

# L É G K Ö R

62. évfolyam

2017. 3. szám



# SZÁSZ GÁBOR PROFESSZOR AZ MMT TISZTELETBELI ELNÖKE 90 ÉVES PROF. GÁBOR SZÁSZ THE HONORARY PRESIDENT OF MMT IS 90 YEARS OLD

Beszámoló a Debreceni Egyetemen 2017. szeptember 27-én tartott ünnepségről

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézete 2017. szeptember 27-én a Kar (a korábbi Egyetem) főépületében bensőséges ünnepséget szervezett az Agráregyetem korábbi rektora, a Debreceni Egyetem jelenleg is aktív professzor emeritusa 90. születésnapja köszöntésére, pontosan egy nappal előtte. Az ünnepség levezető-elnöke, s egyik köszöntője Nagy János professzor volt. Az Egyetem nevében Bács Zoltán kancellár köszöntötte az ünnepltet. A résztvevőknek kiküldött meghívó szerint sorra beszélt személyes élményeiről, szakmai kapcsolatairól Komlós István a MÉK dékánja, Jolánkai Márton az MTA Talajtani és Növénytermesztési Tudományos Bizottságának elnöke, Pepó Péter intézetigazgató, aki a személyes emlékeként megőrizte és bemutatta azt a kézzel írt jegyzetét, amit Szász Gábor előadásán vetett papírra, s végül Loch Jakab professzor. A méltatók kiemelték az egyetem professzor emeritusának érdemeit a magyar agrometeorológia fejlesztésében, tudományos munkásságának hozzájárulását a magyar mezőgazdaság vízgazdálkodásának fejlesztéséhez. Nem feledkeztek meg az ünnepltet érdemeiről a távérzékelési módszerek úttörő bevezetéséről sem a magyar agárkutatásban.

A megemlékezések során többször szó esett arról is, hogy a jubiláns nemcsak alkalmazta a távérzékelést, hanem, mint aktív pilóta, maga is többször vezette repülőgépet a vizsgált terület fölé. Ehhez kapcsolódott egy rövid drónról készült filmfelvétel tartamkísérleti parcellákról, illetve az Egyetem egyik

születésnapjára ajándéka, ami egy működőképes drón volt. A hivatalosan előre felkérteken kívül az elnök lehetőséget adott arra, hogy aki kívánja, szót kapjon. Ezzel a lehetőséggel élt Antal Emánuel c. egyetemi tanár az OMSZ volt mb. elnöke, Szalay Sándor egyetemi docens (SZIE MKK), Rajkai Kálmán akadémikus (MTA ATK TAKI), Nemessályi Zsolt professzor emeritus (DE GTK) és Harsányi Endre egyetemi docens (DE MÉK). Az ELTE Meteorológiai Tanszéke meleg hangú levélben köszöntötte Szász professzort, amit a Tanszék minden munkatársa aláírt. Az Egyetem nagyra értékeli Szász Gábor tudományos és oktatói, mérés-technikai és módszertani fejlesztési érdemeit az agrometeorológia, hidrometeorológia, agroökológia területén. Fontosnak tartják, hogy ez a munka folytatódjék, s ennek megfelelően gondolnak az utódlásról s az ünnepség keretében bemutatták Gombos Béla egyetemi docenst, az utódot.

A köszöntők számos ajándékkal kedveskedtek az ünnepltetnek, nem feledkezve meg jelenlévő feleségéről sem, akinek többen gratuláltak és nyújtottak át virágot. Az ünneplés befejezéseként az ünnepltet rövid válaszbeszédben köszönte meg a méltatásokat, s beszélt kutatói, oktatói hivatásáról, a hosszú pályafutás eredményeiről és tanulságairól. A meteorológus közösség egy 90-es számmal feldíszített extraméretű borospalackkal, az OMSZ intézeti borával és az idén kiadott Felhőatlással köszöntötte neves tagját, Társaságunk tiszteletbeli elnökét. Az



Nagy János emléklapot ad át az ünnepltetnek. Jobbra Bács Zoltán kancellár, hátul a falon az Agráregyetem rektorai, jobbról a második Szász Gábor

ünnepség után díszebédre került sor, ahol Nagy János prorektor mondott pohárköszöntőt.

**Szász Gábor** (Békés, 1927. szeptember 28.) biológia-földrajz szakos tanár, agrometeorológus. A Debreceni Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán szerzett diplomát 1950-ben. Hallgatóként demonstrátor a Természettudományi Kar Meteorológiai Tanszékén. Diplomája megszerzése után ugyanott gyakornok, majd tanársegéd. 1952–55 között a Tudományos Minősítő Bizottság döntése alapján meteorológus aspiráns. Kandidátusi értekezését 1956-ban védte meg. Az egyetemen tudományos munkatársként oktatott. 1960-tól a Debreceni Mezőgazdasági Akadémián, a későbbi Debreceni Agrártudományi Főiskolán, majd Egyetemen docensként tanította az agrometeorológiát. 1958-ban és 1966-ban doktori szigorlatot tett. Oktatói munkáját nyugdíjazásáig folytatta. 1972-ben nevezték ki egyetemi tanárnak. Oktatói és kutatói munkája elsősorban a mezőgazdasági vízgazdálkodás kérdésköréhez kapcsolódik. Egész pályafutása alatt mindig arra törekedett, hogy a legújabb, legfrissebb dolgokat építse be oktatói és kutatói tevékenységébe. Elsők között foglalkozott a távérzékelés agrometeorológiai hasznosításának lehetőségével. A vízgazdálkodási kérdések vizsgálatakor nemcsak a nagytérségi, átfogó, s inkább statisztikai módszerek kötötték le a figyelmét, hanem elmélyülten tanulmányozta a talajközeli légrétegben végbemenő átviteli, párolgási folyamatokat is. Az 1957-ben létrehozott kismacsi agrometeorológiai állomás gazdája és felügyelője hosszú időn át. Az állomást a lehető legmodernebb meteorológiai műszerekkel szerelte fel, ahol folyamatos fluxusméréseket végeztek, amelyekből nyerhető adatok feldolgozásában mindig ő is kivette részét. Oktatóként 5 egyetemi jegyzetet és 4 tan-, illetve kézikönyvet írt, melyeknek egy részét a szomszédos országok agrár-felsőoktatásában is használták. Legismertebb tankönyve az 1997-ben megjelent „Meteorológia mezőgazdálknak, kertészeknek, erdészeknek” című. Oktatási tevékenysége mellett széles körű közéleti, vezetői tevékenységet is folytatott. Több mint 40 éven át folyamatosan részt vett az MTA különböző tudományos bizottságaiban, illetve látott el időszakos megbízások alapján vezetői teendőket. 1970–80 tudományos dékánhelyettes, 1987–93 tanszékvezető, 1983–1989 rektor, 1989–92 rektorhelyettes. A Magyar Meteorológiai Társaság elnöke, 1980–1990, professzor emeritus (1997), MTA doktora (1999). Elismerései: MMT Steiner Lajos emlékérem (1978), MMT Szakirodalmi Nívódíj (1974, 1988, 1997), OM és VM Intézményközi Tankönyvkiadási Nívódíj, MMT Berényi Dénes díj (1992), Schenzl Guido miniszteri kitüntetés (1997), Doctor honoris causa (1997), MMT Tiszteletbeli Elnök (2003), Életfa Emléklapok Arany fokozata miniszteri kitüntetés (2017).

Felelős szerkesztő:  
**Dunkel Zoltán**  
a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:  
**Bartholy Judit**  
**Bihari Zita**  
**Haszpra László**  
**Hunkár Márta**  
**Sáhó Ágnes**  
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:  
**Dr. Radics Kornélia**  
az OMSZ elnöke

Készült:  
**HM Zrínyi NKft.**  
nyomdájában  
**725 példányban**

Felelős vezető:  
**Benkóczy Zoltán**  
ügyvezető igazgató

Évi előfizetési díja:  
**3000.- Ft**  
Megrendelhető az OMSZ  
Pénzügyi és Számviteli Osztályán  
1525 Budapest Pf. 38.  
E-mail: [legkor@met.hu](mailto:legkor@met.hu)

## TARTALOM

<b>CÍMLAPON: Cumulus congestus</b> (Jenki Szilvia felvétele).....	101
<b>Szász Gábor az MMT Tiszteletbeli Elnöke 90 éves</b> .....	102
Putsay Mária Gróné Szenány Ildikó és Diószeghy Márta: <b>Gerhátné dr. Kerényi Judit 1966-2017</b> .....	104
<b>Szerzőink figyelmébe</b> .....	104
<b>Új tanszékvezető az ELTE Meteorológiai Tanszék élén</b> .....	105
Szerkesztői előszó tematikus számok elé.....	105
Ollé János: <b>Köszöntés a Meteorológiai Társaság XXXVI. Vándorgyűlésén</b> .....	106
<b>TANULMÁNYOK</b>	
Bonta Imre: <b>Több, mint 10 éves az OMSZ veszélyjelző rendszere 2017. augusztus</b> .....	107
Unger János, Skarbit Nóra és Gál Tamás: <b>Szegedi városklíma mérőállomás-hálózat és információs rendszer</b> .....	114
Kocsis Tímea, Töröcsvári Zsolt és Anda Angéla: <b>Különböző idősor-elemzési vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása egy meteorológiai adatsoron</b> .....	119
Pongrácz Rita, Dian Csenge, Incze Dóra, Kurcsics Máté, Dezső Zsuzsanna, és Bartholy Judit: <b>Budapesti városklimatológiai helyszíni mérések elemzése</b> .....	126
Molnár Gergely, Gyöngyösi András Zénó és Gál Tamás: <b>A városi hősziget vizsgálata meteorológiai modell segítségével Szegeden</b> .....	130
Hoffmann Lilla és Lakatos Mónika: <b>Az éghajlatváltozás hatása az intenzív csapadékok alakulására</b> .....	136
<b>KRÓNIKA</b>	
Fülöp Andrea: <b>Beszámoló a IV. Orvosmeteorológiai konferenciáról</b> .....	139
Bíróné Kircsi Andrea: <b>2017 nyarának időjárása</b> .....	142
<b>LIST OF CONTENTS</b>	
<b>COVER PAGE: Cumulus congestus</b> (Ms Szilvia Jenki's picture) .....	101
<b>Prof. Gábor Szász the Honorary President of MMT is 90 years old</b> .....	102
Mária Putsay Ildikó Gróbné-Szenyán and Márta Diószeghy: <b>Dr. Judit Gerhátné-Kerényi 1966-2017</b> .....	104
<b>New head of Department of Meteorology, Eötvös Loránd University</b> .....	105
Editorial Foreword to Thematic Issues.....	105
János Ollé: <b>Addressing the XXXVI. Itinerary Conference of Hungarian Meteorological Society</b> .....	106
<b>STUDIES</b>	
Imre Bonta: <b>The Warning System of OMSZ–Hungarian Meteorological Service is more than 10 Years Old, August 2017</b> .....	107
János Unger, Nóra Skarbit and Tamás Gál: <b>Urban Climate Measurement Network and Information System in Szeged</b> .....	114
Tímea Kocsis, Zsolt Töröcsvári and Angéla Anda: <b>Comparison of Different Time Series' Analysis Examinations on a Meteorological Data Series</b> .....	119
Rita Pongrácz, Csenge Dian, Dóra Incze, Máté Kurcsics, Zsuzsanna Dezső, and Judit Bartholy: <b>Analysis of In-Situ Urban Climatological Measurements in Budapest</b> .....	126
Gergely Molnár, András-Zénó Gyöngyösi and Tamás Gál: <b>Analysis of Urban Heat Island with Meteorological Forecast Model in Szeged</b> .....	130
Lilla Hoffmann and Mónika Lakatos: <b>The Impact of Climate Change on the Occurrence of Heavy Rainfalls</b> .....	136
<b>CHRONICLE</b>	
Andrea Fülöp: <b>Summary of 4<sup>th</sup> Medical Meteorology Conference</b> .....	139
Andrea Bíróné-Kircsi: <b>Weather of Summer of 2017</b> .....	142



