni ezeknek az adottságoknak a szempontjából, ennek modellezése a legtöbb esetben az i-Tree Eco modell számítási eljárásán alapul. Ezeket az elemzések általában nagy egyedszámú városi fakataszterek felhasználásával készítik. A legújabb technológiai megoldások az ilyen alapadatokat nagy felbontású lézerszkennelt pontfelhőből nyerik ki. A poszteren az eredmények mellett bemutatjuk a legfontosabb kutatási és fejlesztési lehetőségeket, a hatékony gyakorlati alkalmazás lehetőségeit és korlátait.

A FELHŐZET SZINOPTIKUS-KLIMATOLÓGIAI VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA ERA5 ADATOK ALAPJÁN

Breuer Hajnalka, Soós Virág
ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

A felhőzet változékonysága továbbra is az egyik legfontosabb bizonytalanság a regionális éghajlati trendek detektálásában. Ebben a tanulmányban az ERA5 reanalízis adatait elemezzük Közép- és Délkelet-Európa felett, hogy megvizsgáljuk, milyen mértékben befolyásolják a felhőzet változásait a szinoptikus léptékű légköri cirkulációs minták változásai. A korábbi kutatásokra építve, amelyek nem találtak egyértelmű hosszú távú trendeket a légköri instabilitási mutatókban, mint például az LFC (szabad konvekció szintje) vagy a CAPE (konvektív rendelkezésre álló potenciális energia) a nagy belső változékonyság és a szinoptikus változékonyság miatt, a hangsúlyt a Grosswetterlagen-típusú (GWL) időjárási rezsim osztályok változásaira helyezzük át.

Az időjárási helyzetet adott napon meghatározza a közép troposzférikus relatív örvényesség, a területen uralkodó szélirány és az integrált vízgőz mennyiség anomáliája. Ezen cirkulációs mintákat, havi gyakoriságuk időbeli változékonysága alapján hat klaszterbe soroltuk hierarchikus klaszterezés segítségével. A havi felhőtípus-anomáliák (alacsony, közepes és magas felhőzet) térbeli és időbeli korrelációját vizsgájuk a GWL-klaszterek előfordulási gyakoriságával.

Az eredmények egyértelmű és térben koherens összefüggéseket mutatnak a felhőtípus-anomáliák és az időjárási típus gyakorisága között. Különösen a magas felhőzeti anomáliák korrelálnak jelentősen bizonyos GWL-klaszterekkel, különösen a nyári hónapokban és a déli szélességeken, ahol a térbeli R^2 értékek lokálisan meghaladják a 0,6-ot.

Ezenkívül a GWL-klaszterek felhőanomáliákra gyakorolt hatása hónaponként változik, egyes klaszterek konzisztens negatív korrelációt mutatnak a déli régiókban, míg mások csak bizonyos felhőrétegeket befolyásolnak. Eredményeink rávilágítanak a szinoptikus változékonyság beépítésének fontosságára a felhőzeti trendek elemzésekor. A felhőzet látszólagos hosszú távú trendjeit a különböző szinoptikus rendszerek gyakoriságának változásai jelentősen meghatározzák. Ez a szinoptikus változékonyság valószínűleg a hagyományos konvektív instabilitási metrikák nem szignifikáns lineáris trendjeihez.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap K-132014 pályázatai támogatták.

EGY KUTATÓÁLLOMÁS TERVE A 21. SZÁZAD GLOBÁLIS KIHÍVÁSAIRA

Horváth László[1], Bozóki Zoltán[1], Mikó Edit[2]
[1]*Szegedi Tudományegyetem, TTIK, Fizikai Intézet, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék és HUN-REN-SZTE, Fotoakusztikus Kutatócsoport*
[2]*Szegedi Tudományegyetem, MGK, Állattudományi és Vadgazdálkodási Intézet*

Magyarországon a globális éghajlatváltozás az éves átlaghőmérséklet emelkedésében és a csapadék összmennyiségének csökkenésében nyilvánul meg. A következmények között szerepel a növények hő- és aszálykárosodása, a sivatagosodás és a talajdegradáció a szénveszteség miatt. Ezek a változások fenyegetik az élelmiszer-biztonságot, csökkentik a biodiverzitást, eltolják a fenológiai fázisokat, és számos egyéb környezeti hatást okoznak. A tervezett, hazai viszonylatban egyedi mérési koncepció a talaj–növény–légkör rendszert integrált, interdiszciplináris és holisztikus megközelítésben vizsgálja. A rendszer egy időben értékeli a műtrágya hasznosulását, az alkalmazott műtrágya és a légkörbe veszteségként távozó nitrogén-komponensek (pl. NH_3, N_2O) arányát, az alkalmazási technika optimalizálási lehetőségeit, valamint a környezeti hatásokat (talaj- és levegőminőség). A szén-, víz- és nitrogénkörforgalom párhuzamos feltárása lehetővé teszi az egyes részfolyamatok közötti kapcsolatok és a kedvező/kedvezőtlen szinergiák azonosítását. A vízgőzfluxus (látens hő) mérése a vízkörforgalom kulcseleme, és az aszályosodással összefüggő szárazságstressz elsődleges indikátora; a szén-dioxid-fluxus (NEE) és a talaj szénmérlegének monitorozása pedig a megváltozott éghajlati feltételek melletti termés- és talajszervesanyag-csökkenés kockázatának becsléséhez szükséges. A tervezett vizsgálatok helyszíne egy Hódmezővásárhely és Szeged között elterülő, Nyúlmezőnek elnevezett 4 hektáros félig természetes gyep, mely a Dél-Alföld klímakitettsége miatt különösen alkalmas a magyarországi – európai összehasonlításban is extrém – éghajlati hatások vizsgálatára, ezáltal a szolgáltatásnak unikális jelleget kölcsönöz. A szántóföldi, populációszintű méréseket egyedi növényszintű vizsgálatokkal támasztjuk alá, ami megbízható skála-összekapcsolást és közvetlen döntéstámogatást biztosít a gazdálkodás és a szabályozás számára. A mérőállomás megvalósítása elkezdődött.

