

**40. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK  
2014. NOVEMBER 20-21.**

**Klíímaváltozás és következményei: a globális folyamatoktól a  
lokális hatásokig**

**AZ ELŐADÁSOK ÖSSZEFOGLALÓI**

## IPCC AR5 – TÉNYEK ÉS JÖVŐKÉP

**Bartholy Judit és Pongrácz Rita**

*Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék*

Az IPCC AR5 jelentéssorozata 2013-2014 során jelent meg három kötetben. Ezek alapján egyértelműen megfigyelhető a troposzféra melegedése, melyet a több évtizedes műholdas és felszíni mérések is alátámasztanak. Az ipari forradalom előtti 280 ppm-es légköri CO<sub>2</sub> koncentráció 40%-kal emelkedett, s 2013 márciusára elérte a 400 ppm-et. Az antarktisi jégfuratminták bizonyítják, hogy az elmúlt 800 ezer évben ilyen magas koncentráció érték nem fordult elő. A jelentés megállapítja, hogy a XX. század közepétől detektált melegedés hátterében elsősorban az antropogén hatás áll. 1901 és 2012 között a globális melegedés elérte a 0,9 °C-ot, melyhez a természetes éghajlati változékonyság és a külső kényszerek csak elenyésző mértékben járultak hozzá. Az IPCC-jelentés kiemeli, hogy az erősödő üvegházhatás következtében a légkörben kumulálódott energia 90%-át az óceánok nyelték el, s csak a maradék 10% fordítódott a légkör melegítésére. A légkörbe jutó többlet-CO<sub>2</sub> jelentős hányadát szintén az óceánok nyelték el, ennek hatására kimutatható az óceánok vizének savasodása, a pH-érték szignifikáns csökkenése. A megfigyelések alapján igazolt, hogy a hóval és jéggel borított területek kiterjedése is jelentősen csökkent.

A jelentésben új éghajlati scenáriók jelentek meg, melyek a módosuló üvegházhatáson, azaz az éghajlati rendszert irányító sugárzási kényszer jövőbeni változásán alapulnak. A négy scenárió az ipari forradalom előtti időszakhoz viszonyítva 2,6 W/m<sup>2</sup>, 4,5 W/m<sup>2</sup>, 6,0 W/m<sup>2</sup>, illetve 8,5 W/m<sup>2</sup> összesített sugárzási kényszer változást ír le. Becslések szerint nagyon valószínű, hogy a XXI. század végére a globális melegedés mértéke meghaladja a 2 °C-ot. Ugyancsak nagyon valószínű, hogy a hóhullámok gyakorisága, intenzitása és időtartama jelentős mértékben növekedni fog. A melegedés mértékével arányosan a száraz területeken csökkenni, a csapadékban gazdag területeken növekedni fog a csapadék. A XXI. század nagy kihívása a globális klímaváltozás következményeinek kezelése, az egyre fokozódó emberi tevékenység hatásainak csökkentése, illetve a várható regionális változásokra való felkészülés, azokhoz való alkalmazkodás. Minél tovább várunk arra, hogy a tudomány minden bizonytalanság kizárásával igazolja az éghajlati rendszer változási folyamatait, és azok regionális következményeit, annál több visszafordíthatatlan változás következik be a Föld számos sérülékeny régiójának környezeti feltételeiben. Ezzel párhuzamosan adaptációs lehetőségeink egyre szűkülnek.

## **REPREZENTATÍV ADATBÁZISOK ELŐÁLLÍTÁSA KLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATOKHOZ, DETEKTÁLT HAZAI VÁLTOZÁSOK, KITEKINTÉSSEL A KÁRPÁT-RÉGIÓRA**

**Szentimrey Tamás, Lakatos Mónika, Bihari Zita**  
*Országos Meteorológiai Szolgálat*

Az éghajlati vizsgálatokhoz jó minőségű, reprezentatív adatok szükségesek, térben és időben egyaránt. A minőség szempontjából komoly problémát jelentenek az adathiányok, a mérési hibák és a mérőhálózat változásából következő inhomogenitások. A térbeli reprezentativitás szempontjából a csupán pontonkénti mérések, továbbá ezek és a rácspontra adott háttér-információk (pl. radar, műhold, előrejelzési adatok) együttes kezelése okoz nehézséget. A problémák megoldására matematikailag jól megalapozott statisztikus klimatológiai eljárások szükségesek a következő témakörökben: adatpótlás, adatellenőrzés, homogenizálás, interpoláció térben és időben, adatasszimiláció, rácsponti adatbázisok létrehozása. Az így előállított adatbázisok alapján történhet a múlt és jelen éghajlatának vizsgálata, azaz a valószínűségi eloszlás és változásának becslése, matematikai statisztikai elemzése. Ilyen rácsponti adatbázist hozott létre a Kárpát-régióra a CARPATCLIM projekt, tíz ország részvételével, melyhez a módszertant és a statisztikus klimatológiai szoftvereket (MASH-MISH) az OMSZ biztosította.

A melegedő tendencia a hazai megfigyelési sorokban is jelen van, leginkább a meleg szélsőségek gyakoribbá válásában mutatkoznak meg az éghajlatváltozás jelei. A csapadékváltozások kevésbé szignifikánsak, az éves összeg kismértékben csökkent, de éven belüli csapadékeloszlás megváltozott. Nyáron az átlagos napi mennyiség megnőtt, ami az intenzív csapadékesemények növekvő arányát jelzi.

Tágabb környezetünk a Kárpát-régió éghajlati tendenciáinak megismerésére is lehetőség nyílt a CARPATCLIM adatbázis alapján, ez különösen fontos, mivel a hatások nem torpannak meg az országhatároknál. Az utóbbi évtizedeket jellemző magas hőmérsékleti anomáliák és az egymást követő évek szélsőséges csapadékvizonyai is indokolják az éghajlati állapot folyamatos nyomon követését a jövőben is, kiterjedt mérésekre alapozva.

## AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KLÍMAMODELLEZŐI TEVÉKENYSÉGE

Szépszó Gabriella, Krüzselyi Ilona, Szabó Péter, Zsebeházi Gabriella

*Országos Meteorológiai Szolgálat*

Az éghajlati rendszer működése dinamikus modellek segítségével tanulmányozható, s jövőbeli viselkedése ugyancsak a modellezés eszközeivel írható le. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) klímadinamikai kutatásai két regionális klímamoddellen alapszanak: a nemzetközi együttműködésben fejlesztett ALADIN-Climate, valamint a hamburgi Max Planck Intézetben kifejlesztett REMO modellekkel vizsgáljuk a hazánkban a 21. században várható változásokat. Ehhez 50, 25 és 10 km-es felbontáson végzünk szimulációkat Európa, Kelet-Közép-Európa és a Kárpát-medence területére az 1951–2100 időszakra, a EURO-CORDEX nemzetközi együttműködés keretében futtatott új kísérleteinkben már a legfrissebb kibocsátási forgatókönyvek alkalmazásával.

A meteorológiai modellszimulációk bizonytalanságokat tartalmaznak, melyek az éghajlati projekciók esetében elsősorban az emberi tevékenység és a fizikai folyamatok leírásának nehézségeiből erednek. A modellek eredményei csak a bizonytalanságok számszerűsítésével értelmezhetők korrekt módon, ezért az OMSZ-ban *globális* klímamodellek adatsoraik felhasználásával kiterjedt elméleti vizsgálatokat folytatunk a bizonytalanságok területi eloszlásának és időbeli fejlődésének kutatására. A kisebb skálán jellemző bizonytalanságok feltérképezéséhez az ALADIN-Climate és a REMO modellek mellett az ENSEMBLES európai uniós projekt 25 km-es felbontású *regionális* modellszimulációinak eredményeit is bevontuk a Kárpát-medencére vonatkozó vizsgálatokba.

A regionális klímamodellek eredményei részletes kiindulási adatokat szolgáltatnak az éghajlatváltozás jövőbeli hatásainak számszerű vizsgálatához. Az OMSZ számos együttműködésben vesz részt hazai szakemberekkel, sőt, magunk is végzünk kutatásokat a hazánkban várható hatások felderítésére. Például az ALADIN-Climate modell adatainak felhasználásával tanulmányozzuk a város áramlás- és éghajlatmódosító hatását a SURFEX/TEB dinamikus felszín-leíró modell segítségével.

Az előadásban áttekintjük az Országos Meteorológiai Szolgálat egy évtizedre visszatekintő klímamodellezési tevékenységének legfontosabb elemeit; továbbá bemutatjuk, hogyan hasznosulnak eredményeink az éghajlatváltozás hatásaira való felkészülésben mind hazai, mind nemzetközi szinten.

## **REGIONÁLIS MODELLFUTTATÁSOK ÉS EREDMÉNYEK ELEMZÉSE AZ ELTE METEOROLÓGIAI TANSZÉKÉN**

**Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Pieczka Ildikó**  
*Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék*

Az ELTE Meteorológiai Tanszékén 2002 óta folynak regionális klímamodellek adaptálásával, futtatásával kapcsolatos vizsgálatok. A korábban adaptált RegCM-3.0 futtatásainak eredményeit hazai és nemzetközi fórumokon részletesen ismertettük. Ebben az előadásban a közelmúltban az ELTE szuperszámítógépén telepített RegCM-4.3 modellverzió validációs és jövőre vonatkozó futtatásainak eredményeit mutatjuk be.

A RegCM korlátos tartományú hidrosztatikus éghajlati modellt eredetileg az amerikai NCAR-ban fejlesztették ki, jelenleg pedig a Triesztben működő ICTP közvetítésével hozzáférhető kutatási célokra. A korábbi verziókhöz képest az újonnan adaptált modellverzió új felszíni, planetáris határréteg és légkör-tengerfelszín fluxus sémákat tartalmaz, valamint a korábbi sugárzás-átviteli és határréteg sémák is módosításra kerültek. A jelenlegi modell már párhuzamos futtatásra is alkalmas, mely tulajdonságot az egyetemi szuperszámítógépen történő futtatás során mi is ki tudunk használni, ezzel jelentősen lerövidítve szimulációink futási idejét.

A modellfuttatások nemzetközi és hazai projektekhez is kapcsolódnak. Nemzetközi szinten a WCRP keretén belül indított CORDEX együttműködéshez csatlakozva 50 km-es horizontális felbontással végzünk modellszimulációkat. Ez a viszonylag durvább rácsfelbontás hazánk mérete miatt nem alkalmas arra, hogy éghajlatváltozási hatástanulmányokat alapozzon meg, azonban megfelelő peremfeltételeket szolgáltat a további dinamikus alapú leskálázáshoz. Az 50 km-es felbontásban előálló eredményeinket így felhasználjuk ahhoz, hogy segítségükkel finomabb, 10 km-es felbontású szimulációkat készítsünk hazánk területére, melyekre a hazai végfelhasználók igényt tartanak a hatástanulmányok, adaptációs vizsgálatok készítéséhez. Így a kapott eredmények bekerülnek a fokozatosan kiépülő hazai NATÉR rendszerbe. Ezen a finomabb rácsfelbontáson a múltra és a jövőre végzett szimulációkon kívül, a modell által alkalmazott csapadéksémákra vonatkozóan érzékenységvizsgálatot is végeztünk, melyekről szintén beszámolunk az előadás során.

## GLOBALIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS

**Faragó Tibor**

*ELTE TTK Környezettudományi Doktori Iskola oktatója, a SzIE c. egyetemi tanára*

A különféle emberi tevékenységek globális éghajlatmódosító következményével és ennek lehetséges hatásaival foglalkozó, sokasodó tudományos megfigyelésekre és elemzésekre az 1970-es évek végétől kezdve fordítottak növekvő figyelmet a kormányok, a különböző gazdasági ágazatok és a környezetvédő szervezetek képviselői. Gyorsan fejlődött az éghajlati rendszer állapotváltozásának részletes nyomon követését lehetővé tevő nemzetközi megfigyelő rendszer és tökéletesítették a numerikus modelleket. A vizsgálati eredmények szintézisére létrehozott kormányközi szervezet 1990. évi első értékelő jelentése lényegesen hozzájárult ahhoz, hogy 1992-ben megszülethessen az éghajlatváltozásról, az antropogén hajtóerők visszafogásának kezdeti lépéseiről, a becsült káros hatások csökkentéséről szóló egyezmény. Az ok-okozati összefüggésekre és a jövőképekre vonatkozó tudományos bizonytalanság figyelembevételével a tárgyaló felek elfogadták az elővigyázatosság elvét. Erre tekintettel a nagyon korlátozott ütemű kibocsátás-szabályozást célzó előírások és a változásokra való alkalmazkodási felkészülést szorgalmazó rendelkezések mellett nagy hangsúlyt kapott az éghajlati rendszer működésének, folyamatainak jobb megértéséhez a tudományos együttműködés megerősítése. Világossá vált az is, hogy a környezeti savasodást előidéző, illetve a magaslégköri ózonréteget veszélyeztető kibocsátásokkal foglalkozó, korábban megkötött egyezmények keretében elfogadott megközelítések csak korlátozott mértékben használható „minták”. Úgy az üvegházhatású gázok kibocsátását, mint a változások hatásait illetően sokkal több és nagy „tehetetlenségű” gazdasági kulcságazat volt érintett. A hosszú légköri tartózkodási idejű üvegházhatású gázok miatt számításba kellett venni a „történelmi kibocsátásokat” is, azaz az egyes országcsoportok eltérő történelmi felelősségét e kockázatos globális környezeti folyamatért. Mind nagyobb hangsúlyt kapott a környezeti feltételek változásával szemben különösen sérülékeny társadalmak, országok helyzete is.

Az elmúlt több mint két évtizedben tudományos együttműködési szervezetek és szakpolitikákkal foglalkozó nemzetközi szervezetek sokasága folytatott az éghajlatváltozással összefüggő valamilyen programot, valamint az országok nagy többsége kidolgozott már klímastratégiát. A bővülő megfigyelési programoknak és a pontosabb elemzéseknek köszönhetően jelentősen erősödött a globális változással, annak okaival kapcsolatos tudományos bizonyosság. Mégis a vizsgált rendszer rendkívüli összetettsége, a probléma tudományos sokoldalúsága, az említett ágazati „tehetetlenség” és az országok, országcsoportok nagyon eltérő gazdasági, fejlesztési érdekei indokolhatják azt, hogy továbbra sincs – pedig mielőbb szükséges lesz – nemzetközi megegyezés mindenekelőtt a vonatkozó környezetterhelés lényeges csökkentéséről.

## **A MEGÚJÍTOTT NEMZETI ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI STRATÉGIA: A MEGELŐZÉS ÉS AZ ALKALMAZKODÁS HÁZAI LEHETŐSÉGEI**

**Pálvölgyi Tamás, Csete Mária, Czira Tamás, Selmeczi Pál**

*Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Nemzeti Alkalmazkodási Központ*

Ahogy eltávolodtunk a természeti létalapjainktól (víztől, termőföldtől, tájtól) alkalmazkodóképességünket – különösen a gyors változásokhoz – jószerével elvesztettük. A modern társadalmak civilizációs vívmányai (pl. a közmű ellátás, IT hálózatok, ipari tevékenységek, infrastruktúrák, élelmiszer-ellátás) rendkívül sérülékenyek a külső környezet változásaira, függetlenül attól, hogy e változásokat az emberi tevékenység idézte elő, vagy sem. A gyors változások tehát – azok okától, mértékétől és bizonytalanságaitól függetlenül – biztonságpolitikai kérdéseket vetnek fel, melyekre átfogó felkészülési és alkalmazkodási keretrendszer kialakításával adható hathatós válasz. Az alkalmazkodás intézményi kereteit biztosítja a Nemzeti Alkalmazkodási Központ (NAK), mely 2012-ben kormányzati döntés eredményeként jött létre a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet önálló szervezeti egységéként. A NAK többek között gondoskodik a klímapolitikát szolgáló elemzések, térinformatikai vizsgálatok, stratégiák szakmai előkészítéséről, munkáját az MFGI igazgatóhelyettese irányítja.

A Nemzeti Alkalmazkodási Központban 2013-ban kidolgozásra került az új Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS), illetve elkészült az első NÉS felülvizsgálata. Az új NÉS részeként elkészült a Hazai Dekarbonizációs Útiterv, a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia, valamint a szemléletformálással kapcsolatos Éghajlati Partnerség program. E területeken meghatároztuk a klímaváltozás megelőzésével, a hatásokhoz való alkalmazkodással és a szemléletformálással kapcsolatos cselekvési irányokat. 2013 őszén széles körű társadalmi, szakmai és közigazgatási egyeztetést folytattunk az érintett szereplőkkel, ennek eredményeként készült el a szakmai dokumentum, amely várhatóan az Országgyűlés 2014. évi őszi ülészakán kerül napirendre. 2014-ben megkezdtük a NÉS-hez kapcsolódó cselekvési tervek előkészítését. A cselekvési tervek a NÉS-ben meghatározott célokhoz és cselekvési irányokhoz kapcsolódó konkrét intézkedéseket tartalmazták. A cselekvési tervek kidolgozása mellett a NÉS-hez kapcsolódóan 2014-ben megkezdtük egy helyi alkalmazkodási, illetve klímastratégiai módszertan kidolgozását, továbbá elindítottunk egy helyi mintaprojektet Tata térségére vonatkozóan, amelyben a helyi lehetőségek és veszélyek feltárásával kívánjuk kidolgozni az adott térségre vonatkozó alkalmazkodási stratégiát.

## ÉGHAJLATI INFORMÁCIÓKKAL A TÁRSADALOM SZOLGÁLATÁBAN

**Bihari Zita, Kovács Tamás, Lakatos Mónika, Szentimrey Tamás**  
*Országos Meteorológiai Szolgálat*

Napjainkban egyre nagyobb fontosságot tulajdonítanak a klímaszolgáltatásoknak. A Meteorológiai Világszervezet is növekvő figyelmet szentel a kérdésnek, regionális klímaközpontok alakultak a világ több részén, a nemzeti szolgálatok honlapjain is fokozatosan bővül a klímaszolgáltatások köre.

Az OMSZ Éghajlati Osztályának is egyik fontos feladata, hogy a felhasználók számára különböző információkat nyújtson az éghajlat jelenlegi állapotáról. Ezek a kérések mindig valamilyen adatfeldolgozást igényelnek, az egyszerű összehasonlításoktól kezdve a bonyolult elemzésekig. A teljesség igénye nélkül ez utóbbiakból mutatunk be néhány érdekes példát annak illusztrálására, hogy a matematikai statisztika eszköztárával milyen válaszokat adhatunk a jelen klíma tárgykörében felmerült kérdésekre.

A speciális kérések legtöbbször valamilyen tervezési folyamathoz kapcsolódnak, melyekhez hosszú időszakra vonatkozó adatokra van szükség olyan helyekre is, ahol egyáltalán nem rendelkezünk mérésekkel vagy csak az igényeltnél rövidebb periódusra van adatunk. Ilyen esetekben is a felhasználói igények minél magasabb színvonalú kielégítéséhez a matematikai statisztika eszközeit igénybe venni. Az adatokat esetenként pótolni, ellenőrizni, homogenizálni kell, de sokszor van szükség interpolációra is, ha nem történt mérés az adott helyen. Az alapadatok előállítását követően kezdődhet a feldolgozás, pl. extrémitás vizsgálat, visszatérési értékek vagy visszatérési periódus meghatározása, klímaindex kalkuláció stb..

Az előadásban bemutatjuk a legtöbbször alkalmazott eljárások elméleti hátterét, a speciális kérésekből fakadó problémákat és az erre kitalált megoldásokat, valamint néhány egészen egyedi kérést.



## A JÖVŐBELI ÉGHAJLATI PROJEKCIÓK BIZONYTALANSÁGAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓJUK

Szépszó Gabriella, Krüzselyi Ilona, Szabó Péter, Zsebeházi Gabriella  
*Országos Meteorológiai Szolgálat*

A földi rendszer folyamatai és fejlődése a numerikus modellezés eszközeivel írható le. A meteorológiai modellszimulációk bizonytalanságokat tartalmaznak, melyek éghajlati időskálán elsősorban az emberi tevékenység és a fizikai folyamatok leírásának nehézségeiből erednek. Utóbbi esetében az éghajlati rendszer nehezen megragadható természetes változékonysága, s a numerikus modellek szükségszerűen közelítő jellege okozza a bizonytalanságot. Az antropogén tevékenység éghajlatot befolyásoló tényezőinek jövőbeli alakulását nem tudjuk előre kiszámítani, ezért a modellezésben kibocsátási forgatókönyveket használnak a figyelembevételükre, melyek a fejlődés különböző irányait jelenítik meg. Ez a jövőre vonatkozó éghajlati szimulációkat hipotetikus jelleggel ruházza fel, ami miatt azok projekciókként értelmezhetők: eredményük attól függ, hogy elkészítésük során az emberi tevékenység leírására milyen scenáriót alkalmaztak.

A modellek eredményei csak a bizonytalanságok számszerűsítésével értelmezhetők megfelelő módon, amire az ensemble módszer nyújt lehetőséget. Ekkor több, különböző beállításokkal végrehajtott szimuláció eredményeit együttesen tekintjük és értékeljük. Egy jó, minden bizonytalanságot annak súlyához mérten megjelenítő ensemble rendszer összeállítása nem magától értetődő. A különböző forrásból eredő bizonytalanságok más-más területi és időskálán fejtik ki hatásukat. Nemzetközi és hazai vizsgálatok például megmutatták, hogy a csapadékprojekciók esetében lényegében nincs jelentősége a forgatókönyv-választásnak, s a Kárpát-medence területére vonatkozó eredmények bizonytalanságát főként a természetes változékonyság és a modellek eltérései okozzák.