**GERHÁTNÉ DR. KERÉNYI JUDIT**  
**1966. július 12. – 2017. augusztus 27.**

**Putsay Mária, Gróbné Szenyán Ildikó, Diószeghy Márta**

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., [putsay.m@met.hu](mailto:putsay.m@met.hu), [szenyan.i@met.hudioszeghy.m@met.hu](mailto:szenyan.i@met.hudioszeghy.m@met.hu)

Kerényi Judit meteorológus Budapesten született. Az Eötvös József Gimnáziumban érettségizett, majd 1984. október 1-től az OMSZ Központi Légekörfizikai Intézet Műhold-meteorológiai Osztályán volt asszisztens, 1985. március 31-ig. Ebben az évben vették fel az ELTE TTK Meteorológus szakára. Szakdolgozatát „Zivatarfelhő modellezés és alkalmazása az előrejelzésben” címmel készítette el. 1990-ben lépett be ismét a Szolgálathoz, meteorológiai fejlesztőként. Mindvégig ebben a munkakörben dolgozott, műholdas adatokkal. 1992-ben elnyerte az OMSZ Kiváló Ifjú Szakembere díjat. Másoddiplomáját szintén az ELTE-n, programozó matematikusként, szerezte „Geostacionáris műholdadatokat geometriai transzformációja sztereografikus térképvetületre” című dolgozatával, 1994-ben. 2000 augusztusától 2002 elejéig a Műholdas Kutató Laboratórium vezetője volt. Az EUMETSAT nemzetközi műholdas szervezethez való csatlakozásunkért nagyon sokat tett és egy ideig az EUMETSAT magyarországi képviselőjét is ellátta. Földtudományi doktori (PhD) dolgozatát „A talajfelszín hőmérsékletének meghatározása műholdadatok alapján” témakörben 2006-ban védte meg, az ELTE-én. Több hónapos tanulmányúton járt az USA-ban, Washingtonban; Lannionban a Météo-France-nál és Darmstadtban az EUMETSAT-nál.



Kezdetben még analóg műholdképekkel dolgozott, majd a digitális műholdadatokra való átállásban tevékenykedett. Részt vett a digitális adatok gyűjtésében és archiválásában. Az első generációs Meteosat képek feldolgozásához operatív programokat írt. Aktívan részt vett a második generációs Meteosat képekre való átállásban is. Ő intézte és tartotta kézben az MSG képek vételéhez vásárolt norvég műholdvevő rendszert. A NOAA AVHRR képek feldolgozására is dolgozott ki eljárásokat. A műhold-meteorológia számos területén alkotott maradandót. Foglalkozott a zivatarfelhők tanulmányozásával, a talajfelszín hőmérsékletének, emisszivitásának meghatározásával, árvízdetektálással, műholdadatokon alapuló csapadékbecslések verifikálásával és a növényzet műholdadatokkal való megfigyelésével.

Több nemzetközi és hazai tudományos projektben vállalt jelentős szerepet. Részt vett a Magyar-Amerikai nemzetközi projektben (MAKA), melynek keretében a felszínhőmérséklet és albedó meghatározása derült időben volt a cél. A projekt második szakaszának 1997-től a témavezetője volt, ennek keretében további felszíni sugárzási komponensek vizsgálatát végezték el. 2003–2006 között árvízdetektálással kapcsolatos amerikai-magyar-román (NATO) projektben vett részt, melyben a magyar-román határvidék árvizeit vizsgálták. Több növényzet megfigyelési projektben is közreműködött.

Az EUMETSAT 2007-ben indult Hidrológiai Munkacsoportjában az OMSZ képviselője volt egészen a haláláig. A munkacsoport által kidolgozott csapadékbecsléseket verifikálta hazai mérésekkel.

Az OMSZ-ban nemzetközi tanfolyamokat is szervezett, 2000-ben egy konvekcióval kapcsolatos EUMETSAT tanfolyamot, közvetlenül betegsége előtt pedig egy WMO-EUMETSAT kurzust a növények műholdas megfigyeléséről.

Tagja volt a Magyar Meteorológiai Társaságnak és a Magyar Asztronautikai Társaságnak. A Magyar Űrkutatási Tanács tagjaként, mint az OMSZ képviselője, szakterületét, a műholdak meteorológiai alkalmazását képviselte. Társ-szerzője volt az ESA-csatlakozás alkalmából 2014-ben megjelent, „Európával a világűrben” című Természet Világa különszámnak. Számos publikáció, szakmai projekt és rendezvény őrzi nevét.

## SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárás események leírásának közlése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárás eseményt bemutató fényképet, könyvismertetést is.

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzőkkel nem közöljük. Közlésre szánt anyagokat kizárólag elektronikus formában fogadunk el. Az anyagokat a [legkor@met.hu](mailto:legkor@met.hu) címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábra is tartozik, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraalírást. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

A közlésre szánt szöveg tartalmazza a magyar és angol címet, a szerző nevét, munkahelyét, levelezési és villanypostacímét. Irodalomjegyzéket kérünk csatolni a *Tanulmányok* rovatba szánt szakmai cikkhez. Az irodalomjegyzékben csak a szövegben szereplő hivatkozás legyen. Az egyéb közlemények, szakmai beszámolók esetében is kérjük lehetőség szerint angol cím és összefoglaló megadását.



## ÚJ TANSZÉKVEZETŐ AZ ELTE METEOROLÓGIAI TANSZÉK ÉLÉN NEW HEAD OF DEPARTMENT OF METEOROLOGY, EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékének 2017. augusztus elsejétől új vezetője van: dr. Mészáros Róbert egyetemi docens.

Mészáros Róbert 1969. december 30-án született Budapesten. A középiskolát a Budapesti Piarista Gimnáziumban végezte 1984 és 1988 között. Egy év sorkatonai szolgálatot követően az Eötvös Loránd Tudományegyetem meteorológus szakán folytatta tanulmányait. 1994-ben szerzett meteorológus oklevelet. Diplomamunkájának címe: „*Városi transzport modell érzékenységi vizsgálata*” Az oklevél megszerzése után felvételt nyert az ELTE Földrajz-Földtudomány Doktori Iskolájába. Az ösztöndíj lejártá után, 1997-től kezdődően folyamatosan az ELTE Meteorológiai Tanszékének munkatársa. PhD fokozatát 2003-ban szerezte meg, doktori (PhD) értekezésének címe: „*A felszínközeli ózon száraz ülepedésének meghatározása különböző felszíntípusok felett*”. Egyetemi pályafutását 1997-ben tudományos segédmunkatársként kezdte meg. 2003-tól tudományos munkatárs, 2007-től adjunktus, 2014 óta pedig docens. 2012-ben habilitált. Főbb kutatási területei a légszennyezés-meteorológia, a légköri diszperzió, valamint a felszín és a légkör közti kölcsönhatások vizsgálata. Részt vett több nemzetközi mérési programban. Jelenleg



szennyezőanyag terjedési és kicserélődési modellek fejlesztését és alkalmazását végzi. Az elmúlt 20 év alatt több hazai és nemzetközi kutatási pályázat résztvevője, illetve témavezetője. Aktívan részt vesz hazai és nemzetközi szakmai szervezetekben, az egyetemi közéletben. Többek között tagja az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságának, az *Időjárás* szerkesztőbizottságának, az *Open Geosciences* folyóiratnak pedig szerkesztője. Több díjban és kitüntetésben részesült: Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, Békésy György Posztdoktori Ösztöndíj, Róna Zsigmond díj, Öveges József Program díja, ELTE TTK „Kiváló Tehetséggondozó Tanár” kitüntetés, Magyar Mérnöki Kamara „Környezetvédelmi Műszaki Felsőoktatásért” kitüntetés, Pro Meteorológiai emléklap, Rektori kiválósági különdíj. Tudományos közleményeinek száma 100 fölött van. Ebből 47 referált folyóirat (37 nemzetközi, 10 magyar), 24 könyv, illetve könyvfejezet, 41 konferencia publikáció. Kilenc felsőoktatási tankönyv szerzője, illetve társszerzője. 27 ismeretterjesztő cikke jelent meg, több ismeretterjesztő előadást tartott meghívott előadóként. Oktat az ELTE TTK Földtudományi, valamint Környezettan alapszakjain, a Földtudományi, Környezettan és Fizika alapszakok meteorológus specializációin, a Meteorológus, valamint Környezettudomány mesterszakokon, illetve 12 évig tanított a BMGE Környezetmérnök alapszakán. 37 tudományos diákköri dolgozat, 29 BSc szakdolgozat és 31 diplomamunka témavezetője, illetve konzulense volt, és jelenleg is több témát vezet. Témavezetőként és óraadóként részt vesz a doktori képzésben is. Nős, három gyermek édesapja.

Mészáros Róbert kinevezéséhez szívből gratulálunk, eredményes pályafutást és nagynevű elődei munkásságának sikeres folytatását kívánjuk a LÉ GKÖR és az egész magyar meteorológus társadalom nevében!

Az 1945-ben megalakult Meteorológia Tanszék eddigi vezetői:

Száva-Kováts József (1898–1980), egyetemi tanár, habilitáció (klimatológia–meteorológia), tanszékvezető: 1945–1953

Dési Frigyes (1912–1978), egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora: 1953–1970

Dobosi Zoltán (1915–2009), egyetemi tanár, a földtudományok doktora, tanszékvezető: 1971–1983

Rákóczi Ferenc (1931–2000), egyetemi tanár, a földtudományok doktora, 1983–1996

Bartholy Judit (1952–), egyetemi tanár, az MTA doktora, tanszékvezető: 1996–2017.

## SZERKESZTŐI ELŐSZÓ TEMATIKUS SZÁMOK ELÉ EDITORIAL FOREWORD TO THEMATIC ISSUES

A Magyar Meteorológiai Társaság 1955 óta tart vándorgyűlést, melyek 1968-ig évente kerültek megrendezésre. A XIV. vándorgyűlés (1970) majd a XVI.–XXVI. a Szlovák Meteorológiai Társasággal közös volt, hol Magyarországon, hol Csehszlovákiában. A XXIV.–XXVI. vándorgyűlések szervezésben a Cseh Meteorológiai Társaság is közreműködött. Az 1993-as XXVII. ülés után csak 2000-ben került sor a következőre. Azóta minden második évben megrendezésre kerül az esemény, s az utolsó három esetében örvendetesen növekvő részvétellel. A legutóbbi, sárospataki ülésnek a „Meteorológia, fenntarthatóság, éghajlatváltozás” volt a címe. A Vándorgyűlésre 24 előadással és 8 poszterrel jelentkeztek. A vándorgyűléseken elhangzott előadások sajnálatos módon nem jelentek meg nyomtatott formában. Ez alól kivétel az 1985-ös nyíregyházi ülés, amikor a Vándorgyűlésnek saját, orosz nyelvű konferencia kötete került kiadásra (szlovákokkal közös gyűlés – a hivatalos munkanyelv akkor az orosz volt). A szervezők vissza-visszatérő törekvése, hogy a kéziratokat begyűjtsék. Ez a törekvés a legutóbbi gyűlés esetében eléggé sikeresnek mondható, mivel 18 kézirat került beküldésre a LÉ GKÖR-be. Ez a mennyiség mintegy kétszáznyi terjedelmnek felel meg. Úgy döntöttünk, hogy két egymást követő számot (2017-3; 2017-4) a XXXVI. Vándorgyűlés anyagainak szentelünk. Ez a gyűlés annyiban is rendhagyó volt (*Légekör* 61, 129), hogy a résztvevőknek lehetősége volt szavazni a legjobb poszterre, aminek képét a vendéglátó köszöntőjének kéziratába illetve mutatunk be. A poszterből készült cikket a jelen szám 135–138. oldalán lehet olvasni.