NYITOTT KÉRDÉSEK A KLÍMATUDOMÁNYBAN

Szarka László Csaba
nyugdíjas kutató

A tudomány – a valóság legmegbízhatóbb megismerési módja – lényege az „örökös önjavítás”, úgyhogy a „konszenzus” nem tart örökké. Az ún. klímakonszenzus (születési adatai: Villach, 1985. október 9-15., ld. WMO, 1986) szerint *„alig fér hozzá kétség, hogy a légköri CO_2-koncentráció megduplázódását alapul vevő klímamodellek szerint az éghajlatváltozás olyan nagyságrendű, hogy mélyreható hatással lehet a globális ökoszisztémákra, a mezőgazdaságra, a vízkészletekre és a tengeri jégre”*. Az azóta eltelt 4 évtized alatt nem került elő döntő pró bizonyíték, ugyanakkor a jelenkori klímaváltozást számos új adat, módszer és hipotézis helyezné új megvilágításba. A földi klíma legalább több ezer, a legkülönfélébb idő- és tértartománybeli változó hatására és kölcsönhatások láncolataként alakul ki. A konszenzushoz való igazodás elvárása azonban (azzal, hogy az okokat leszűkítően kerestetik) évtizedekkel visszavetette a tudományos előrehaladást. Amint a Climate Working Group (2025) rámutatott, a legnagyobb tudományos károkat a klímajelentések túlegyszerűsített összefoglalói okozták. A klímatudomány szabatos fogalomrendszert, adatalapú és nyitott (ideológiamentes) megközelítést kíván. Az amerikai klímajelentés (Climate Working Group, 2025) nagy jelentőségű vitája (2025.09.02-ig 59 563 hozzászólás, ld. DOE, 2025) többek között arra világít rá, hogy a klímatudományban sokkal több nyitott kérdés van (pl. Koutsoyiannis, 2025, Vinós, 2023), mint amennyit az amerikai klímajelentés érintett. A szerző a nemzetközi klímavitában való MTA-szerepvállalás mellett érvel.

Climate Working Group, 2025: A Critical Review of Impacts of Greenhouse Gas Emissions on the U.S. Climate. Washington DC: Department of Energy, July 23, 2025 DOE, 2025: https://www.regulations.gov/document/DOE-HQ-2025-0207-0001

Koutsoyiannis D, 2025: https://www.frontiersin.org/journals/complex-systems/articles/10.3389/fcpxs.2025.1617092/full

Vinós J, 2023: https://books.google.hu/books?id=6xTgEAAAQBAJ&redir_esc=y

A kutatás támogatás nélkül valósult meg.

STATISZTIKUS KLIMATOLÓGIAI ALKALMAZÁSOK A SZÉLADATBÁZIS LÉTREHOZÁSÁHOZ

Bokros Kinga[1,2], Izsák Beatrix[1], Lakatos Mónika[1], Pongrácz Rita[3]
[1]*HungaroMet Nonprofit Zrt.*
[2]*ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola*
[3]*ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*

Célunk egy 1961–2024 közötti, egységes magyarországi szélsebesség-adatbázis előállítása volt a HungaroMet éghajlati adatbázisára építve. Az új adatbázis alapját 127 mérőállomás adatai képezik, amelyekre háromlépcsős adatellenőrzést, adatpótlást és homogenizációt végeztünk a MASH szoftver segítségével. A homogenizáció során külön kezeltük a leghosszabb, 1961-től rendelkezésre álló adatsorokat (40 állomás), az 1997-től elérhető bővített hálózatot (111 állomás), valamint a legfrissebb, 2013-tól mérő automata állomásokat (127 állomás).

Kiemelt figyelmet kapott az inhomogenitások harmonizációja, mely a többlépcsős homogenizációs folyamat egyik legösszetettebb, s mégis legfontosabb feladata, mely biztosítja, hogy a különböző hosszúságú idősorok egymással összhangban legyenek.

Az eredmény egy térben és időben kiterjesztett, homogenizált és harmonizált átlagos szélsebesség-adatbázis, amely megbízható alapot nyújt a hazai szélklíma vizsgálatához, a trendek és szélsőségek feltérképezéséhez, valamint az ipari és energetikai tervezéshez.

A kutatás a Széchenyi Terv plusz program keretében, az RRF-2.3.1 21-2022- 00014 számú projekt támogatásával, valamint a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-KDP-24 kódszámú Egyetemi Kiválósági Ösztöndíj Programjának Kooperatív Doktori Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

DOI: 10.21404/51.MTN.2025

ISBN 978-963-9931-22-0

Kiadja a HungaroMet 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 vezérigazgatója

Budapest – 2025