Az éghajlatváltozás és a leírására használt numerikus modellszimulációk bizonytalanságának kutatása szép tudományos feladat. Ugyanakkor nem kisebb kihívás az eredményeket *korrekt és érthető* módon interpretálni az eredmények felhasználói, a döntéshozók, s tágabb értelemben az egész társadalom számára. Az előadásban áttekintjük, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálatnál milyen erőfeszítéseket tettünk a múltban, teszünk jelenleg és tehetünk a jövőben a fenti célok megvalósítására.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGRA

**Anda Angéla**

*Pannon Egyetem Georgikon Kar*

Magyarország termőterületének méretében rejlő mezőgazdasági lehetőségei egyedülállóak Európában, mivel a teljes területnek több mint kétharmada agro-ökoszisztéma, s területének kb. a fele szántó. A termőterület nagyságában rejlő lehetőség egyben nagy kockázati tényezőt is jelent, amely az ágazat kiszámíthatatlan időjárás-érzékenységgel áll kapcsolatban. A mezőgazdaság valamennyi ágazata – az ökonómiai vonatkozások kivételével – időjárás (éghajlat) függő. Az állattenyésztésben a korábban jellemző istállózott állattartás helyett a jelentős környezetvédelmi pozitívumokkal bíró legelők tartás fokozza az állattenyésztési ágazat környezeti függőségét. Ismert kockázatai ellenére a legelők tartás jövőben várható további térhódítása nem lehet kérdéses. Bár a kertészeti növények növekvő hányada helyeződött át „mesterséges” mikroklímájú terekbe, üvegházakba, fóliasátrakba, maradtak olyan kategóriái, amelyek méreteik miatt továbbra is a szabad térbe kényszerülnek. S akkor még a hazánkban jelentős hírnevet szerzett szőlő- és borbortermesztést nem is említettük, mely viszont csak szabadföldön képzelhető el. Az ország területe több növényfaj szempontjából határvidék, a kukorica és a szőlő esetében az északi, míg a burgonya és rozs esetében a termesztetőség déli határán fekszik hazánk. A határon való elhelyezkedés azt jelenti, hogy bármely csekély eltérés az éghajlat alakulásában a termelés szerkezet, ill. a földhasználat jelentős módosulását vonja maga után. A mezőgazdaság ciklikussága, a tenyészidőszak éves periodicitása nem teszi gyorsá és egyszerűvé az alkalmazkodást.

Az időjárás sokéves átlagban legalább harmadrészen felelős a termésbiztonságért, de lehetnek olyan évek is, ahol ez az arány jelentősen magasabb (kockázati tényező – káros jelenségek; fagy, jégeső stb.). A mezőgazdaságnál legtöbbször a léghőmérséklet és a csapadék szélsőségeinek negatív hatásait elemezik. Nem könnyű az időjárásnak sem, ha eleget akar tenni az ágazat követelményeinek, mivel elég szűk az a mezsgye, amin belül a feni meteorológiai elemek kedvező hatással bírnak a természet tárgyat képező élő szervezetekre. Az alkalmazkodás a mezőgazdaság egyetlen lehetősége, melyben az időjárás kihívásaira választ adhat. Ez rendkívül széleskörű tevékenységet jelent, melyben a biológiai alap átalakításáért felelős nemesítéstől az öntözésen át a megfelelő talajművelési rendszerig számtalan lehetőség rejlik. A jövőben e lehetőségek minél szélesebb körű kiaknázása a mindenkori gazdálkodók, s az őket kiszolgáló kutatók legfontosabb feladata.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS ÁRVÍZI LEFOLYÁSRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK INTEGRÁLT MODELLALAPÚ ELEMZÉSE A FELSŐ-TISZA VÍZGYŰJTŐJÉRE

**Szabó János Adolf<sup>1</sup>, Réti Gábor<sup>1</sup>, Bartholy Judit<sup>2</sup>, Pongrácz Rita<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>HYDROInform, Hidroinformatikai kutató, rendszerfejlesztő és tanácsadó Betéti Társaság,*

*<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék*

A klimatikus trendek különböző hidrológiai vonatkozású hatáselemzése napjaink egyik leginkább kutatott célterülete. Ez nem véletlen, hiszen mára már nem vitatható, hogy a fokozódó emberi tevékenységek következményeként globális felmelegedésnek lehetünk tanúi, amely hatással lesz/van Földünk vízforgalmára, és ezáltal az árvizek gyakoriságainak és azok mértékének korábban tapasztalt kimenetelére is. Ugyanakkor tény az is, hogy a problémakör átfogó vizsgálata messze meghaladja a hidrológiai gyakorlatban a korábbi évtizedekben kialakult gyakoriságelemzési módszerek lehetőségeit, ezért indokolt és szükséges új, a kapcsolatos kérdések adekvát megválaszolására is képes tudományos módszerek kifejlesztése a döntéshozatal optimális támogatása érdekében.

Az általunk kidolgozott – és bemutatásra kerülő – modellkoncepció lényege, hogy a múlt megfigyelt, valamint a jövőre prognosztizált napi meteorológiai adatok statisztikai jellemzői alapján paraméterezett időjárás-generátorral tetszőleges időhorizontra (pl.: 100/200 év) generált szintetikus napi adatokkal mint bemenő, meghajtó feltételekkel egy fizikai alapokon nyugvó, térben és paramétereiben is osztott hidrológiai modellt futtattunk. A hidrológiai modell elvégzi lefolyássá való leképezést, majd mindezt egy Monte-Carlo elemzés keretében ágyazva addig folytatjuk az integrált modellezést, amíg a keresett extrém gyakoriságokat egy előre rögzített pontosságig el nem érjük. Koncepciónk az alábbi három lépésből áll: 1) A célterület (Felső-Tisza) klimatikus jövőjének becslése; 2) A klimatikus múlt és jövő gyakoriságelemzése, az időjárás-generátor paraméterezése; 3) A szintetikus napi klimatikus adatok alapján a lefolyás fizikai alapú hidrológiai leképezése szintetikus (de reális) lefolyási adatokká, majd azok értékelése.

A fenti modell alapú elemzési koncepciót végrehajtottuk a múlt (1983-2012) harminc éves mért, és a jövő (2021-2050) ugyancsak harminc évre prediktált modell-outputok idősoraira. Elemzési eredményeink a Felső-Tisza vízgyűjtőjén kimutatták, hogy a vizsgálatban figyelembe vett A1B klímaváltozási szcenárió esetén a 100, illetve 200 év visszatérési árhullámok mértéke a nagyobb síkvidéki vízfolyások folyószakaszaira szignifikánsan csökkennek.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A GABONANÖVÉNYEK MINŐSÉGÉRE, ÉLELMISZER BIZTONSÁGRA

**Jolánkai Márton, Tarnawa Ákos, Horváth Csaba**  
*Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő*

A mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripar közvetlenül, és részben közvetve, pontosabban áttételeken keresztül ki van téve az időjárási hatásoknak. A jelenlegi problémák igen sokrétűek, de alapjába véve két nagyobb csoportba lehet őket sorolni: (1) A klímaváltozással kapcsolatos jelenségek; szárazodás, aszály, szélsőséges meteorológiai jelenségek (hőmérsékleti anomáliák – fagyok, hőségnapok, extrém időszakok tartama; csapadék – özvívízszerű esők, jégesők, sárlavinák; légmozgás – viharok, széllekeések; megváltozott radiáció és annak következményei. (2) Gazdasági, társadalmi, szakpolitikai eredetű problémák, amelyek a meteorológiai jelenségekkel szemben általában, a klímaváltozás hatására fokozódó problémákkal szemben pedig különösen negatívan hatnak a mezőgazdaság és az élelmiszeripar alkalmazkodóképességére.

Mezőgazdasági szempontból a hőmérséklet-változások kisebb jelentőséggel bírnak. Egyes elemeiben még pozitív is lehet a hatásuk, pl. átlagos 1 °C hőmérséklet növekedés 7-9 napos tenyészidő-kitolódást eredményezhet, ami kukorica esetében egy 100-as értékkel nagyobb FAO csoportot jelenthet. Erősen hátrányos ugyanakkor a nyári időszak melegezése. Ez számos egyéni növénynél virágzásbiológiai zavarokat okozhat. A csapadék esetében a tavaszi és a nyári csapadék csökkenésnek lehetnek kritikus következményei a növénytermesztésben. Az enyhébb és szerényebb csapadékosabb telek közvetetten károsan hathatnak az epidémiákra és gradációkra. Ugyancsak megfigyelhetők egyes gyom-cönológiai változások is.

A mezőgazdaság, ezen belül a növénytermesztés gazdasági sérülékenysége igen jelentős mind közvetlenül, mind közvetett – a többi élelmiszeripari ágazatban megnyilvánuló – módon. Számszerűsíteni e károkat nyilvánvalóan nem lehetséges, inkább csak a nagyságrendjét érzékeltetni. Magyarország szántóföldi növénytermesztésének kétharmadát a gabonatermesztés foglalja el. Éves összes gabonatermésünk 13-17 millió t. E két szélsőérték (évi ingadozás) különbözetének pénzben kifejezett értéke mintegy 120 milliárd Ft.

## A MEGÚJULÓ LÉGKÖRI ENERGIAPOTENCIÁL EGER TÉRSÉGÉBEN, A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

**Mika János<sup>1</sup>, Wantuchné Dobi Ildikó<sup>2</sup>, Nagy Zoltán<sup>2</sup>, Pajtkókné Tari Ilona<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Eszterházy Károly Főiskola, Eger, <sup>2</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat*

Az Egri Energiarégióban nap- és szélenergia vizsgálatokat végzünk 2012 óta. Az ebbe térségbe eső globálsugárzás és szélesebbesség adatok egyváltozós eloszlásait, valamint az idővel szembeni trendjeit korábban Mika et al (2014) mutatta be, ezért ezekre csak röviden fogunk utalni. A jelen tanulmányban e vizsgálatokat két vonatkozásban egészítjük ki, ugyancsak a CarpatClim rácsponti adatbázisai alapján. Egyrészt, bemutatjuk a nap- és a szélesebbesség napi értékeinek korrelációs együtthatóit 1961-2010 között, másodsor, a napenergia változásainak empirikus regressziós kapcsolatát a félgömbi átlaghőmérséklettel az 1976 és 2005 közötti, az északi félteke átlagában monoton melegedő időszakban.

Az első vonatkozásban az adatok nem igazolják azt a várakozást, hogy a két mutató negatív korrelációval kiegészítené egymást. Sőt, télen inkább enyhén szignifikáns pozitív korrelációt találtunk a két változó között, míg nyáron alig szignifikáns negatív korrelációt tapasztaltunk. Ezeket a rácsponti eredményeket megerősítik az ezek előállításában nem használt, független állomás (Eger: OMSz mérőhálózat) pontszerű adatai is.

A regressziós kapcsolatok a félgömbi átlaggal arra utalnak, hogy a globálsugárzás az ősz kivételével erősödött a globális felmelegedéssel párhuzamosan. A szélesebbesség köbe ugyanakkor meglehetősen gyors csökkenést mutatott, amelynek a meridionális eloszlása is valószínűtlenül markáns. A korábbi összevetések is arra utaltak, hogy rácsponti szélenergia becslések – legalábbis a vizsgált állomás, Eger vonatkozásában – kevésbé megbízhatóak.

Előadásunkban kitérünk arra, hogy a kapott eredménynek előjelben és nagyság-rendben megfelelnek mind a globális klímamodellekkel a legújabb IPCC Jelentésben látható felhőzet-változási eredményeknek, mind a független megfigyelt adatok alapján kapott empirikus eredményeknek. Ugyanakkor, ezeket a számításokat érdemes lesz összevetni azokkal a hazai regionális modell-becslésekkel is, amelyek bemutatására a konferencia más előadásaiban kerül majd sor.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ERDŐKRE

<sup>1</sup>Borovics Attila és <sup>2</sup>Mátyás Csaba

<sup>1</sup>NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, <sup>2</sup>NyME Erdőmérnöki Kar

A 21. századra előrevetített klimatikus változásokra való felkészülés különleges alkalmazkodást igényel a klímahatásoknak közvetlenül kitett ágazatokban. Az agráriumban fokozottan klímfüggő ágazatok a nem öntözéses növénytermesztés, a legeltetéses állattartás és a különösen a hosszú termesztési ciklussal jellemezhető erdőgazdálkodás.