# KÖSZÖNTÉS A METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG XXXVI. VÁNDORGYŰLÉSÉN ADDRESSING THE XXXVI. ITINERARY CONFERENCE OF HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY

Ollé János

Eszterházy Károly Egyetem, 3300 Eger, Klapka György utca 12., [olle.janos@uni-eszterhazy.hu](mailto:olle.janos@uni-eszterhazy.hu)

Tisztelt Vendégeink,  
Kedves Kollégák!

Mindenki tudja, hogy valószínűleg nagy baj van, és végre tenni kellene már valamit. Ezt a leckét mindenki megtanulta és bár-mikor képes visszamondani, de itt legtöbbször megáll a folya-mat és elmarad a kollektív cselekvés.

Februárban hallottam egy előadást a Miskolci Akadémiai Bi-zottság Eszterházy Károly Egyetemen működő Professzori Klubjában. Az ember sokszor úgy megy el az ilyen előadások-ra, mint a színházba, moziba, vagy egy szórakoztató estére. Elvárjuk, hogy a szereplők alaposan megjéjsszenek minket, de azt is megszoktuk, hogy az ismert dramaturg alapján, az utolsó előtti pillanatban megérkezik a főhős és megment mindenkit. Tudományos előadásokon arra számítunk, hogy közérthető formában megtudjuk, mivel foglalkozik a kutató, álméldokunk azon, hogy bizony ehhez sem értünk, de megnyugszunk, hogy a világ nagy kérdései közül valaki ezzel is foglalkozik, mégpedig hatékonyan, látványosan, megnyugtató módon. A februári előadáson a filmekben elvárt katarzis elmaradt, nem jött el a megnyugvás sem. Az előadó nagy érzelmi hangulatkeltés nél-kül, rendezett logika szerint, szépen nyugodtan elmondta, hogy mi a helyzet, valószínűleg mi fog történni, illetve mit lehetne tenni és mit nem. Azzal az érzéssel tértem haza és foglaltam össze az érdeklődő családoknak az előadást, hogy: nincs esélyünk.

Nem kell ahhoz szociálpszichológusnak lennünk, hogy elgon-dolkodjunk a kollektív cselekvés érzékelhető lehetetlenségén. Online elemzések azt mondják, hogy ez is az evolúció része. Az állatok többsége nem tudja mi az, hogy „holnap”, az embernek pedig legfeljebb arra terjed ki a mindennapi szókészle-te, hogy „holnapután”. Arra már nincs szavunk, hogy mi van azután. Talán nem véletlen, hogy gondolatunk se nagyon.

Lehet, hogy mégsem olyan jó ötlet, hogy az iskolában tantár-gyakat tanítsunk és nem gyerekeket?! Utóbbi esetben talán lenne (lett volna?!) esély arra, hogy a nevelési célokat jobban átgondoljuk és tananyagcentrikus oktatás mellett teret adjunk az altruizmusnak is.

Jellemző módon egyre gyakrabban van hír egy-egy *exobolygó* felfedezéséről, ma reggel is olvastam egyet. Érthető módon szeretjük magunkat nyugtatni a menekülési útvonalakkal. Ez a háborgó lelkiismeret felszínes csitítására talán elég, de a koz-mikus távolságok alapján aligha lehet holnapután komoly alternatíva. Szerintem nem is érdemelnék meg.

A filmekben megszokott forgatókönyvek szerint várjuk a hőst, lehetőleg egy környezettudóst, meteorológust, aki majd kitalál valamit és akkor helyettünk is megmenti a világot. Nekünk erre amúgy sincs időnk. Meglepő módon a kollektív cselek-vésnek adjuk a legkevesebb esélyt. Mindezt olyan környezet-gondoljuk komolyan, ahol 30 millió ember kezében mobil-telefon tartva virtuális zsebszörnyekre vadászik. A *Pokemon GO* pár nap alatt megmozgatott több tízmillió embert, de még ennél is többen locsolnak virtuális farmon virtuális növénye-ket. Az online közösségek folyamatos növekedése is arra utal, hogy van, amiben tudunk közösen cselekedni.

Tisztelt környezettudós, meteorológus kutatók!

Én őszintén csodálom Önöket. Önök tudják a legpontosabban, hogy mi történik, mire számíthatunk. Hatalmas lelki erő kell ahhoz, hogy a kutató egy rossz irányba tartó folyamatot két-

ségbeesés nélkül, természettudományos precizitással, objektív higgadsággal elemezzen. Vélhetően nem ritka az sem, hogy Önöket hibáztatják azért is, mert a globális megoldás meg-várat magára, miközben a felelősség közös. Kutatóként már most többet tettek az ügy érdekében, mint a legtöbb ember.

Napjainkban a természettudományok, a mérnöki tudományok, a programozás és az informatika a preferált szakterületek. A bölcsészet- és társadalomtudományok pedig önként vagy sze-líd nyomás hatására árnyékba, vagy elefántcsonttoronyba vo-nulnak vissza. Ez a globális probléma jól mutatja, hogy mind-kettőre nagy szükség van. A természettudósok pontosan meg-ismerik és leírják a természeti jelenséget. A társadalomtudo-mányok feladata, hogy a társadalom, a kulturális berendezke-dés és az emberi közösségek törvényszerűségeit ismerve a kollektív cselekvés korszaka felé vezessenek el minket.

Nagyon köszönöm, hogy meghívtak erre a konferenciára. Ké-rem, hogy egyet azért ígérjenek meg. Ha 10, 20, 50 vagy 100 év múlva jobb lesz a helyzet, akkor is hívjanak meg, hogy a jó eredményeknek együtt örülhessünk.

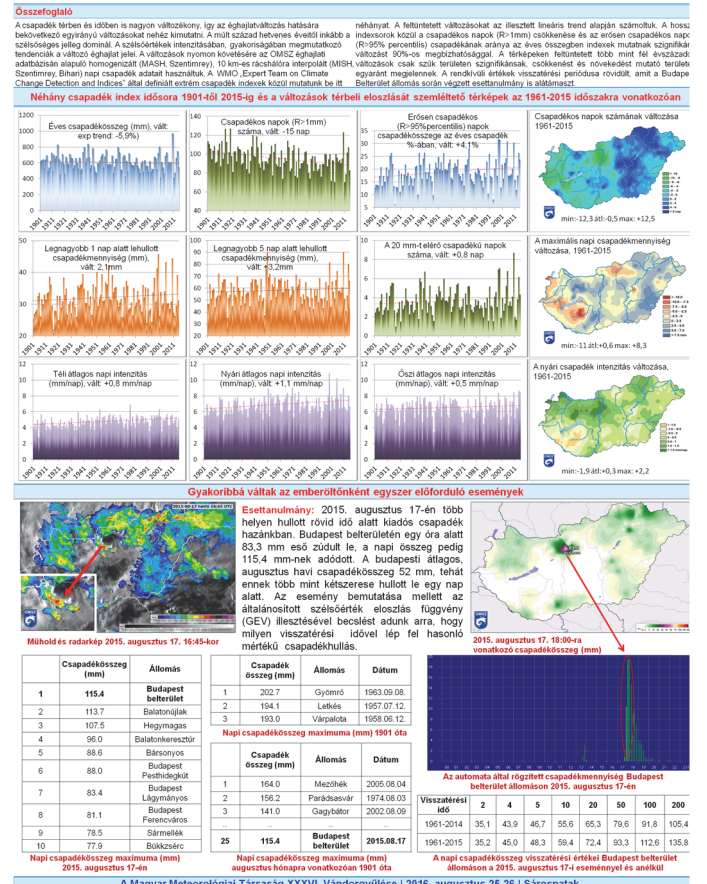
Dr. habil. Ollé János  
főiskolai tanár, rektor helyettes  
Eszterházy Károly Egyetem

## Az éghajlatváltozás hatása az intenzív csapadékok alakulására

Hoffmann Lilla és Lakatos Mónika

[hoffmann.l@met.hu](mailto:hoffmann.l@met.hu); [lakatos.m@met.hu](mailto:lakatos.m@met.hu)

Országos Meteorológiai Szolgálat



A Meteorológiai Társaság XXXVI. Vándorgyűlésének legjobb posztere (Hoffmann, L. és Lakatos, M., 2017: Légkör 62, 136-138)

## TÖBB, MINT 10 ÉVES AZ OMSZ VESZÉLYJELZŐ RENDSZERE 2017. AUGUSZTUS

### THE WARNING SYSTEM OF OMSZ–HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE IS MORE THAN 10 YEARS OLD, AUGUST 2017

BONTA IMRE

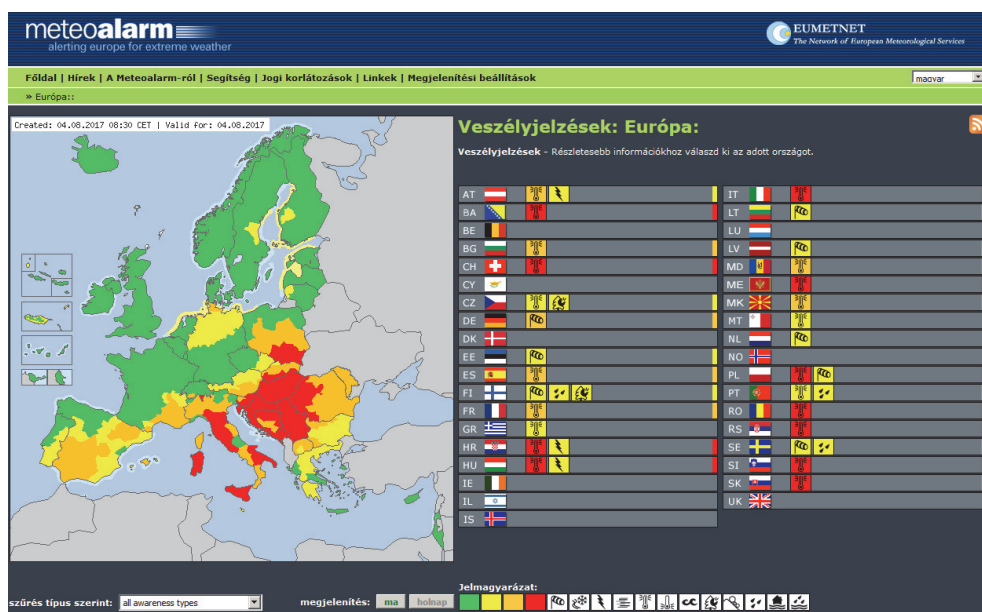
Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1., [bonta.i@met.hu](mailto:bonta.i@met.hu)

**Összefoglalás.** 2006-ban – több mint 10 éve – vezettük be az OMSZ-ban az európai gyakorlathoz illeszkedő veszélyjelző rendszert, amely része az EUMETNET egyik projektjének, a „Meteoalarm”-nak. Miközben veszélyjelző rendszerünk tartalma és az általunk használt színek is illeszkedik az európai rendszerhez, a hazánkban meghonosított veszélyjelzés egyúttal bizonyos sajátosságokkal is rendelkezik. Az alábbiakban részletesen ismertetjük az OMSZ veszélyjelző rendszerét, kitérünk az elmúlt 11 év történéseire, köztük a 2006. augusztus 20-i nevezetes viharra. Cikkünk végén az elmúlt évek tapasztalatait, a környező országok gyakorlata, valamint az EUMETNET-nek, mint az európai nemzeti meteorológiai szolgálatok koordináló szervezetének az ajánlásai, javaslatai alapján ismertetjük, hogy a veszélyjelző rendszerünket milyen irányban szeretnénk továbbfejleszteni.

**Abstract.** For more than 10 years, in 2006, OMSZ introduced a warning system, which is part of the Meteoalarm project of EUMETNET complying with European system. While our warning system is part of the European system and matches its color coding and content the system set up in Hungary also has certain own features. Below, we give a detailed description of the OMSZ warning system, covering the events of the past 11 years, including the storm of 20 August 2006. At the end of this article, we will present the experiences of the past years, the practices of surrounding countries and we inform, in which direction we intend to further develop our weather warning system, following the recommendations of the EUMETNET organization, which coordinates the European National Meteorological Services.

**Előzmények.** 2006-ban vezettük be az OMSZ-ban az európai gyakorlathoz illeszkedő veszélyjelző rendszert, amely része az EUMETNET egyik projektjének a „Meteoalarm”-nak. Ez az európai meteorológiai riasztások egységes rendszerét koordinálja, átfogó képet nyújtva a rendkívüli időjárási helyzetek eloszlásáról. Az EUMETNET 31 európai meteorológiai szolgálat közös szervezete, amelynek a fő célja a kollektív erőforrások hatékony felhasználásával és az európai uniós anyagi erőforrások bevonásával különböző meteorológiai együttműködések elősegítése, így a Meteoalarm projektet kívül számos megfigyelési, előrejelzési és repülésmeteorológia projekt koordinálása. Megjegyezzük, hogy van néhány ország, amely bekapcsolódott a Meteoalarm együttműködésbe, de ugyanakkor nem tagja az EUMETNET-nek. Ahogy az 1. ábra mutatja, a Meteoalarm projektben ma már a legtöbb európai ország részt vesz.

szakmailag ugyan logikus, de az európai gyakorlattól eltérő, amerikai mintához hasonló kétszintű rendszert (első szint a figyelmeztető előrejelzés 36 óráig, a második szint a riasztás 0–3 óráig) vezetett be, amely 2011-ig mindkét szint esetében régiókra vonatkozott, majd 2011-től a figyel-



1. ábra: Meteoalarm térkép, amely az egyes európai nemzeti szolgálatok veszélyjelzéseit mutatja 2017. augusztus 4-én a térségünket érintő hőhullám idején

Részletesebb veszélyjelzési információkat az együttműködő nemzeti időjárási szolgálatok honlapjain találhatunk, amelyek közvetlenül is elérhetők, ha a Meteoalarm honlapján az egyes országokra rákattintunk. Miközben veszélyjelző rendszerünk tartalma és az általunk használt színek is illeszkedik az európai rendszerhez, a hazánkban meghonosított veszélyjelzés egyúttal bizonyos sajátosságokkal is rendelkezik. Az első napra vonatkozóan az OMSZ

meztető előrejelzések megyékre, a riasztások 174 járásra készülnek. A rendszer kommunikációját kezdettől fogva megnehezíti a két lépcső értelmezése. A legközvetlenebb partnereinknél, így a BM OKF, a vízügy vagy az energiaszolgáltatók esetében ez kisebb problémát jelent, de például a médiában a két szintet, a figyelmeztető előrejelzések és a riasztások fogalmát, mind a mai napig folyamatosan keverik.



A kétlépcsős rendszerre a többlépcsős amerikai minta mellett a már évtizedek óta jól működő és közismert balatoni viharjelzés is mintaként szolgált, ahol a figyelmeztető előrejelzésnek a balatoni prognózis, a riasztásnak pedig a jelzőrendszer bekapcsolása felel meg. Jelentős különbség azonban a két felhasználó tábor között, hogy amíg a balatoni viharjelzés állapotát a vízen és a környéken nyaralók folyamatosan, szinte percenként követik, ez csak részben várható el az országos veszélyjelző rendszer felhasználóitól, leszámítva például az OKF ügyeletét, illetve a METEORA egyelőre még vi-

1. táblázat: Időjárási események, amelyekre az OMSZ riasztásokat és figyelmeztető előrejelzéseket is kiad

Veszélyes időjárási esemény	Fokozatok	Veszélyességi szint rövid jelentése
Heves zivatar	1	Kis valószínűséggel kialakulhat heves zivatar (károkozó szél vagy nagyméretű jég kíséretében).
	2	Közepes bekövetkezési kockázat mellett előfordulhat heves zivatar (károkozó szél vagy nagyméretű jég kíséretében).
	3	Magas bekövetkezési kockázat mellett heves zivatar várható (károkozó szél vagy nagyméretű jég kíséretében).
Felhőszakadás	1	Intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt 25-30 mm-t meghaladó csapadék hullhat.
	2	Intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt 50 mm-t meghaladó csapadék hullhat.
Szél-lökés	1	A várt legerősebb széllokések meghaladják a 70 km/h-t.
	2	A várt legerősebb széllokések meghaladják a 90 km/h-t.
	3	A várt legerősebb széllokések meghaladják a 110 km/h-t.
Ónos eső	1	Gyenge ónos eső. A várt csapadékmennyiség általában néhány tized (> 0,1) mm
	2	Tartós (több órás) ónos eső. A várt csapadékmennyiség meghaladhatja az 1 mm-t.
	3	Tartós (több órás) ónos eső. A várt csapadékmennyiség meghaladhatja az 5 mm-t.
Hófúvás	1	Gyenge hófúvás. A friss hóval fedett területeken a szél alacsony hőtöraszokat emelhet.
	2	Hófúvás. A friss hóval fedett területeken a viharos szél magas hőtöraszokat emelhet.
	3	Erős hófúvás. A friss hóval fedett területeken a viharos szél több helyen jelentős hóakadályokat emel.

szonylag szűk táborát. Bár az OMSZ nem a Meteoalarm egyszintű rendszerét honosította meg, de azért jelentős hatással volt ránk az európai gyakorlat, hiszen ahogy erre már utaltunk, a Meteoalarm keretében alkalmazott 4 fokozatot (zöld, citrom, narancs és piros) mi is átvettük, és a küszöbértékek többségének meghatározásánál is az európai példa volt szem előtt.

**Veszélyjelző rendszerünk részletes ismertetése.** Az OMSZ nyilvános honlapján lévő veszélyjelző oldal

elsősorban általános élet- és vagyónvédelmi célokat szolgál. Fő célja, hogy kritikus időjárási helyzetekben hiteles információt biztosítson a lakosság és a média számára. Az oldal színekkel ellátott térképeire pillantva azonnal látható, hogy mely területeket érinthet veszélyes időjárási jelenség. A térképre kattintva szöveges formában lehet részletesebben tájékozódni a várható időjárási veszélyről az adott térségben.

Figyelmeztető előrejelzést és riasztást a következő időjárási elemekre adunk ki: heves zivatar, felhőszakadás, szellőkés, ónos eső, hófúvás.

2. táblázat: Időjárási események, amelyekre az OMSZ speciális figyelmeztető előrejelzéseket ad ki.

Veszélyes időjárási esemény	Fokozatok	Veszélyességi szint rövid jelentése
Nagy mennyiségű eső	1	24 óra alatt több mint 20 mm csapadék hullhat.
	2	24 óra alatt több mint 30 mm csapadék hullhat
	3	24 óra alatt több mint 50 mm csapadék hullhat
Jelentősebb havazás	1	12 óra alatt 5 cm-t meghaladó friss hó hullhat.
	2	24 óra alatt 20 cm-t meghaladó friss hó hullhat
	3	24 óra alatt 30 cm-t meghaladó friss hó hullhat
Extrém hideg	1	A hőmérséklet - 15 °C alá csökkenhet.
	2	A hőmérséklet - 20 °C alá csökkenhet.
	3	A hőmérséklet - 25 °C alá csökkenhet.
Hőség	1	A napi középhőmérséklet várhatóan eléri vagy meghaladja a 25 °C-ot.
	2	A napi középhőmérséklet várhatóan eléri vagy meghaladja a 27 °C-ot.
	3	A napi középhőmérséklet várhatóan eléri vagy meghaladja a 29 °C-ot.
Tartós sűrű köd	1	Tartós (> 6 óra) sűrű köd (látástávolság pár száz méter) várható.

A felsorolt elemek esetében a veszélyjelzés két lépcsőben valósul meg. Első lépcsőben az adott napra, valamint a következő napra szóló szöveges és térképes formában is megjelenő figyelmeztető előrejelzés készül. Ebben a veszélyjelző meteorológus a különböző légköri modellek előrejelzései alapján megadja a veszélyes időjárási események várható térbeli és időbeli alakulását.

Második lépcsőben a riasztást adjuk ki. Ekkor a veszélyjelző a modellek előrejelzései mellett a különböző mérések és megfigyelések figyelembevételével megállapítja, hogy az időjárási feltételek adottak-e a figyelmeztetésben már jelzett veszélyes időjárási események létrejöttéhez. A bekövetkezés előtt általában fél – három órával korábban kerül sor a veszélyes időjárási eseményekre vonatkozó riasztás térképes formában történő kiadására. A veszélyes időjárási esemény típusától, illetve az időjárási helyzettől függ, hogy már közvetlenül a veszélyes időjárási esemény bekövetkezése előtt 1–3 órával, vagy éppen csak a veszélyes időjárási esemény kialakulásának felismerésekor adható ki a riasztás. A riasztott terület nagysága változó, de a legkisebb terület, amelyre a veszélyjelzés vonatkozik,

a legtöbb esetben, a gyakorlatban egy átlagos magyarországi megye felének, harmadának felel meg. Az 1. táblázatban az előbbieken felsorolt időjárási események esetében láthatjuk az aktuálisan alkalmazott küszöbértékeket. A veszélyjelző rendszer részét képezik azok a 2. táblázatban felsorolt speciális figyelmeztetések is, amelyeknél a tartós, nagy mennyiségű eső, illetve havazás előfordulásának lehetőségére hívjuk fel a figyelmet, amennyiben az esemény legalább egy átlagos magyarországi megyének megfelelő területen várható. Ezek a figyelmeztetések azért speciálisak, mert nem kapcsolódik hozzájuk riasztás, mivel ezek a meteorológiai jelenségek hosszú idő után, gyakran 12–24 óra alatt fejtik ki a hatásukat. A veszélyjelző rendszer részét képezik még a hőségre, extrém hidegre, továbbá a tartós sűrű ködre vonatkozó speciális figyelmeztetések is, amelyekhez szintén nem kapcsolódik riasztás! A figyelmeztetések és a riasztások során 3 veszélyességi szintet különböztetünk meg. Ha nem várható a meghatározott kritériumoknak megfelelő veszélyes jelenség, az adott terület zöld színnel jelenik meg.

*Első szint (sárga):* Az ebbe a kategóriába sorolt időjárási események nem szokatlanok, de potenciális veszélyt jelenthetnek, ezért tanácsos elővigyázatosnak, óvatosságnak lenni, főként az időjárási hatásoknak jobban kitett tevékenységek során. Különösen a bizonytalanabb kimenetelű, gyorsan változó időjárási helyzetekben célszerű a szokásosnál gyakrabban és részletesebben tájékozódni a várható időjárásról.