Kutatásaink célja az erdészeti ágazat sérülékenységének, veszélyeztetettségének vizsgálata egy olyan tudományos-szakmai háttér megteremtése céljából, amely lehetővé teszi egy átfogó, országos döntéstámogatási rendszer kiépítését. A rendszer célja térinformatikai alapon elérhető regionális és lokális információk szolgáltatása a gazdálkodási (és természeti) feltételek jövőbeni alakulásáról, illetőleg megfelelő háttér megteremtése a kormányzati szervek számára, a hosszú távú agrár- és vidékfejlesztési stratégiák megalapozásához. A lokális szintre vetített, minél konkrétabb adatszolgáltatást a felkészülésre, alkalmazkodásra szenzibilizálás lényeges eszközeinek tekintjük.

Országos döntéstámogatási rendszer alapja térinformatikai alapú alapidatbázisok (felszín, talaj, hidrológia stb.) integrációja, kiegészítve a klímaváltozást előrevetítő modellek összehasonlító elemzésével és leskálázásával regionális és lokális szintre. Fontos elem, hogy a klimatológiai kérdések mellett, a rendszert alkalmassá kívánjuk tenni a gazdálkodási technológiák, megoldások fenntarthatósága és energiamérlege, a várható földhasználati változások és azok klimatikus visszahatásai, társadalmi kockázatai és vidékfejlesztési perspektívái kezelésére is.

A klímaváltozás erdészeti ágazatot érintő legfontosabb hatásai a következők: termőhelyi feltételváltozások hatása a fatermeszre, a biotikus és abiotikus károsítások klímfüggése, az aszály-stressz korlátozását segítő technológiák és lehetséges válaszlépések elemzése, a vadgazdálkodás, szaporítóanyag-gazdálkodás és az erdőművelés fenntartható harmonizálása. Ezek azok tényezők, ahol aktív emberi közbeavatkozással, korszerű erdőgazdálkodással, csökkenthetők a káros hatások és ahol van esély az alkalmazkodóképesség növelésére. Fontos továbbá megértenünk a természeti tőke és az ökológiai szolgáltatások erdei ökoszisztémákban végbemenő változásait. A klimatikus változások hatása a talaj termékenységére és a CO<sub>2</sub> kibocsátásra, a szénmegkötésre, a fajok alkalmazkodóképességére (génkészletére), valamint a növény-, rovar- és apróvad fajok diverzitására, a nagyvad fajok populációdinamikájára lényeges elemét képezik kutatásainknak.

## ELEMZÉSEK A BUDAPESTI ÖNKORMÁNYZATOK VÁROSTERVEZÉSI, VÁROSREHABILITÁCIÓS PROGRAMJAIHOZ

**Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Dezső Zsuzsanna**  
*Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék*

A NASA Terra és Aqua műholdja másfél évtizede gyűjt hazánk területéről is adatokat egy olyan program keretében, melynek célja az emberi tevékenység éghajlatra gyakorolt hatásainak komplex vizsgálata. E két műhold által mért adatok felhasználásával lehetővé válik a városban zajló folyamatok, változások egyre pontosabban leírása, és azok lehetséges okainak feltárása is. Műholdas mérésekből számított felszínhőmérsékleti adatok alapján kimutattuk, hogy Budapest belvárosi, sűrűn beépített lakó- és ipari övezeteiben bizonyos időszakokban a felszínhőmérséklet akár 8-10 °C-kal is meghaladhatja a városkörnyéki átlaghőmérsékletet. Az éghajlatváltozás hatásainak következtében a következő évtizedekben a hőség- és forró napok számának növekedése, valamint a lakosságot érő hőterhelés fokozódása várható. A városok területén a hősziget-hatás a hőmérsékletet még inkább a szélsőségek irányába tolja el, illetve az éghajlati rendszer elemeinek módosulása és a beépítettség növekedése következtében maga a hősziget-hatás is fokozódhat.

Városklimatológiai kutatásaink egyik célja, hogy eredményeink a településfejlesztési programok, építészeti beruházások során hasznosításra kerüljenek. Ennek érdekében az elmúlt évek során szoros szakmai kapcsolatot alakítottunk ki több budapesti kerület (IX., XI. és XII. kerület) építészeti és környezetvédelmi hatóságaival. Ezen együttműködések keretében megvizsgáltuk, hogyan változott a városi hősziget-hatás a területhasználat, beépítettség módosulásának következtében az elmúlt 15 évben a rendelkezésünkre álló műholdas adatbázis alapján. Vizsgáltuk a sűrűn beépített belvárosi területeken megvalósult tömbrehabilitációs programok hatását a termikus komfort szempontjából, valamint a zöldterületek és zöldtetők hőterhelés-mérséklő hatását.

Céljaink között szerepel a városi hősziget nagy felbontású modellezése, Budapest vizsgált kerületeiben a hőterhelési térképek meghatározása, valamint egy olyan alkalmazás fejlesztése, aminek segítségével a tervezett beruházások, építkezések termikus komfortviszonyokra való hatása már a beruházás megkezdése előtt vizsgálható. Emellett az építész és várostervező szakemberekkel együttműködve keressük azokat az eszközöket és módszereket, melyek a várostervezési stratégiákban hatékonyan használhatók a városhatás és az éghajlatváltozás együttes negatív hatásainak mérséklésére.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS EGÉSZSÉGI HATÁSAI – AZ ADAPTÁCIÓ FŐ CÉLKITŰZÉSEI

**Páldy Anna és Bobvos János**  
*Országos Környezetegészségügyi Intézet*

Az IPCC 5. jelentése alapján a klímaváltozás a 21. század legnagyobb környezetegészségügyi veszélye. Nagy szükség van a lehetséges hatások monitorozására, ezért a WHO már évek óta fejleszt egy indikátor rendszert, amelynek segítségével nyomon követhetők a hőhullámok, allergén növények pollenterhelése, a vektorok által terjesztett betegségek közül a Lyme kór, az ivóvíz és élelmiszerek által közvetített betegségek közül a Salmonellosis alakulása.

A hőséggel kapcsolatos indikátorral nyomon követhetők a hőhullámok gyakoriságának változásai. A pollen expozíció indikátorai alkalmasak a pollen szezon jellemzésére (kezdet, hossz, vég, maximális napi koncentráció, éves összes pollen terhelés) négy indikátor növény esetén (éger, nyír, fűfélék, parlagfű). A lakossági pollen expozíciót populációval súlyozott indikátorokkal lehet jellemezni: az allergiás tüneteket kiváltó koncentráció, szezonhossz és átlagos koncentráció mutatókkal. A pollen indikátorokat az Aerobiológiai Hálózat 19 állomásának adatai alapján számolták ki 2000-2013. közötti időszakban. A Lyme betegség esetén a szezonkezdet, valamint a Salmonellosis esetek és a hőmérséklet összefüggését vizsgálták.

A hőhullám indikátorral meghatározták a hőhullámoknak tulajdonítható többlethalálozást Budapesten 2000-2010 között, ami 20-220 esetet jelentett évente, azaz 2-35%-os többlethalálozást a >25 °C átlaghőmérséklet feletti napokon, ami a nyári napi átlaghőmérséklet 90%-os gyakorisága. A hőmérséklet nagymértékben befolyásolja a tavaszi fák virágzásának kezdetét, ezt az éger pollenszórás kezdetének eltolódása jól példázza. Az éves hőmérséklet és főként a nyári csapadékmennyiség és eloszlás befolyásolja a parlagfű pollen szórás hosszát és mennyiségét. A populációval súlyozott indikátorok alkalmasabbnak bizonyultak a lakossági pollenterhelés kimutatására, mint az egyszerű szezon indikátorok. A Lyme kór szezonkezdeté és a Salmonellosis esetek szignifikáns összefüggést mutatnak a hőmérséklettel.

Mindezek alapján a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia kiemelt célja kell legyen az egészségügyi ellátó rendszerek megerősítése, felkészítése a klímaváltozásból eredő veszélyekre, és a megfelelő gyors közegészségügyi válaszadásra. Fontos a vektorok kezelése, a környezetegészségügyi védelem és a betegségek felügyeleti rendszerének fejlesztése, továbbá az allergén, invazív növényfajok terjedésének visszaszorítása, az allergiás megbetegedések gyakoriságának csökkentése.



## AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A VÁROSI KLÍMÁRA ÉS HUMÁN KOMFORTRA

**Unger János, Gál Tamás, Gulyás Ágnes**

*Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék*

A városi hősziget (UHI) intenzitását jelentősen befolyásolják az időjárási tényezők, legerőteljesebb kifejlődését nyugodt, derült időjárási helyzetekben éri el, amikor az összetett városi felszín és a felette lévő légrétegek közötti kölcsönhatás a legzavartalanabb. A klíma globális és regionális szintű megváltozása nemcsak a felszínközeli termikus körülmények, hanem a különböző szintoptikus helyzetek gyakoriságának és tartamának a megváltozását is eredményezi Közép-Európában. Így gyakoribbak és tartósabbak lesznek a magasnyomású (anticiklonális) helyzetek, amelyekhez a levegő lassúbb kicserélődése és erőteljes inverziós rétegződés kapcsolódik, elősegítve ezzel a városi légkörben a szennyezőanyagok feldúsulását és az UHI események gyakoribbá és erősebbé válását. Ezekben a helyzetekben a hóhullámok szintén gyakoribbá és intenzívebbé válnak, melyek kombinálódva a ráakadó UHI hatással, igen kellemetlen és veszélyes szituációt eredményezhetnek a városlakók számára. További kedvezőtlen következmény a hűtésre felhasznált energia megnövekedése, az ezzel kapcsolatos hálózati túlterhelés, valamint az érzékeny városi infrastruktúrák (pl. internet) működését potenciálisan korlátozó vagy megbénító hatások. Nagy kérdés ezeknek a kedvezőtlen hatásoknak a várható mértéke, amelyet klímamodellek segítségével jelezhetünk előre, azonban ez az előrejelzés nem lesz pontos a városi felszín megfelelő parametrizációja nélkül. A jelenleg is zajló szegedi vizsgálatok során egy városi (hőmérséklet és légnedvesség) monitoring hálózat mérési eredményeit tervezzük felhasználni a rövidtávú időjárás előrejelző modellek eredményeinek validálására és felszínparametrizációjának optimalizálására. Mivel az időjárás és klíma modellek sok közös elemet tartalmaznak, így reményeink szerint a kidolgozott városi felszínparametrizáció átültethető lesz a klímamodellekbe is. Előzetes vizsgálataink alapján arra is következtethetünk, hogy a klímaváltozás várható hatásai közül a melegedés és az anticiklonális helyzetek megszorodása miatti nyári hőtöbblet jelentősen rányomja a bélyegét a termikus humán komfort viszonyokra, ami összeadódva a városi hatásokkal az átlagosnál is jobban növelheti a hőstressz mértékét nappal és éjjel egyaránt. Ugyanis a jelenlegihez képest a század végére nyáron az erősen terhelő nappalok gyakorisága jelentősen megnő (44%-ról 80-88%-ra), míg a pihenésre alkalmas éjszakáké jelentősen lecsökken (95%-ról 45-50%-ra). Ez pedig már egészséges szervezet számára is megnövekedő fiziológiai terhelést jelent, de az arra érzékeny populációknál hatványozott problémát okoz. E kezdeti eredmények ráirányítják a figyelmet a klímatudatos várostervezés fontosságára