*Második szint (narancs):* Veszélyt hordozó időjárási jelenség, amely káreseményekhez vezethet, vagy akár személyi sérülést, balesetet is okozhat. Érvényben lévő narancs veszélyjelzés esetén legyünk nagyon körültekintőek, vigyázzunk saját biztonságunkra és értékeinkre. Részletesen tájékozódjunk az időjárás alakulásáról. Kövessük a megbízható média által közvetített tanácsokat, illetve a hatóságok utasításait.

*Harmadik szint (piros):* Veszélyes, jelentős károkat okozó, sok esetben emberi életet is fenyegető időjárási jelenségek, amelyek rendszerint kiterjedt területeket érintenek. Érvényben lévő piros veszélyjelzés esetén legyünk különös figyelemmel értékeinkre és saját biztonságunkra. Folyamatosan kísérrjük figyelemmel a legfrissebb hivatalos meteorológiai információkat. Minden körülmények között kövessük a hatóságok utasításait. Tartózkodjunk biztonságos helyen.

**A veszélyjelző rendszerünk múltja.** A veszélyjelző rendszerünkön a legjelentősebb változást 2011-ben hajtottuk végre, azóta a riasztásokat a korábbi régiók helyett 174 járásra, a figyelmeztető előrejelzéseket pedig megyékre adjuk ki. A kritérium-rendszerünkhöz a 2006–2007-es kezdeti időszakot nem számítva, 2013-ig nem nyúltunk hozzá, majd 2013-at követően a küszöbértékeket más országokhoz hasonlóan több alkalommal felülvizsgáltuk. Ennek eredményeként 2013 óta több változást is bevezettünk. Változtattunk a havazáshoz kapcsolódó kritériumon, így citrom jelzést adunk ki, ha területi átlagban, egy megyében 12 óra alatt 5 cm-t meghaladó hóréteg alakul ki (korábban 10 cm/24 óra volt a küszöb), az ANT SZ-szel egyeztetve az elmúlt évek tapasztalatai alapján a hőségekritériumokat módosítottuk. A

talaj menti fagyra történő figyelmeztetést kivettük a rendszerből (erre elsősorban az agrometeorológiai oldalon figyelmeztetünk), mivel az Európában sehol nem része a veszélyjelző rendszernek, illetve közvetlen életvédelmi kockázatot nem jelent. A 3. táblázat összefoglalóan mutatja be, hogy 2009 és 2016 között heves zivatar-

3. táblázat: 2009 és 2016 között kiadott piros riasztások

Évek	Időpont	Időjárási esemény
2009	01.14	Ónos eső
	07.18.	Heves zivatar
	09.04.	Heves zivatar
2010	05.25.	Heves zivatar
	06.18.	Heves zivatar
	08.06.	Heves zivatar
2011	-	-
2012	07. 19.	Heves zivatar
	12. 08.	Hófúvás
2013	01.18.	Hófúvás
	03.14.	Hófúvás
	03.15.	Hófúvás
2014	02.01.	Ónos eső
	02.02.	Ónos eső
2015	07.08.	Heves zivatar
2016	-	-

ra, ónos esőre és hófúvásra mikor adtunk ki riasztást. A 2006 és 2009 közötti statisztikát azért nem vettük figyelembe, mert a bevezetést követő első években az európai gyakorlathoz képest túl gyakran lett kiadva a piros és narancs riasztás. Miközben 2011-ben és 2016-ban az időjárási helyzetek nem indokolták a piros riasztás kiadását, 2009-ben és 2013-ban viszont 3 napon is érvényben volt a legmagasabb fokú riasztás. Az alábbi táblázat szerint 2009-et követően évente átlagosan 1–2 piros riasztást adtunk ki, ami teljes egészében megfelel az átlagos európai gyakorlatnak és az EUMETNET ajánlásnak. Az EUMETNET ajánlása az, hogy piros riasztást a tagországok átlagosan évente egyszer-kétszer, narancs riasztást pedig havonta egyszer-kétszer adjanak ki. Természetesen ez az ajánlás az átlagra vonatkozik, hiszen a riasztások kiadásának a gyakorisága alapvetően az időjárási helyzetek függvénye. Mindenesetre, ha túl gyakran lenne kiadva piros és narancs riasztás, akkor előbb-utóbb csökkenne a riasztásaink figyelemfelhívó ereje.

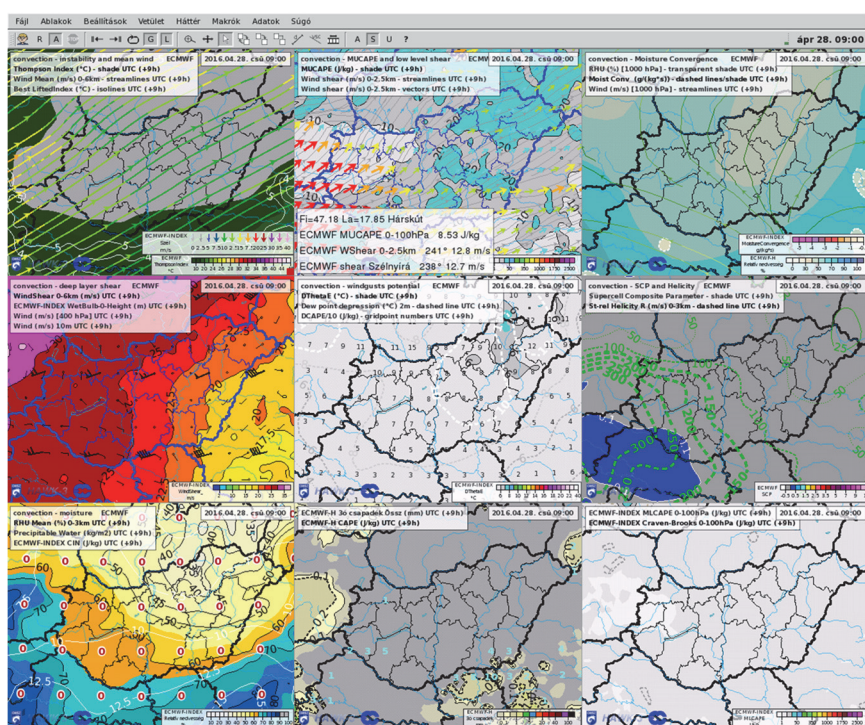
**A 2006. augusztusi 20-i vihar tanulsága.** Az elmúlt 11 év egyik legnevezetesebb viharja a 2006. augusztus 20-i budapesti heves zivatar volt, amely éppen az esti tűzijáték idején söpört végig a fővároson. Ezzel kapcsolatban egy kis kitérőt teszünk, ismételtlen összefoglalva az akkori tanulságokat.

Mindenekelőtt azt kell megállapítanunk, hogy az OMSZ 2006-ban már napokkal korábban előrejelezte, hogy augusztus 20-án egy hidegfront hatására zivatarok lesznek viharos szél kíséretében. A 20-án reggel kiadott figyelmeztető előrejelzés és a médiában elhangzott általános prognózisok tartalmazták, hogy az esti órákban a tűzijáték alatt heves vihar várható. Az ügyeletes veszélyjelző 17 óra 28 perckor a nyugat-dunántúli térségre már kiadta a piros riasztást (riasztások akkoriban még nem járásokra, hanem régiókra készültek), a fővárost is magában

foglaló középső régióra 19 óra 11 perckor a narancsot, 19 óra 36 perckor pedig a piros riasztást adtuk ki, vagyis a tűzijáték kezdete előtt közel másfél órával az OMSZ jelezte a rendkívüli vihart. A piros riasztást mindenképpen rendkívülinek kellett volna tekinteni, hiszen ahogy az előzőekben erről szó volt, ezt a Szolgálat éves átlagban legfeljebb egyszer-kétszer adja ki. Nem véletlen, hogy az állampolgári jogok országgyűlési biztosa 2006 novemberében készült jelentésében azt állapította meg, hogy „az OMSZ a vizsgálatok egybehangzó megállapítása szerint a tudomány és a technika jelenlegi állása szerint az előrejelzés terén a ténylegesen szolgáltatott adatoknál lényegesen pontosabbat és jelentősen korábbi időpontban nem adhatott volna”. Hiába adott az OMSZ megfelelő időelőnyvel riasztást, ha azt 2006-ban az akkori rendezvényszervezők vagy nem használták, vagy ha igen, akkor azt nem vették komolyan. Az időjárási helyzettel kapcsolatban egyébként érdemes

be veszik a meteorológus javaslatát. Érdeemes megemlíteni, hogy 2007-ben, amikor augusztus 20-án az előző évhez hasonlóan heves zivatarok fordultak elő a fővárosban, igaz, hogy nem a tűzijáték, hanem a körmenet idején, az akkori operatív törzs a meteorológus szakmai javaslatait figyelembe véve problémamentesen irányította az ünnepséget. Az elmúlt években arra is volt példa, hogy a meteorológus javaslatára lefűjték a Balatonnál a tervezett tűzijátékot, vagy az időjárási helyzet miatt maradt el augusztus 20-i rendezvény.

**Az elmúlt 11 év szakmai fejlődése.** 2006 óta nemcsak a meteorológiai biztosítás rendszere változott, hanem a meteorológus szakma is sokat fejlődött. Elég csak arra utalni, hogy amíg 2006-ban 15 percenként, addig ma már 5 percenként állnak rendelkezésre a műholdképek és a radarinformációk. A radarképek térbeli felbontása duplájára javult (2 km-ről 1 km-re). 2006-ban az OMSZ-ban a legfinomabb felbontású modell az ALADIN modell volt 9 km-es felbontással, ma már a szolgálatunk szuperszámítógépen futtatott nem hidrosztatikus, tehát a konvektív folyamatokat jobban kezelő AROME modell felbontása 2,5 km.