## KLÍMAMODELL-EREDMÉNYEKEN ALAPULÓ DINAMIKUS VÁROSKLIMATOLÓGIAI HATÁSVIZSGÁLATOK

**Zsebeházi Gabriella, Krüzselyi Iлона, Szépszó Gabriella**  
*Országos Meteorológiai Szolgálat*

Bár a városok a Föld szárazföldi területeinek csak kis részét foglalják el, lokális skálán jelentősen módosítják az éghajlatot, ugyanis a természetes felszínektől eltérő fizikai és morfológiai tulajdonságaik következtében sajátos energiaháztartással rendelkeznek. A városklíma egyik legszembetűnőbb megnyilvánulása a városi hősziget-jelenség, azaz a város légtérében, felszínén és a felszine alatti néhány méteres mélységig megfigyelhető hőmérsékleti többlet a környező vidéki területekhez viszonyítva. Ennélfogva az éghajlatváltozás következményeként tapasztalható, és a XXI. században várhatóan tovább folytatódó átlaghőmérséklet-emelkedés és az extrém magas hőmérsékletű napok gyakoribbá válása a városokban még intenzívebben jelentkezhet. E példa, illetve a tény, hogy ma az emberiség több mint fele városokban él – mely arány a jövőben várhatóan tovább fog növekedni –, jól illusztrálja, hogy a városok különösen kitétek az éghajlatváltozásnak.

A globális és regionális éghajlatváltozás számszerű becslésére ma a legmegfelelőbb eszközként az éghajlati modellek szolgálnak, azonban a lokális skálán zajló változások leírására e modellek többsége önmagában még nem alkalmas, egyrészt felbontásuk miatt – mely jelenleg tipikusan 10–25 km –, másrészt mivel a kis skálájú folyamatokat (mint pl. a városi felszín és a légkör közötti kölcsönhatások) egyáltalán nem, vagy csak nagyfokú közelítésekkel írják le.

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) a városok éghajlatmódosító hatását a SURFEX/TEB felszíni modell segítségével vizsgáljuk. A TEB egy egyszimulációs, a város és a légkör közötti energiaegyensúlyt szimuláló modell, melyben a legfeljebb 1-2 km-es városi folyamatok expliciten jelennek meg. A modellt első lépésben validálnunk kell, amihez az ALADIN regionális klíma-modellből származó légköri kényszerek felhasználásával rövidebb múltbeli időszakokon, egy Budapestet és egy Szegedet lefedő területen végzünk futtatásokat. Az előadásban bemutatjuk, hogy a kapott eredmények mennyire vannak összhangban a mérésekkel, és hogy a SURFEX miként módosítja az ALADIN eredményeit. A validációt követően érzékenységi vizsgálatokat kívánunk végrehajtani a modell optimális beállításainak meghatározására, s a jövőbeli éghajlati projekciókon alapuló városi hatásvizsgálatok előkészítésére, melyek eredményei segíthetik a döntéshozókat a helyes adaptációs és mitigációs stratégiák megalkotásában.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS ÖKOLÓGIAI HATÁSAI

**Hufnagel Levente<sup>1</sup> és Homoródi Réka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, <sup>2</sup>Budapesti Corvinus Egyetem

A klímaváltozás korunk egyik legfontosabb és legnagyobb hatású multidiszciplináris, mégis elsősorban – okait és következményeit tekintve is – ökológiai problémája. Fontosságát és hatását az adja, hogy a globális társadalom egészének létfeltételeit érinti. A klímaváltozással kapcsolatos kihívások és az ehhez kapcsolódó feladataink a társadalom és a gazdaság szinte minden szegmensét alapvetően meghatározzák. A klímaváltozás ökológiai hatásainak kutatásában csak sokféle megközelítést és sokféle indikátorrendszert alkalmazva kaphatunk árnyalt képet. Szükség van stratégiai- és taktikai modellezésre, analógiás esettanulmányokra, szakirodalmi szintézisből definiált indikátoralapú elemzésekre, monitoring adatbázisok elemzésére, célirányos ökológiai indikációs módszerekre és a múltbeli klímaváltozások mai hatásaira vonatkozó elemzésekre is. A klímaváltozás ökológiai hatásait vizsgálva kidolgoztuk a TEGM elnevezésű stratégiai modellt és azzal szimulációs kísérleteket végezve tisztáztuk a klímaváltozással kapcsolatos lehetséges ökológiai válaszreakciók természetével összefüggő elméleti várakozásokat, majd a TEGM modellünk adaptációjával kifejlesztettük a DPGM elnevezésű taktikai determinisztikus szimulációs modellünket és megállapítottuk a változások lehetséges irányát és mértékét, néhány nemzetközileg elfogadott IPCC scenárió alapján. Térbeli analógia módszereinek alkalmazásával behatároltuk a hazánkat érintő klímaváltozás hatásának várható mértékét hazánk lepke, kétéltű, hulló, madár és emlős faunájára, valamint klimatikus profilindikátorok alkalmazásával behatároltuk a hazánkat érintő klímaváltozás növényvédelmi kockázatokra vonatkozó hatásának várható mértékét. Feltártuk a fénycsapdahálózati adatsorokban 1952 és 2009 között, valamint a gödi fitoplankton adatsorokban 1980 és 2009 között megfigyelhető zoo- és fitocönológiai változási tendenciákat és elemeztük azok tendenciáit. Hagymás és gumós növények, valamint fényre repülő lepkék fenológiai adatsorát elemezve vizsgáltuk a hatéképesnek tűnő meteorológiai mutatókat. Feltártuk az Oribatida atkák genuszlistáinak bioindikációs értékeit a klímaváltozás hatásainak kutatásában és értékelési módszert dolgoztunk ki ezen genuszlisták információtartalmának indikációs célú elemzéséhez. Feltártuk továbbá az Alpok és Kárpátok területén előforduló cirbolyafenyő populációk kloroplasztisz DNS mikroszatelliták haplotípusainak hasonlósági mintázatait, ezáltal elemezhetjük a posztglaciális flóratörténet tükröződését a közép-európai cirbolyafenyő állományok récents populációgenetikai mintázatában.

## KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS KATASZTRÓFAKOCKÁZAT-ÉRTÉKELÉS – A SEERISK PROJEKT TAPASZTALATAI

**Székely Miklós és Horváth Anikó**

*BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság*

A természeti katasztrófák okozta károk elhárításának költségei az elmúlt harminc évben folyamatosan nőttek, továbbá a következmények is egyre súlyosabbakká váltak. Fontossá vált emiatt a természetes folyamatok alaposabb megértése, valamint a társadalmi, a gazdasági és a környezeti rendszerekben lezajló változásokat is figyelembe vevő kockázatkezelési megoldások alkalmazása. Akárcsak Európa más régiói, Délkelet-Európa is számos, természeti katasztrófa okozta kihívással küszködik, ezért a SEERISK projekt a térség természeti veszélytípusainak, katasztrófáinak specifikus körülményeit vizsgálja. A nemzetközi együttműködés egyik fő célja egy közös, általánosan alkalmazható kockázatértékelési módszertan kidolgozása a projekt partnerországai számára. A kockázatértékelés egy szisztematikus, tudományosan megalapozott döntéstámogató folyamat, amely átfogó képet ad a kockázatokról, azok okairól, hatásairól és valószínűségéről. A természeti veszélyek és a veszélyeztetett tényezők széles körét számba vevő módszertan alkalmazásával a partnerországok egységes irányelvek mentén végezhetik el a kockázatértékelés folyamatát.

A projekt során összegyűjtött adatok alapján térinformatikai alapú kockázati térképek készültek Siófok, Arad, Velingrad, Senica, Szarajevó és Kanjiža mintaterültére. A kockázati térképek a természeti veszélytípusok kockázati szintjeit helyezik földrajzi kontextusba. A kockázati térképek elkészítéséhez elsősorban helyi szintű térinformatikai, meteorológiai és népességi adatokra volt szükség. A kockázati szintek meghatározásához pedig egy ún. kockázati mátrixot töltöttek ki a konzorciumi partnerek, amely a bekövetkezési valószínűség és a hatásszintek alapján határozza meg az azonosított kockázat szintjét.

*A Közös kockázatértékelés és felkészülés a Duna makrorégióban* (SEERISK) című projekt 2012-ben határon túli együttműködésként indult kilenc partnerország tizenkilenc intézményének (önkormányzatok, meteorológiai és kutató intézetek, egyetemek, katasztrófavédelmi szervek) részvételével. A projekt vezető partnere a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, amely a szakmai és projekt koordinációs feladatokat, illetve a projekt képviselőjét látja el.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A TARTÓSZERKEZETEKRE ÉS AZ ÉPÍTÉSI ELŐÍRÁSOKRA

**Rózsás Árpád, Kovács Nauzika, Vigh László Gergely**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék*

A jelenlegi építési előírások szinte kivétel nélkül korábbi tapasztalatokon, valamint a meteorológiai folyamatok időbeli állandóságának feltételezésén alapulnak. Az utóbbi évtizedek mérési eredményei és a klímaváltozási előrejelzések azonban egyöntetűen azt mutatják, hogy ez a stacionaritási feltételezés nem tartható, a változó környezeti viszonyok szerkezeteink teherbírását, használhatóságát és tartósságát veszélyeztethetik.

Kutatásaink első fázisában vasbetonszerkezetek tartósságát és hőterheknek kitett acélszerkezetek teherbírását vizsgáltuk és ismertetjük röviden. Az egyszerűség kedvéért kizárólag a legelterjedtebb betonkorróziós formával, a karbonátosodással foglalkoztunk, annak is csak első, legmeghatározóbb szakaszát, a depasszivációt tekintettük. Hat különböző SRES kibocsátási forgatókönyv felhasználásával vizsgáltuk a karbonátosodás lehetséges jövőbeli alakulását. Az előrejelzések bizonytalanságából fakadóan valószínűségi megközelítést alkalmaztunk, mely során minden esetben valószínűségi változóként modelleztük a korróziót leíró mechanikai-kémiai modell paramétereit, valamint a meteorológiai jellemzőket is: pl. CO<sub>2</sub> koncentráció, esős napok száma. A modellek felhasználásával időfüggő valószínűségi vizsgálatokat hajtottunk végre Monte Carlo szimulációs eljárással. A reprezentatív szerkezetekre és betontípusokra elvégzett számítások azt mutatják, hogy egyes forgatókönyvek esetén - a 2000-es év CO<sub>2</sub> koncentrációját konstansnak feltételezve definiált referencia állapothoz képest - a korrózió valószínűsége akár kétszeresére is növekedhet a 21. század végére.

Acélszerkezetek teherbíráshoz kapcsolódóan, az elmúlt 50 év hazai hőterheinek statisztikai feldolgozásából az látszik, hogy néhány helyszínen az éves hó-vízegyenérték vonatkozásában statisztikailag kimutatható, időben csökkenő tendencia jelentkezik. A szerkezetek megbízhatóságához kapcsolódó vizsgálataink azt jelzik, hogy a hóintenzitás valószínűségi modelljének és az alkalmazott statisztikai megközelítésnek jelentékeny hatása lehet a szerkezetek biztonsági szintjére. Ez különösen fontos lehet a jövőbeli terhek becslése esetén, hiszen azoknál nem áll rendelkezésre kellő hosszúságú észlelési adatsor és az időbeli változás leírása is összetettebb modelleket igényel.

Az eddig elvégzett vizsgálataink a jelenlegi előírások hiányosságaira és a klímaváltozás lehetséges negatív hatásaira hívják fel a figyelmet. Mivel szerkezeteink jelentős értéket képviselnek és használati élettartamuk várhatóan meghaladja a 100 évet, a klímaváltozás hatásait már ma, a tervezés fázisában szükséges lenne figyelembe venni.

## KLÍMAVÁLTOZÁS MEGJELENÉSE A SZÉLMEZŐBEN

**Péliné Németh Csilla<sup>1</sup>, Bartholy Judit<sup>2</sup>, Pongrácz Rita<sup>2</sup>, Radics Kornélia<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>MH Geoinformációs Szolgálat, <sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, <sup>3</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat*

Megfigyelések bizonyítják, hogy a globális felmelegedés gyengíti a nyugati szelek övezetének szélességét, mert a felmelegedés a sarkok közelében erősebb, mint a trópusokon. Ez az eltérő felmelegedési trend csökkenti az alacsonyabb és a magasabb szélességek közti globális meridionális hőmérsékleti gradienst, ami a nyugati szelek kialakulásának legfőbb hajtómotorja. A csökkenő hőmérsékleti gradiens együtt jár az éghajlati övezetek és a ciklonpályák pólus felé tolódásával, növekvő tropopauza magassággal. Ezen hatások globális éghajlati modellszimulációkkal vizsgálhatók. A hőmérsékleti gradiens csökkenésének következtében fellépő globális hatásokon túlmenően a klímaváltozás a regionális légköri cirkuláció megváltozását is eredményezheti. A szélklíma jelenlegi állapotának, illetve a globális éghajlatváltozás hatására a szélmező regionális változásainak megismerése elengedhetetlen a jövőre vonatkozó helytálló következtetések levonásához. A szélklimatikus paraméterek jellemzőinek feltárása hozzájárul a regionális környezeti hatások mélyebb megismeréséhez, és elősegíti a változó éghajlathoz történő alkalmazkodást.

Az éghajlati átlagok és szélsőértékek becslése ellenőrzött, megbízható adatsorok alapján történhet. Egy hosszabb időszak alatt megváltozhatnak a mérési körülmények, például az állomások áthelyezésével, a mérőműszerek, a mérési magasságok módosulásával, mely változások inhomogenitást, az éghajlat változékonyságával nem magyarázható, indokolatlan törést eredményeznek a vizsgált időszakban.

A hazai szélviszonyok tendenciaelemzéseikhez a szinoptikus állomások széladatait, illetve az ERA Interim reanalízis rácspontri adatsorokat használtuk fel. Mielőtt az adatsorok statisztikai paramétereit, tendenciáit meghatároztuk, alkalmaztuk az Országos Meteorológiai Szolgálatnál fejlesztett MASH (Szentimrey, 1999) homogenizálási eljárást. A szélsőségek tendenciáit a klímaváltozás detektálása céljából a hőmérsékleti és csapadék indexek analógiájára definiált extrém szélindexek idősorainak elemzésén keresztül mutatjuk be. A mérési és reanalízis idősorok összevetésével becsülhetővé vált a különböző adatsorok megbízhatósága, alkalmazhatósága. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén futtatott RegCM regionális klímamodell közeljövőre és a század végére vonatkozó modellfuttatásainak elemzéséből megállapítható, hogy a modell erősen felülbecsli a szélességet Magyarország területére, melynek hibakorrekciója szükséges az átlagos és extrém szélparaméterek megbízható becslése érdekében.

## SZÉLPROFIL TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA SODAR MÉRÉSEK ALAPJÁN

**Bíróné Kircsi Andrea és Bottyán Zsolt**  
*Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék*

A meteorológiai megfigyelési technika fejlődésének köszönhető, hogy földfelszíni távérzékelési módszerek rohamosan terjednek, ami új lehetőséget teremt a felszín közeli határreteg (PBL) alsó néhány száz méter vastag régiójában zajló légköri jelenségek feltárásához és jobb megismeréséhez. A SODAR (**SO**und **D**etection **A**nd **R**anging) hanghullámok segítségével a légkörben mindig jelenlévő termikus és sebességkülönbségekre visszavezethető sűrűség-ingadozásokról visszavert jelet gyűjti és értelmezi, mely segítségével számos olyan légköri paraméter meghatározható, amelyek a légmozgások tulajdonságairól nyújtanak információt. A SODAR 1800-2300 Hz frekvenciájú hanghullámokat használ a detektálásra, 10 m vertikális felbontásban 10 perces átlagolási idővel áll rendelkezésre szélesebbesség és szélirány adatsor 10 m - 490 m magasságban. A méréstechnika legnagyobb előnye az, hogy mérőtorony felállítása nélkül ismerhetjük meg az alsó néhány száz méter vastag légréteg mozgásait tetszőleges vertikális felbontásban nagy időbeli részletességgel, illetve az, hogy a műszer könnyen szállítható.

Az első ilyen mérőműszer a hazai szélenergia potenciál feltárása céljából került felállításra. Expedíciók keretében Budapesten, Pakson és Szegeden 2003-2004 között végeztek szélméréseket az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársai. A Debreceni Egyetem Agrometeorológiai Observatóriumában 2012. májusában üzemeltünk be egy német gyártmányú (METEK GmbH) PCS.2000-24 típusú Doppler SODAR-t. A berendezés operatív jelleggel Debrecenben üzemel, de egy kutatási program mérési kampánya során 2013 november-decemberben Szegeden is működött.

Jelenlegi vizsgálataink során arra keressük a választ, hogy hogyan változik a szélprofil alakja különböző időszakokban és helyszíneken, hogyan teljesítenek a szél magassággal történő változását leíró függvények. A repülés szempontjából kritikus szélnyírás hogyan viselkedik különböző magasságban, illetve eltérő időjárási helyzetekben.

## A PM10 FORRÁSAI ÉS TULAJDONSÁGAI HŐHULLÁMOS IDŐSZAKOKBAN MAGYARORSZÁGON

**Imre Kornélia<sup>1</sup>, Hoffer András<sup>1</sup>, Tóth Ádám<sup>2</sup>, Jancsek-Turóczy Beatrix<sup>2</sup>, Molnár Ágnes<sup>1</sup>,  
Kiss Gyula<sup>1</sup>, Gelencsér András<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>MTA-PE Levegőkémia Kutatócsoport, <sup>2</sup>Pannon Egyetem*

Az éghajlatváltozás a közelmúltban felismert és a jövőben várhatóan jelentősen erősödő tényezői, az időjárási szélsőségek gyakoriságának növekedése közvetlen hatással lehet a levegőminőség alakulására. A szélsőséges időjárási események közül elsődlegesen a hőségnapok számának és a nappali maximum hőmérséklet értékének a növekedése, valamint az aszályos időszakok hossza hordozza magában a levegőminőség jelentős romlásának lehetőségét. A várható éghajlatváltozás következményeként Magyarországon a modellek előrejelzései alapján a hőségriadó fokozatokhoz tartozó esetszámok a XXI. század utolsó évtizedeire várhatóan tízszeresére (II. fokozat) illetve százszorosára (III. fokozat) növekedhetnek. Az esetszámok növekedésén túl várhatóan az egyes hőségriasztások időtartamának hossza is jelentősen megnövekszik a század végére.

A hőhullámok ideje alatt a csapadéktalan napok száma illetve a maximum hőmérséklet egyértelmű függvénykapcsolatban van a PM10 szennyezettség (koncentráció) mértékével. Minél magasabb a hőmérséklet, és minél több nap telt el csapadék nélkül, annál nagyobb lesz a PM10 koncentráció értéke, azaz annál rosszabb lesz a levegő minősége. Megjegyzendő, hogy PM10 esetében 50 µg/m<sup>3</sup> koncentráció az egészségügyi határérték, amit hőhullámok helyzetben esetenként jelentősen meghalad a mért koncentráció. Hőhullámos időszakokban Budapesten a PM10 koncentráció akár 30 µg/m<sup>3</sup>-rel is nagyobb lehet, mint a hőhullámot megelőző időszakokra jellemző érték. Ezekben az időszakokban az ózon koncentrációja ~30 %-kal növekszik a nyári átlagos értékhez képest. Hőhullámos helyzetekben a meteorológiai feltételek különösen kedveznek a fotokémiai szmog kialakulásának és súlyosbodásának is, a fotokémiai hatások felerősödhetnek, azonban a lokális források szerepe is jelentőssé válhat a PM10 koncentrációjának alakulásában. Ezekben az időszakokban tehát a levegőminőség a fent részletezett tényezők együttes hatására jelentős mértékben romlik, az egészségügyi határértéket meghaladó koncentrációértékek is kialakulnak. A helyzet azért különösen aggasztó, mert a hőhullámok eddig feltárt egészségügyi kockázatain felül számos tanulmány mutatott ki közvetlen kapcsolatot a napi halálesetek száma és az ózon valamint a PM10 koncentráció értéke között.



## CSAPADÉKSZÉLSŐSÉGEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉBEN

**Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit**

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

Hazánkban az elmúlt években egyre gyakoribbá és intenzívebbé váltak a szélsőséges csapadékesemények, amelyek árvizeket, illetve aszályos időszakokat eredményeztek, s jelentős gazdasági és környezeti károkat okoztak. Annak érdekében, hogy a veszteségeket mérsékelhesstük, fontos, hogy ismerjük ezen extrém időjárási események jövőben valószínűsíthető tendenciáit. Ez ad lehetőséget megfelelő adaptációs stratégiák kidolgozására.

Vizsgálatainkban a Kárpát-medence térségében várható csapadékszélsőségeket elemezzük, amelyhez 11 – az ENSMEBLES projekt keretében előállított – regionális klímaszimulációt használunk fel, amelyek az 1951–2100 időszakra szolgáltatják a napi csapadékmezőket. Az éghajlati rendszer összetettsége miatt nehezen leírható, ezért a modellek gyakran alul-, illetve felülbecslik a valós értékeket. Ezeket a szisztematikus eltéréseket hibakorrekción alkalmazásával minimalizálhatjuk. Ez az eljárás a referencia adatbázis és a regionális klíma modellek havonta és rácspontként kirajzolt eloszlásfüggvényének illesztésén alapul. A korrigált regionális modellek outputjaiból számos csapadékindexet számítottunk ki a szárazságra (CDD, MDS), a kis- és nagycsapadékú napok számára (RR1, RR5, RR10, RR20), a napi csapadék percentilisére (R90p, R95p, R99p, R90pGT, R95pGT, R99pGT) és a csapadék intenzitására (SDII, RX1, RX5) vonatkozóan. Eredményeink szerint hazánkban és a környező térségekben a XXI. század végére szélsőségesebb csapadékviszonyok valószínűsíthetők. Nyáron a becslések szerint hosszabb száraz időszakok lesznek, ugyanakkor nagy csapadékok (10 és 20 mm-t meghaladó napi csapadékmennyiség) ritkábban, viszont intenzívebben fognak előfordulni. A csapadék intenzitása várhatóan minden évszakban növekedni fog. Télen és ősszel az extrém csapadéktevékenység gyakorisága és intenzitása is növekedni fog a klímaszimulációk alapján.