2. ábra: Ma már egy tucat stabilitási paraméter és index segíti az előrejelző szakember munkáját

megjegyezni, hogy a 2006. augusztus 20-i vihar egy jól előrejelezhető objektumhoz kötődött, hiszen a zivatarzóna Nyugat-Dunántúl térségében alakult ki, és jól követhető volt, ahogy az kelet felé vonult (Horváth, 2007). Ezt azért is érdemes hangsúlyozni, mert olyan eset is előfordul, hogy egy heves zivatar éppen a főváros térségében alakul ki, és ilyenkor nem biztos, hogy ez másfél órával korábban prognosztizálható, mint ahogy ezt történt 2006-ban. 2006 óta egyébként gyökeresen megváltozott az állami rendezvények meteorológiai biztosítása. Az OMSZ ma már napokkal az esemény előtt forródrótos kapcsolatban van mind a főszervezőkkel, mind a rendezvényt irányító operatív törzssel. Az operatív törzsben szolgálatunk 2007 óta személyesen képviselteti magát, és a legfontosabb döntések meghozatalánál mindig figyelem-

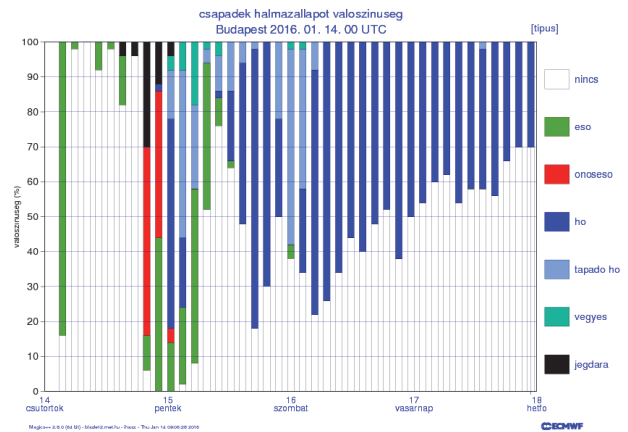
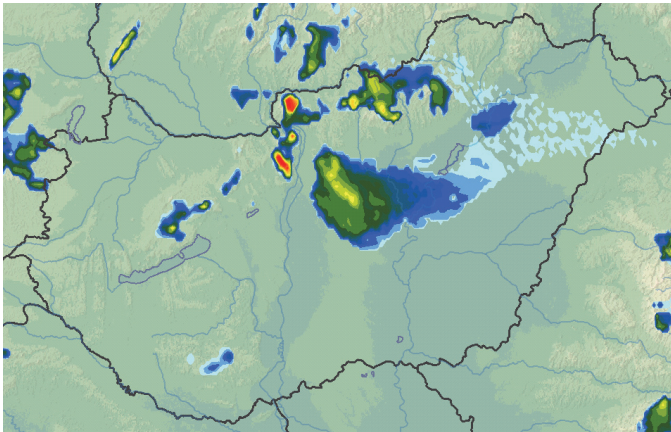
A MEANDER rendszer, az OMSZ automatikus analízis és ultra-rövidtávú (*nowcasting*) előrejelző rendszere a 10 percenként beérkező felszíni mérési adatok, valamint a radar és a műholdas mérések, és a WRF numerikus modell felhasználásával 3 órára előre 1,5 km távolságú rácspontokra számolja ki a meteorológiai paramétereket. Az európai együttműködés keretében fejlesztett és futtatott ECMWF modell beválása az elmúlt 11 évben ugyancsak sokat javult, a nagyfelbontású időjárás előrejelzési modelljénél a horizontális felbontás 25 km-ről 9 km-re, az *ensemble* modellben pedig 50 km-ről 18 km-re finomodott. A 2–5. ábrákon néhány előrejelzési produktumot mutatunk be példaként, amelyek jól szemléltetik az elmúlt évek szakmai fejlődését.

**A hazai veszélyjelező rendszer jövője.** Az elmúlt 11 év tapasztalatai, a környező országok gyakorlata, valamint az EUMETNET-nek, mint az európai nemzeti meteorológiai szolgálatok koordináló szervezetének az ajánlásai, javaslatai alapján tervbe vettük a veszélyjelező rendszerünk bizonyos elemeinek a módosítását, átalakítását. Az alábbiakban nem célozom ezzel kapcsolatban az összes kérdést, problémát végigtekinteni, ez túlmutatna a jelen cikk keretein. Ezért csak néhány fontosabb kérdést érintek, mint például a veszélyjelezések időben történő kiterjesztését, a kétlépcsős rendszerünk átláthatóbbá tételét a közvélemény számára, illetve a heves zivatar előrejelzésének a problémakörét.

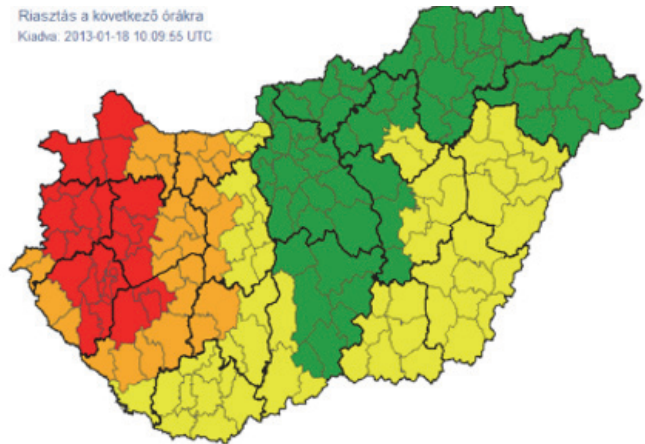
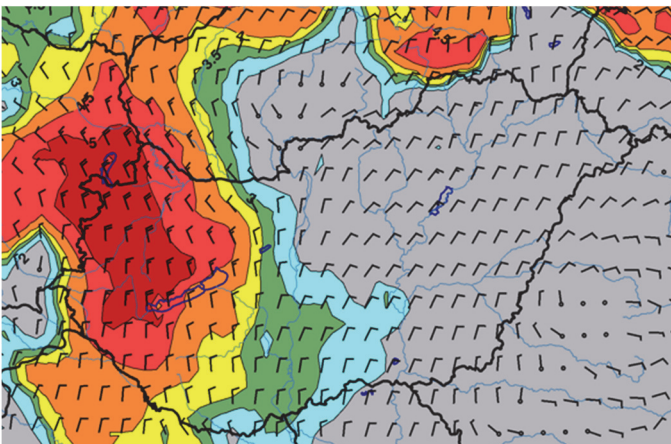


A veszélyjelzések kiadásának a harmadik, negyedik napra történő kiterjesztését az EUMETNET elvárásai és több környező ország gyakorlata alapján már évek óta tervezük. Ez a fejlesztés a megvalósulás küszöbén van, és várhatóan 2017 végén, 2018 elején operatíván is elérhető lesz mind a honlapunkon, mind a partnereink számára. A kétlépcsős rendszerünk átláthatóbbá, mindenki számára érthetőbbé tétele már közel sem tűnik olyan könnyen megoldható kérdésnek. Ahogy cikkünk elején hangsúlyoztuk, szakmailag ugyan teljesen logikus a rendszerünk, de a két lépcső értelmezése, megértése 11 év után is nehézséget okoz a közvélemény és a média számára. Bizonyos elemek, kritériumok esetében a két lépcső ke-

lehet venni a jelzést? Figyelmeztető előrejelzések esetében nem egyértelmű az, hogy egy adott napon például mit értünk azon a narancshoz köthető kritériumon, hogy 24 óra alatt 20 cm-t meghaladó friss hó hullhat, ha a csapadék két napra oszlik el. Például délutántól elkezd havazni, és éjfélig hullik 10 cm hó, majd folyamatosan tovább havazik, és reggelig további 10 cm hull, akkor arra ki kell-e adni a narancs figyelmeztetést, mert összeségében 20 cm feletti hó várható, vagy nem kell kiadni, mert a napra bontott várható hóvastagság nem éri el a meghatározott 20 cm-es küszöbértéket. A jelenlegi veszélyjelző rendszerünknel a partnerek számára nehezen követhető az, hogy valamilyen veszélyes időjárási ese-



3. ábra: AROME modellből 36 óras kumulált ónos eső csapadékösszeg (mm) 2014.12.02. 00 UTC-ig (bal oldalon), ECMWF ensemble modellből csapadék halmazállapot valószínűség előrejelzés a főváros térségére (jobb oldalon).



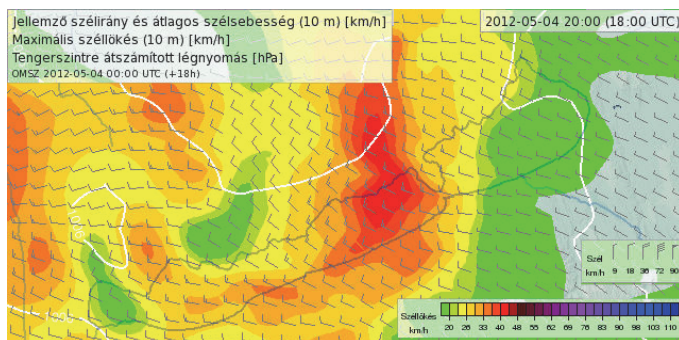
4. ábra: Bal oldalon ECMWF modellből hófűvés index (BSI) a 2013.01.18-i hófűvés előrejelzés céljából. Ha  $BSI > 4,5$  akkor nagyon valószínű, hogy gyenge vagy mérsékelt intenzitású hófűvés alakulhat ki, és az erős hófűvés valószínűsége is általában magas (piros veszélyjelzési fokozatnak felel meg). Jobb oldalon ugyanerre az időpontra a veszélyjelzők által hófűvésra kiadott piros riasztás.

zelése még a veszélyjelzők számára is nehézséget jelenthet. A két terület értelmezése például az előrejelzési időszak végén (az első napon 3–4 órával éjfél előtt) külön nehézséget jelent, mivel az 1–3 órára szóló riasztás és az éjfélig szóló figyelmeztető előrejelzés ugyanarra az időszakra szól. A figyelmeztető előrejelzésnél az időszak végén gyakran nehezen értelmezhetők azok a kritériumok, amelyek egy tartós eseményre hívják fel a figyelmet, például, hogy 24 óra alatt 20 mm-t meghaladó csapadék várható. Nem egészen egyértelmű az ilyen típusú kritériumnál, meddig kell, hogy kint maradjon a jelzés. Az időszak végéig, tehát éjfélig, vagy addig, amíg be nem következett az esemény? Például, ha az előrejelzett 20 mm csapadékból már leesett 19 mm, akkor már le-

ményre meddig kell számítani. Ez sem a figyelmeztető előrejelzési térképből, sem a riasztási térképekből nem derül ki, annak ellenére, hogy a figyelmeztető előrejelzés szövege erre gyakran utal. A riasztás esetén erre csak a riasztás visszavonásából lehet számítani. Az említett problémákra nagyrészt megoldást jelentene több környező ország gyakorlatának átvétele. A 6–8. ábrákon a szlovák, az osztrák és az olasz meteorológiai szolgálatok veszélyjelző oldalát mutatjuk be. A három oldalban közös, hogy szemben a mi gyakorlatunkkal, egy napra vonatkozó összes veszélyjelzési információ egy térképen található. Ezek a térképek gyakorlatilag a mi figyelmeztető előrejelzésünknek és a riasztásunknak az ötvözte, de számos plusz információt is

tartalmaznak. A veszélyjelzési felületekről például leolvasható, hogy egy bizonyos veszélyes időjárási esemény várhatóan mennyi ideig fog fennállni, ugyanis alul megjelenik egy idővonal (csúszka), így a várható jelenségeknek nem csak a kezdete, hanem a valószínűsíthető vége is leolvasható, ami a felhasználók számára nagyon hasznos többlet információ. A felületeket természetesen ők is gyakran aktualizálják, ha a korábbi előrejelzéseket módosítani kell.

A harmadik problémakör, amivel a jövőben célszerű foglalkoznunk, a heves zivatarra történő riasztás témája. Heves zivatarnak nevezzük az olyan zivatart, amelynél a legerősebb szélökések meghaladják a 90 km/h-t és/vagy a jég átmérője meghaladja a 2 cm-t. Egy adott járásban heves zivatarral kiadott riasztás esetén a közvélemény számára véleményem szerint nem teljesen egyértelmű, hogy mi a különbség az egyes fokozatok között. A honlapunkon a következőképpen próbáljuk elkülöníteni a heves zivatarral kiadott citrom, narancs és piros riasztást: „heves zivatar a citrom esetében kis valószínűséggel, a narancs esetében közepes bekövetkezési valószínűséggel, a piros esetében pedig magas bekövetkezési valószínűséggel várható”. Vagyis heves zivatar esetében a jelenség előfordulásának a valószínűsége szerint vannak elkülönítve az egyes fokoza-



5. ábra: Szélelőrejelzés a Balaton térségére a WRF modell alapján.