## A TERMÉSZETSZERŰ ERDŐK SZEREPE A KLÍMAVÁLTOZÁS ELLENI KÜZDELEMBEN

**Kiss Márton<sup>1</sup>, Cseh Viktória<sup>2</sup>, Tanács Eszter<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájjelrájzi Tanszék*

<sup>2</sup> *Szegedi Tudományegyetem, Ökológiai Tanszék*

A klímaváltozás elleni küzdelem során a figyelem fokozatosan terelődött azokra a lehetőségekre, amelyek a biológiai szénmegkötés fokozásával szolgálták volna a Kiotói Egyezményben megfogalmazott célok megvalósítását. Az erdők szerepére fokozott figyelem irányult, de csak az erdőirtást, erdőtelepítést és a természetes visszaerdősülést, tehát a területi változásokat tekintették ebből a szempontból relevánsnak, mivel a korábbi feltételezések szerint az erdők szén-megkötési potenciálja egy bizonyos kor után csökken, majd megszűnik. Így a természetes, érintetlen erdők megtartása nem minősült támogatandó, illetve elszámolható tevékenységnek. Ugyanakkor újabb kutatási eredmények arra mutatnak, hogy az idős, természetszerű erdők is kötnék meg szén, amellet, hogy az alacsony vágásfordulóval művelt ültetvényekkel szemben egyéb környezeti szolgáltatásokat is nyújtanak. A szén forgalma rendkívül bonyolult biogeokémiai ciklust jelent a természetes ökoszisztémában. A jelenleg rendelkezésre álló szénmegkötési potenciált számító modellek a gazdasági erdők egyszerűbb folyamatait képesek jól leírni, miközben a természetszerű erdők komplexebb folyamatai kevésbé ismertek, és nehezebben modellezhetőek. Az elemforgalom végleges egyenlegéhez ismerni kell az egyes széntárolók további folyamatait is, részben már a természetes ökoszisztémán kívül – ilyen a fából készült termékek jellege, további sorsa.

Munkánkban egy hullámtéri területről származó esettanulmányban vizsgáljuk a természetszerű erdők szénforgalmi folyamatait, a környező, homogénebb fajösszetételű kezelt erdőkkel való összehasonlításban. Az értékelés keretét a CO2Fix modell adta, a biomassza és a talaj jellemzőin kívül a fakitermelést is paramétereztük. Eredményeink azt mutatják, hogy az idős, kezeletlen erdők jelentős és tartós széntárolók, a kezelt erdők közül pedig kiemelkedő szerepük a hosszú vágásfordulóval kezelt keményfás erdők. A paraméterezés finomítása, a kezelési intenzitás hatásának pontosabb kifejezése előkészítheti a szénmegkötés mint ökoszisztéma szolgáltatás beépítését a területi tervezési és elszámolási rendszerekbe.

## HŐMÉRSEKLETI ÉS CSAPADÉK EXTRÉMUMOK VIZSGÁLATA A KÁRPÁT-RÉGIÓ HARMONIZÁLT ADATBÁZISÁN

**Lakatos Mónika, Bihari Zita, Szentimrey Tamás**  
*Országos Meteorológiai Szolgálat*

A Kárpátok - Európa leghosszabb, legtöredozettebb hegylánc - a térség, ezen belül a Kárpát-medence éghajlatát is meghatározza. A Kárpátok és a környező medencék földrajzi kapcsolódást jelentenek az észak-európai és a Dél-Európában jellemző ökoszisztémák között, élőhelyet biztosítanak számos növény és állatfaj számára. Földrajzi helyzetéből adódóan az óceáni, a kontinentális és a mediterrán klímahatások, valamint a domborzati tényezők alakítják az éghajlati viszonyokat. A térségben több mint 20 millió ember él Ausztria, Csehország, Szlovákia, Ukrajna, Lengyelország, Magyarország, Románia, Horvátország és Szerbia területén. Az éghajlatváltozás várhatóan jelentős következményekkel jár a Kárpát-régióban a természetes ökoszisztémákra és az emberi tevékenységre nézve egyaránt. Emiatt különösen időszerű a változatos domborzati sajátosságokkal, természeti adottságokkal, eltérő kultúrákkal, politikai határokkal szabdaltna térség éghajlati viszonyainak, ezen belül a szélsőségek alakulásának egységes és részletes leírása.

A CARPATCLIM projektben létrehozott adatbázis lehetővé teszi, hogy Kárpát-régió éghajlatának részletes tér és időbeli vizsgálatát elvégezzük egy olyan harmonizált adatbázison, ami egységes módszertan alapján készült. A megvalósítás az OMSZ-ban kifejlesztett adathomogenizálási: MISH-MASH homogenizációs és interpolációs eljárásokon alapult.

A projekt során előállt alapvető éghajlati paraméterek közül először a hőmérséklet és a csapadék szélsőségek tendenciáit vizsgáltuk. A vizsgálat jól illeszkedik a globális sorokon végzett elemzésekhez, ugyanis az ETCCDMI (Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices). által kijelölt klíma indikátorokat használtuk az elemzések során. Térképeken mutatjuk be hőhullámok illetve a hideghullámok alakulását, a tenyészidőszak kezdetének, hosszának jellemzőit, a nagy csapadékok arányát az éves összegen, a napi csapadék intenzitás változását éves és évszakos skálán.

## ZONALITÁS ÉS KONTINENTALITÁS AZ ÉGHAJLAT VÁLTOZÉKONYSÁGÁBAN ÉS VÁLTOZÁSAIBAN, GLOBÁLIS ÉGHAJLATI MODELLEK ALAPJÁN

**Mika János és Göböl Dorottya**  
*Eszterházy Károly Főiskola, Eger*

Három vonatkozásban mutatjuk be a zonalitást és a kontinentalitást, mint a legtöbb éghajlati elemben megtalálható földrajzi rendet. A globális klímamodelleket (GCM-eket) hívjuk segítségül az alábbi három kérdés vizsgálatára: (a.) Visszaadják-e a modellek a hőmérséklet, a csapadék és a légnyomás értékeiben megmutatózó zonális és kontinentális rendet? (b.) Milyenek szimulálják a GCM-ek ezeket a jellemzőket az éghajlat elem évközi változékonyságában (szórásában)? (c.) Felismerhető-e a zonalitás és a kontinentalitás a fenti elemek feltételezett megváltozásának mezőiben?

E kérdéseket a MAGICC/SCENGEN 5.3 diagnosztikai modell felhasználásával válaszoljuk meg, A1B kibocsátási forgatókönyvet és állandó az aeroszol-tartalmat feltételezve. A 2030-2049 időszak átlagértékeit az 1980-1999 évek átlagaihoz viszonyítottuk. A jelenkori éghajlatra szimulált mezőket az ERA-40 reanalízisekkel hasonlítottuk össze.

A zonális és kontinentális különbségeket három, egyenként 2,5-2,5 földrajzi fok szélességű övben mutatjuk be, a melyek körülölelik a Földet. Ezen övek közül kettő a 47,5-ik északi szélesség körül húzódik. Ez a zonális öv tartalmazza Magyarországot, és átfogja a Csendes-óceán Észak-Amerika, az Atlanti-óceán, Európa és Ázsia ebbe a sávba eső területeit. Ez az öv a kontinentalitás vizsgálatára szolgál. A harmadik 2,5 fok szélességű, meridionális övezet az északi sarktól indul a 20-dik keleti hosszúság mentén halad a déli sarkig, majd átellenben a 160. nyugati hosszúság mentén folytatódik, visszatérve az északi pólushoz. Ennek az övnek az első, 180 fokos fele keresztülhalad Európa, Afrika és az Antarktisz területén, míg a második a Csendes-óceán fölött halad, csak Alaszka fölött érint kontinenst. Ez a két eltérő felszínborítású félkör a zonalitás bemutatására szolgál.

Mind a zonális, mind a meridionális öv a modellben egy-egy pontsorra egyszerűsödik, amelyek egymástól 2,5 földrajzi fokra helyezkednek el egymástól, mintegy független realizációként alátámasztva egymás zonalitás és kontinentalitás szerinti viselkedését. Az, hogy mely elemekben és mely aspektusban mutatkozik meg a zonalitás és a kontinentalitás (ami eredetileg csak az aktuális klíma területi eloszlására nézve ismeretes), változatos tartalmú (IGEN/NEM) táblázattal foglalható össze. A kapott eredmények bővítik a klímaváltozásról eddig tudottakat, és felhasználhatók a földrajz tanításában is.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A MEZŐGAZDASÁGI TEVÉKENYSÉG HATÁSA GYEPEKRE: MÉRÉSI- ÉS MODELLEREDMÉNYEK

Nagy Zoltán<sup>1,2</sup>, Balogh János<sup>2</sup>, Fóti Szilvia<sup>1</sup>, Hidy Dóra<sup>1</sup>, Koncz Péter<sup>1</sup>, Papp Marianna<sup>1</sup>, Pintér Krisztina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MTA-SZIE, Növényökológiai Kutatócsoport

<sup>2</sup>Növényteni és Ökofiziológiai Intézet, Szent István Egyetem

Az MTA SZIE Növényökológiai Kutatócsoport 2002-től folytat üvegház-gáz forgalmi méréseket gyepterületeken, a Kiskunsági Nemzeti Parkban, Bugacpuszta közelében valamint a Mátrában, Szurdokpüsköki szomszédságában. A két vizsgált gyeper éves nettó ökoszisztéma szén-dioxid forgalma (NEE) -194 és 96 gCm<sup>-2</sup>év<sup>-1</sup> között változott. A bugaci homoki gyeper esetében statisztikailag szignifikáns (hiperbolikus) kapcsolatban van az NEE és az éves csapadékösszeg között. Az összefüggés alapján definiálható egy csapadékküszöb, melynél kevesebb éves csapadékmennyiség esetén a gyeper nettó szén-dioxid forrásként viselkedik. Ez a küszöbérték kb. 10%-kal alacsonyabb a területre jellemző átlagos éves csapadékösszegnél, vagyis már egészen kismértékű negatív csapadék anomália esetén szén-dioxid forrássá válhat a gyeper (Pinter et al. Acta Biologica Hungarica, 2010, 61: 130-135).

Vizsgálataink a talajlégzés, mint a szén-dioxid kicserélődés egyik fontos összetevőjének mérésére is kiterjedtek. Kimutattuk, hogy a talajhőmérsékletet és talajnedvességet, mint független változókat felhasználó modell jobban közelíti a talajlégzés változékonyságát az általánosan használt Lloyd-Taylor modellnél, továbbá, hogy az összefüggés alapján definiálható optimális talajnedvesség-tartalom a talaj agyagtartalmának függvénye (Balogh et al. Soil Biology & Biochemistry, 2011, 43 (5): 1006-1013).

Ezenkívül adaptáltunk két folyamatorientált ökológiai modellt, a Biome-BGC-t és a PaSim-ot, annak érdekében, hogy vizsgálni tudjuk a magyarországi agroökológiai rendszerek működését. A kutatócsoportunk jelentősen továbbfejlesztette a Biome-BGC 4.1.1-es verzióját. A kalibrált, fejlesztett és validált modelleket arra használjuk, hogy vizsgáljuk a különböző mérési területek ökoszisztémáinak működését. A kezelési modulok beépítésének köszönhetően vizsgálni tudtuk a különböző kezelési módszerek és a változó éghajlat kölcsönható, rövid és hosszú távú hatásait.

## A TURISZTIKAI KLÍMAPOTENCIÁL VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ KLÍMAINDEXEK ALAPJÁN AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

Németh Ákos<sup>1</sup>, Kovács Attila<sup>2</sup>, Kántor Noémi<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat, <sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájjelképzési Tanszék, <sup>3</sup>National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan*

Az éghajlat a turizmus több ágában is kiemelt fontosságú, sokszor kulcsfontosságú. Számos kutatás igazolja továbbá, hogy az éghajlatváltozás a turizmus területére is hatással van: átrendezheti a belföldi és a nemzetközi turistaforgalmat, befolyásolhatja a turisztikai desztinációk vonzerejét, valamint a látogatottság és a turisztikai kereslet szezonálisitását. Az éghajlat turizmusra gyakorolt hatását – a turisztikai klímapotenciált – különböző indexek segítségével lehet jellemezni és elemezni. Számtalan turisztikai klímaindex létezik, melyek gyakran eltérő módon közelítik meg a turizmus-éghajlat kapcsolatrendszerét. A legegyszerűbb ilyen mutatók (pl. a sörkertek napok száma) csupán néhány standard meteorológiai változót vesznek figyelembe. A korszerűbb indexek ugyanakkor magukba foglalják a turisztikai klíma termikus, fizikai és esztétikai tényezőit is, így teljesebb képet adnak az adott terület klímapotenciáljáról.

Jelen bemutatónkban két indexet vizsgálunk. Elsőként a legismertebb ilyen mutató, a Mieczkowski-féle TCI (Tourism Climatic Index) módosított változatának viselkedését elemezzük. Az eredeti TCI termikus komfortot jellemző összetevői elavult módszereken alapultak, így szükségessé vált egy olyan ismert és korszerű bioklíma-index integrálása, mint amilyen a fiziológiai ekvivalens hőmérséklet (PET).

Másodikként egy kevésbé elterjedt index, a de Freitas-féle CIT (Climate Index for Tourism) kerül bemutatásra. A CIT legfőbb újdonsága, hogy meghatározása ún. időjárás-tipológiai mátrix segítségével történik, mely mátrixokat az egyes turisztikai tevékenységekre külön-külön el lehet készíteni. Ennek megfelelően a CIT segítségével a vízparti, a városlátogató és egyéb szabadtéri turizmus típusokra, az egyes tevékenységek sajátos éghajlati feltételeit figyelembe vevő elemzéseket tudunk végezni. Mindkét index időbeli felbontását az eredeti háviról 10 naposra finomítottuk, ami megközelíti egy átlagos „nyaralás” időtartamát.

Bemutatónkban összehasonlítjuk a két index viselkedését népszerű hazai turisztikai célterületek példáin. Továbbá, vizsgáljuk a turisztikai klímapotenciál múltban detektálható változásait a CIT segítségével.

## **SZÉLIRÁNYSTABILITÁS A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN AZ ELMÚLT 1,5 MILLIÓ ÉV GEOMORFOLÓGIAI, ÜLEDÉKFÖLDTANI ÉS GEOKRONOLÓGIAI ADATAI ALAPJÁN**

**Sebe Krisztina<sup>1</sup>, Csillag Gábor<sup>2</sup>, Ruzsiczay-Rüdiger Zsófia<sup>3</sup>, Fodor László<sup>4</sup>, Thamóné Borszó Edit<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem; <sup>2</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet; <sup>3</sup>MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet; <sup>4</sup>MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport*

A múltbeli szélirányok megállapításához, ezzel az éghajlati modellek egy fontos paraméterének megadásához földtani és geomorfológiai megfigyelések szolgáltathatnak adatot. A szélirányok időbeli változásának vizsgálata, a múltbeli tendenciák felismerése és a jelenségek magyarázata szükséges a jövőre vonatkozó előrejelzésekhez.

Földtani és geomorfológiai módszerekkel a felszíni üledéket már megmozgatni képes erősségű szelek rekonstruálhatók. Jól becsülhetők a szélirányok a futóhomokból felépülő domborzati formák morfológiájából (megfelelő dűnetípusok esetén belső rétegzettségének irányultságából is), illetve a szélrózió által kialakított felszinformák (lineáris völgyek és háta) irányultságából. Az erősebb szelek által befolyásolt területek körülhatárolásában segít a szél által formált éleskavicsok (dreikanterek) térbeli eloszlása. A legpontosabb szélirányjelzők a szélcsiszolta kőzetfelszínnek cm-es nagyságrendű barázdái (flute és groove), melyek lokális irányokat adnak, azonban széles elterjedésben térképezve a regionális szélviszonyokra nyerhetünk információt segítségükkel.

Az erős eolikus aktivitással jellemezhető időszakokat a szél által szállított üledékek (futóhomok, lősz) kormeghatározásával, a szélcsiszolta kőzetfelszínnek korának mérésével, valamint a szélróziós formák közvetett datálásával, azaz a formát felépítő vagy kitöltő üledék korának meghatározásával állapíthatjuk meg. Az eolikus üledékek korát lumineszcens módszerrel (OSL, optically stimulated luminescence) mérjük. A szél által polírozott sziklafelszínnek kitétségi kora helyben keletkező kozmogén izotópok segítségével határozható meg. Ezen adatok alapján megállapítható, hogy az eolikus tevékenységnek már 1,5 millió évvel ezelőtől kezdve jelentős szerepe volt a Kárpát-medence felszínformálásában, egészen a jelenkorig (holocén). A szél jelentős hatást elsősorban a kevésbé zárt vegetációval jellemezhető, szárazabb és rendszerint hidegebb időszakokban tudott kifejteni. Az eolikus erózió felerősödése többször ismétlődő, de rövid, legfeljebb ezer éves nagyságrendű időszakokra lehetett jellemző. A szélróziós felszinformák alapján a fő szélirányok a vizsgált időszakban nem változtak a Kárpát-medencében; ez a domborzat, azaz a medencét körülölelő hegységek légáramlásokat módosító hatásával magyarázható.

## AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSHOZ VALÓ ALKALMAZKODÁS A KÁRPÁT EGYEZMÉNY KERETÉBEN

**Szalai Sándor**  
*Szent István Egyetem*

2003. május 22-én fogadták el Kievdben a Kárpát Egyezményt (KE), amelyet 7 ország (Csehország, Szlovákia, Lengyelország, Ukrajna, Románia, Szerbia, Magyarország) ratifikált. Fő feladata a Kárpát régió védelmének és fenntartható fejlődésének biztosítása. Az egyezmény döntéshozó szerve a Részes Felek Konferenciája (COP), ami a KE Végrehajtó Bizottságán keresztül biztosítja a folyamatos tevékenységet. A munkát a KE Ideiglenes Titkársága segíti, aminek székhelye Bécs, az ENSZ központ (UNEP iroda). A szakmai munka 9 munkacsoportban zajlik. A 3. COP során, Pozsonyban, holland javaslatra született meg a 9. munkacsoport, ami az Éghajlatváltozáshoz Való Alkalmazkodás Munkacsoportja. Ez pillanatnyilag még egy ideiglenes szervezet, állandóvá tétele jelenleg is zajlik.

A munkacsoport legfontosabb feladata egy stratégiai feladattervezet elkészítése és elfogadása volt. Ez kitér a Kárpátokban zajló éghajlatváltozásra és hatásaira a különböző ágazatokban, a klímavédő Kárpátokbeli gazdaság politikai prioritásaira, az alkalmazkodási lehetőségekre, a rendelkezésre álló információs bázisokra és monitoring rendszerekre. Külön részbe kerültek a Duna, Tisza és Dnyeszterhez köthető folyamatok és a lehetséges tevékenységek. Ezen utóbbiakat 9 fő csoportba osztályozza.

Az alkalmazkodás KE-ban való szervezeti megjelenésével párhuzamosan az Európai Unió 3, Kárpátokkal foglalkozó projektet indított útnak. Az egyik a Kárpátok éghajlatát volt hivatott feltárni, és rácsponi adatbázis formájában ingyen hozzáférhetővé tenni (CARPATCLIM). A másik a Kárpátok éghajlatváltozáshoz való sérülékenysége és integrált becslése, valamint az ökoszisztéma alapú alkalmazkodási tevékenységek (CARPIVIA). Ez a projekt feltárta a Kárpátokban meglevő ökoszisztéma alapú sérülékenységi és alkalmazkodási vizsgálatokat, megállapította a hiányosságait. Ezeket a harmadik projekt (Kárpátok éghajlatváltozáshoz való sérülékenysége és részletes becslése, valamint az ökoszisztéma alapú alkalmazkodási tevékenységek, CarpathCC) volt hivatott betölteni, és néhány kiválasztott területen integránsan is bemutatni.

Magyarország számára nemcsak azért fontos a Kárpát régió vizsgálata, mert egy része az országhoz tartozik, hanem azért is, mert erősen függünk a Kárpátokban zajló természeti és társadalmi folyamatoktól, illetve hagyományaink jelentős része is itt található, ami a határokon inneni és túli alkalmazkodási tevékenységet alapvetően fontossá teszi.



## AZ ALPOK ÉS A PANNON-ALFÖLD TÉRSÉGÉNEK ÉGHAJLATA FEDDEMA ALAPJÁN

**Takács Dominika, Ács Ferenc, Breuer Hajnalka**  
*ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*

Az ELTE Meteorológiai Tanszékén folyó éghajlat-kutatások egyik szála a biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek regionális skálájú alkalmazása és adaptálása. E módszertani vizsgálatok századunk legelején kezdődtek, az első eredmények 2006-2007-ben jelentek meg, mára pedig e kutatásaink rendszeressé váltak a hallgatók aktív bevonásával. Módszertani vizsgálataink alapján egyértelmű, hogy a vizsgált módszerek közül (Köppen, Thornthwaite, Holdridge, Feddema) Feddema módszere részesítendő előnyben.

Feddema módszerét eddig többnyire csak Pannon-alföld térségére alkalmaztuk. Megmutattuk, hogy a térség klímájának mezoléptékű jellemzésére is használható a globális léptékre kidolgozott osztályozás kritériumrendszerének minimális módosításával (Ács et al., 2013). Ez alapján úgy döntöttünk, hogy a módszer mezoléptékű alkalmazhatóságát egy nagyobb régióon vizsgáljuk, mely egyaránt rendelkezik alföldi és magas hegyvidéki területekkel. A tanulmányunkban a hegyvidéki és alföldi mezoklíma-szerkezetek összehasonlító elemzésén van a hangsúly, és ezt a zajló klímaváltozás függvényében szemlélnénk. A tanulmány a régió XX. századi időszakát dolgozza fel. Az adatokat a CRU (Climatic Research Unit) TS 1.2 adatbázisából vettük.

ISBN 978-963-9931-07-7

*Kiadja az Országos Meteorológiai Szolgálat  
Szerkesztette: Lakatos Mónika  
Kiadásért felel: Radics Kornélia, az OMSZ elnöke*

*Készült 150 példányban.*

*Budapest – 2014*