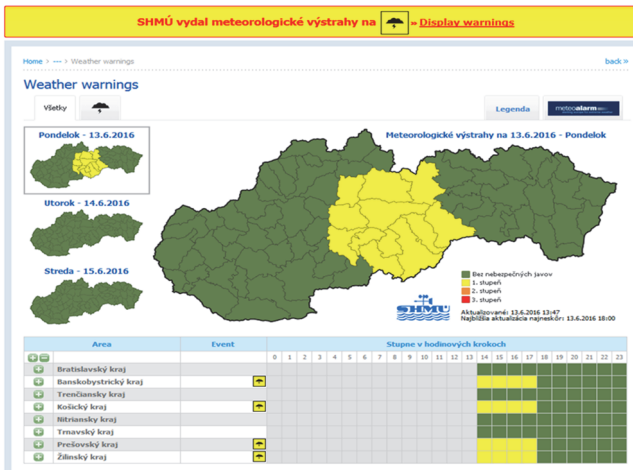
tok és nem a különböző mennyiségi küszöbértékek szerint. Ez valójában még logikus is lenne, de bizonyos ellentmondásban van azzal, hogy a veszélyjelző rendszerünk alapüzene (és a többi elemre meghatározott küszöbértékek is ezt támasztják alá), hogy citrom esetében kevésbé veszélyes, míg narancs és főként piros riasztás esetében kifejezetten veszélyes időjárási eseményre kell számítani, vagyis a többi veszélyes időjárási eseménynél a különböző fokozatokhoz eltérő mennyiségi küszöbértékek vannak rendelve. Ellentmondás fedezhető fel abban is, hogy heves zivatar esetében az egyes fokozatoknál alkalmazott definíció megegyezik a figyelmeztető előrejelzésnél alkalmazott megyei és a riasztásoknál használt járási felbontás esetében is, miközben egy adott zivatargóc feltételezhetően egy megyei nagyságú területen nagyobb valószínűséggel fordul elő, mint egy kisméretű járásban. A heves zivatarok kezelésénél a fenti leírások alapján az sem teljesen szabályozott, hogy milyen jelzést kell kiadnunk, ha egy kisméretű, de nagy károkat okozó szupercella vonulására számítunk. A cella kis mérete miatt ugyanis egy adott helyen kicsi a valószínűsége annak, hogy a cella áthaladjon, de ha ez bekövetkezik, akkor viszont igen komoly károkat okozhat. Megjegyzem, hogy a heves zivatarhoz időnként felhőszakadás is köthető, így ezekre történő riasztás esetén-

ként duplikálásnak látszik. A fenti ellentmondásokra korántsem egyszerű megoldást találni.

Arra, hogy az egyes fokozatok a közvélemény számára is jobban elkülönüljenek, megoldást jelentene, ha a zivatarkra történő riasztás esetében átvinnék az osztrák és német szolgálat gyakorlatát. Ennek lényege, hogy az említett két szolgálat minden zivatart potenciális veszélynek tekint, így az első fokú, citrom riasztást nem csak az általunk definiált heves zivatarral adnak ki, hanem viharos széllel és jégesővel nem jellemzett kevésbé heves zivatarkra is. Ez életvédelmi szempontból tulajdonképpen jogos is, hiszen a zivatarral köthető villám is okozhat bárhol súlyos balesetet. Persze ennek a változtatásnak az lenne a következménye, hogy nálunk is megemelkedne a citrom riasztások aránya. 2015-ben például ez az arány a DWD (Német Meteorológiai Szolgálat) esetében 62% volt, míg az OMSZ-nál 47%. Zárójelben jegyzem meg, hogy szinoptikus szempontból egyszerűbb feladat előrejelezni általában a zivatart, mint a heves zivatart. Ehhez kapcsolódóan meg kell állapítanunk, hogy szakmailag igen magas színvonalú az a módszer, ahogy a veszélyjelző kollégák jelenleg elkülönítik a normál zivatart a heves zivatarok előfordulásától. Amennyiben minden zivatarral kiadnánk a citrom jelzést, akkor több ország gyakorlatát átvéve az első 1/2 órára egy automatikus eljárás beépítésével (például a villám adatok felhasználásával) kiküszöbölhető lenne az, hogy egy hirtelen váratlanul kitörő hevesebb zivatarral késve adjuk ki a riasztást. A narancs és piros riasztást pedig fent lehetne tartani a heves zivatarkra, méghozzá olyan formában, hogy a közepesen heves zivatark a jelenlegi definíció szerint például azok lennének, amelyeknél a legerősebb szélökések többfelé meghaladják a 90 km/h-t vagy a jég átmérője meghaladja a 2 cm-t, erre adhatnánk narancs riasztást. A kifejezetten heves zivatark esetében (a legerősebb szélökések többfelé meghaladják a 110 km/h-t és/vagy a jég átmérője meghaladja a 4–5 cm-t) pedig a piros riasztást lehetne kiadni. A fenti változtatási tervek a veszélyjelző kollégák javaslatainak beépítését követően további alapos átgondolást igényelnek, főként abból a célból, hogy az egyes fokozatok a nagyközönség számára a mostaninál jobban el legyenek különítve. Végezetül szót kell ejtenünk a WMO (Meteorológiai Világszervezet) és az EUMETNET által szorgalmazott ún. „impact based warning” egyre szélesebb körű használatáról. Az „impact based warning” kifejezésen olyan veszélyjelzést értünk, ami figyelembe veszi a meteorológiai jelenségek hatásait is. Az alábbiakban erre látunk néhány példát.

A francia (Météo-France) és a szlovák szolgálat (SHMU) például a nagyobb városokra télen havazás esetében más küszöbértéket használ, mint a vidéki térségekben. Párizsra már 1–2 cm hóesés esetére kiteszik a citrom riasztást, míg a vidéki területeken a citrom riasztás küszöbértéke 5 cm. Szlovákiában Pozsonyt és Kassát emelik ki ilyen szempontból. A Cseh Hidrometeorológiai Szolgálat (CHMI) nagy csapadékokra adott riasztásoknál a hidrológusokkal konzultálva figyelembe veszi, hogy a talaj mennyire telített. Nyilvánvalóan telített talaj esetében már sokkal kisebb csapadékmennyiség károkat okozhat, mint kevésbé telített talajnál. A holland szolgálat





6. ábra: A Szlovák Hidrometeorológiai Intézet (SHMÚ) veszélyjelző oldala

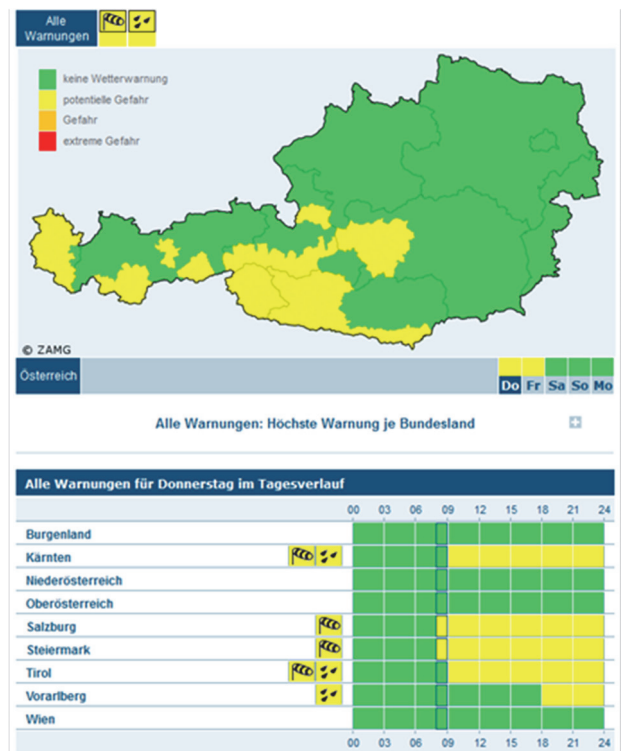


7. ábra: Az olasz meteorológiai szolgálat (ItAF-ReMet) veszélyjelző oldala

(KNMI) egy külön cikkben (Diepeveen et al, 2016.) foglalkozik a témával. Ebben két példát mutatnak be. Az első eset egy olyan rendezvényt kapcsolatos, ahol több mint 60 000 fő tartózkodott egy popfesztivál idején. A rendezvényre különös figyelem hárult, és miután várható volt, hogy a radarképek alapján a térséget heves zivatar fogja érinteni, az ottani katasztrófavédelmi szervvel (Departmental Crisis Centre) konzultálva a rendezvényt is magában foglaló térségre a zivatar átvonulása előtt másfél órával piros riasztást adtak ki. A második esetet úgy mutatják be, mint amikor egy csekély jelentőségű meteorológiai esemény jelentős hatást gyakorol. A meteorológiai esemény egy hózápor volt, amely rövid időre teljesen megbénította Amszterdam forgalmát. A holland szolgálat anyagában kiemelik, hogy piros riasztást mindig a katasztrófavédelmi szervvel konzultálva adnak ki, figyelembe véve, hogy a várt időjárási helyzetnek milyen hatásai lehetnek.

Az „impact based warning” egyre szélesebb körű használatával kapcsolatban egyébként ellenérvek is elhangzanak. A leggyakoribb ellenérv, hogy „a suszter maradjon a kaptafánál”, vagyis a meteorológusoknak nem feladata, hogy a meteorológián kívül egyéb szempontokat is figyelembe vegyen. Gyakran elhangzik az az ellenérv is, ami véleményem szerint általában igaz, hogy a meteorológus gyakran nem rendelkezik megfelelő ismerettel ahhoz, hogy eldönthesse egy időjárási esemény milyen károkat okozhat. Erre példa lehet egy szabadtéri rendezvény, amikor nem ismerjük, hogy az ott felállított sátrak például mennyire vannak rögzítve, és azoknál mekkora szélsébség okozhat balesetet. Ezzel kapcsolatban elég utalunk arra a 10 évvel ezelőtt hazánkban történt tragikus légvár balesetre, amikor a mérések szerint éppen csak erős szél miatt feldőlt egy légvár, és egy 8 éves kisfiú meghalt.

Mindenesetre, amiben feltétlenül érdemes lenne előre lépünk, és a szomszéd országoktól tanulni az az, hogy elsősorban a csapadékhöz köthető küszöbértékeket egy pontos szabályozás mellett a jövőben a fentiekben említett szempontok szerint rugalmasabban kezelhessük. A másik jövőre vonatkozó elképzelés, hogy a holland szolgálatához hasonlóan piros riasztás esetében ne a veszély-



8. ábra: Az osztrák meteorológiai szolgálat (ZAMG) veszélyjelző oldala

jelző egyedüli felelőssége legyen a jelzés kiadása, hanem az ezzel kapcsolatos döntés egy team segítségével szülessen meg, és a döntéshozatalba az esemény jellegétől függően legyenek bevonva a társszervek, mint például a katasztrófavédelem, vízügy, esetleg KÖZÚT vagy az energiaszolgáltatók.

**Irodalom**

Horváth, Á., Geresdi, I., Németh, P. and Dombai, F., 2007: The Constitution Day Storm in Budapest: Case study of the August 20, 2006 Severe Storm. *Időjárás* 111, 41–63.  
 Diepeveen, J., Kroonenberg, F., Nolet, M., Overbeek, B., Sluiter, R. and Wijngaai J., 2016: KNMI's New Warning System 2015: Towards an Impact-Based Warning System, *The European Forecaster* 7, 23–25.



# SZEGEDI VÁROSKLÍMA MÉRŐÁLLOMÁS-HÁLÓZAT ÉS INFORMÁCIÓS RENDSZER

## URBAN CLIMATE MEASUREMENT NETWORK AND INFORMATION SYSTEM IN SZEGED

Unger János, Skarbit Nóra, Gál Tamás

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, Szeged, Egyetem u. 2., unger@geo.u-szeged.hu

**Összefoglalás.** Tanulmányunk bemutatja a 24 elemű szegedi városklíma mérőállomás hálózat és információs rendszert, amely 2014-ben lett kialakítva az URBAN-PATH projekt keretében, párhuzamosan az Újvidéken (Szerbia) kiépített hálózattal, valamint néhány példával szolgál a feldolgozott adatokkal kapcsolatban. Az állomások elhelyezésénél a legfontosabb szempont az volt, hogy azok megfelelően reprezentálják a városban előforduló lokális klímazonákat (LCZ). A hálózat adatai az információs rendszeren keresztül online elérhetők diagramok és térképek formájában. Vizsgálatunk az LCZ-k közötti termikus különbségekre irányul egy egyéves időszak adatbázisának felhasználásával. Emellett a városi hősziget-mintázat dinamikáját is bemutatjuk egy – ideális időjárási feltételekkel jellemzett – éjszakán.

**Abstract.** This study presents the 24-element urban climate measurement network and information system in Szeged which was implemented in 2014 within the framework of URBAN-PATH project together with a similar network in Novi Sad (Serbia) and gives some examples of its processed data. The main aim of station sitting process was to provide that the network represents the different local climate zones (LCZ) in the city. The data of the network are available online through the information system in the form of diagrams and maps. Our present investigation focuses on the thermal differences between the LCZ-s based on a one-year dataset. In addition, the dynamics of the urban heat island pattern is also presented at a night with ideal weather conditions.

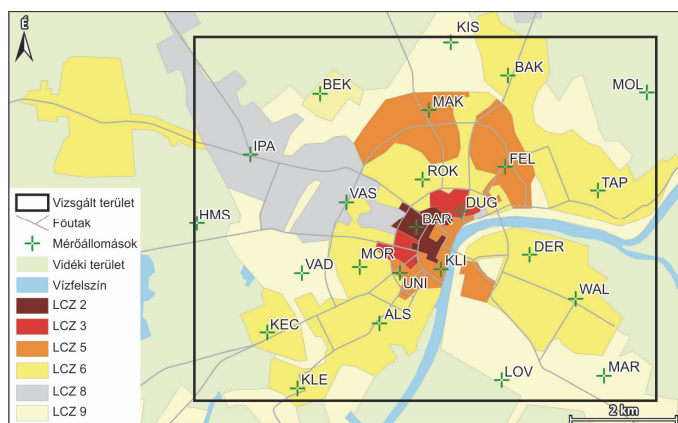
**Bevezetés.** Az URBAN-PATH EU-projekt keretében Szegeden és a szerbiai Újvidék (Novi Sad) városában két, 24 ill. 27 elemből álló városklíma állomás-hálózat és hozzájuk kapcsolódó információs rendszer létesült 2014-ben, amely folyamatosan regisztrálja a léghőmérséklet (T) és légnedvesség (RH) értékeit és az interneten online módon – feldolgozott formában (térképek, grafikonok) – meg is jeleníti őket (URBAN-PATH Project, 2014; Unger et al., 2014, 2015). A két rendszer összefügg és felépítésük alapvetően hasonló, ezért csak a szegedi ismertetésére térünk ki.

legyen; (2) egy adott LCZ-ben a számuk közel arányos legyen a zóna területével; (3) a hely a zóna szélétől megfelelő távolságra legyen (legalább 2–300 m); (4) a kiválasztott állomás-konfiguráció megfelelően adja vissza azt az átlagos hősziget ( $\Delta T$ ) mintázatot, amit a Balázs et al. (2009) által kifejlesztett empirikus modell generál; (5) a hely mikro környezetének elemei reprezentatívak legyenek az adott zónára nézve; (6) a hely biztonságos (rongálás, lopás elkerülése) és alkalmas legyen a mérőeszköz rögzítésére, árammal való ellátására.

A szempontok közül az utolsó (6) praktikus kérdéseket vetett fel. Városi környezetben adódik a lehetőség, hogy a közvilágítás kandelábereit vagy a villanyoszlopokat alkalmazzuk erre a célra. Az áramellátás ezeken a helyeken adott, és 4 m magasan elhelyezve, a rongálásoktól is viszonylag védettek lesznek a műszerek. Noha a szabványos műszermagasság 2 m, azonban az utca(kanyonban) a levegő jól elkeveredett, így a 4 m-en mért értékek megfelelően reprezentálják az utcaszintű (1,5–2 m) értékeket (Nakamura and Oke, 1988). A külterületi állomásokat természetesen 2 m magasan helyeztük el (Unger et al., 2015).

Az állomások pontos helyeit terepbejárásokat követően véglegesítettük, melyek során számos, nem klimatológiai jellegű probléma adódott (pl. nem voltak villanyoszlopok a kiszemelt környéken). A fenti szempontok lehetőség szerinti figyelembevételével – amiket nem mindig sikerült maradéktalanul teljesíteni az említett problémák miatt – 21 állomás került a hat beépített jellegű zóna területére (LCZ 2, 3, 5, 6, 8 és 9), valamint kettő a nem városias jellegű LCZ D-be (HMS, MOL – 1. ábra).

A hálózathoz adatokat szolgáltat az OMSZ által üzemeltetett két állomás is. A hivatalos szegedi állomás, amelynek műszerkörtjében van a hálózat HMS egysége, globálsugárzás (G) és szélesség (v) adatokkal járul hozzá a rendszerhez. A másik, az egyetemen lévő OMSZ állomás a hálózat UNI állomásaként a 24. egységet jelen-



1. ábra: Az URBAN-PATH állomáshálózat elemeinek elhelyezkedése és az LCZ típusok területi eloszlása Szegeden és környékén (Skarbit et al., 2017)

**A hálózat kialakítása.** Városi mérőhálózat telepítése a felszín nagyfokú összetettsége és változatossága miatt nem egy egyszerű és egyértelmű feladat. Jelen esetben az állomások elhelyezésének/felszerelésének szempontjait a következőkben lehet összefoglalni (1. ábra, Lelovics et al., 2014): (1) a vizsgált területen előforduló hét lokális klímazona (LCZ – Stewart and Oke, 2012) képviselve





2. ábra: Példák a különböző LCZ-k területén elhelyezett állomások környezetének látképére és légifotójára (a sárga körök sugara 250 m)

tí (1. ábra). Így, a beépített jellegű LCZ-kben lévő 22 állomás szám szerinti megoszlása a következő:

- LCZ 2, kompakt-közepes (0,63 km<sup>2</sup>) – 1 állomás
- LCZ 3, kompakt-alacsony (0,67 km<sup>2</sup>) – 1 állomás
- LCZ 5, nyitott-közepes (4,35 km<sup>2</sup>) – 4 állomás
- LCZ 6, nyitott-alacsony (19,63 km<sup>2</sup>) – 10 állomás
- LCZ 8 könnyűszerkezetű-alacsony (5,91 km<sup>2</sup>) – 2 állomás
- LCZ 9, alig beépített (15,32 km<sup>2</sup>) – 4 állomás

A 2. ábra néhány állomás mikro- és tágabb környezetét szemlélteti egy-egy utcaszinti fénykép, ill. légi fotó segítségével. Ezen állomások 250 m sugarú környezetének felszínére vonatkozó (meta-)adatokat az 1. táblázat foglalja össze (Skarbit et al., 2017).

**Mérőeszközök és elhelyezésük.** Az oszlopokra 4 m magasan – 60 cm-re kinyúló konzolra – rögzítve egy fehér, üvegszálas anyagból készült sugárvédő ernyővel ellátott Sensirion SHT25 szenzor szolgáltatja a mérési adatokat (T, RH) (3. ábra). A szenzor pontossága 10–60 °C között 0,2 °C (T) ill. 10–90% között 1,8% (RH). A

konzol tövében két doboz található, a felsőben van a vezérlő elektronika, az adatgyűjtő kártya (microSD), a GPRS/EDGE/3G modem, valamint az akkumulátor és a töltő. Az alsó doboz kiegészítő része a mérőállomásnak, a benne elhelyezett kismegszakítóra csak az elektromos hálózathoz történő szabványos csatlakozás miatt van szükség. Három mérőállomás (HMS, MOL, UNI) nem közvetlenül az áramszolgáltató hálózatára csatlakozik, hanem egyedi úton került megoldásra az áramellátásuk, így esetükben hiányzik a lenti doboz (Unger et al., 2015). Az akkumulátorokra azért van szükség, mert a műszerek egy része (8 db) közvilágítási kandeláberre került, amelyek áramellátását a nappali órákban központilag lekapcsolják. Az állomások – a központi szerver által rendszeresen szinkronizált – rendszerideje UTC. Percenként mérik a paramétereket és mobilinternet kapcsolatán keresztül 10 percenként küldik az adatokat a szervernek, bizonyos kiegészítő információkkal (töltöttségi szint, dobozon belüli hőmérséklet, a szenzor állapota) együtt. Ha valamiért megszakad a kapcsolat, akkor az állomás később ismételt megkísérli az adattovábbítást (addig, míg az





3. ábra: Néhány példa a mérőállomások elhelyezésére  
(a) acél és (b) beton kandelláberen, illetve  
(c) beton és (d) fa villanyoszlopon

eredményes nem lesz). Ha a töltöttségi szint alacsony, akkor – energiatakarékosság céljából – az állomás megnöveli az adattovábbítások közötti időt vagy fel is függeszti azt annak érdekében, hogy a mérések zavartalanul folytathassanak.

**Az adatok online megjelenítés hátttere.** A beérkező adatok a [www.urban-path.hu](http://www.urban-path.hu) honlapon diagramok és térképek formájában megtekinthetők, amit egy összetett automatizált rendszer biztosít (Unger et al., 2015). A beérkező adatokat (T, RH) egy Python nyelvű szkript fogadja. Az első lépés a T és RH értékek alapján a gőznyomás (e) és a harmatpont ( $T_d$ ) kiszámítása. Ezt követően az összes adatot a program naponta és állomásonként külön-külön szöveges állományban tárolja, azért, hogy a nyers adatokról még a szerver meghibásodása esetén is legyen egy könnyen megmenthető biztonsági másolat. Ezzel párhuzamosan az adatok egy MQL adatbázisba is bekerülnek, amelyben a további számítások és az online felület számára sokkal gyorsabban és könnyebben elérhető. A feldolgozás az adatok megérkezését követően azonnal megindul egy Java nyelvű program segítségével, mely először a két OMSZ állomás adatait (T, RH, G, v) az SZTE Éghajlattani Tanszékén működő másik szerverről ftp kapcsolaton keresztül átmásolja. Ezután kiszámítja a 10 perces átlagokat és tárolja ezeket a MySQL adatbázisban. Amennyiben az adott időpont egész órára esik,

1. táblázat: A 2. ábrán szereplő állomások 250 m-es környezetének meta-adatai (SVF: égboltláthatóság; HRE: érdekességi elemek magassága; BSF: épület alapterület arány; ISF: vízzáró felszín arány; PSF: vízáteresztő felszín arány)

LCZ	Állomás-név	SVF	HRE (m)	BSF (%)	PSF (%)	ISF (%)
2	BAR	0,6	13	36	12	52
3	DUG	0,7	10	31	17	52
5	MAK	0,8	19	10	51	39
5	KLI	0,8	18	19	49	32
5	FEL	0,7	19	15	31	54
6	WAL	0,9	7	16	37	47
8	IPA	0,9	5	12	40	48
9	KIS	0,9	5	5	78	17
D	HMS	0,9	0	0	99	1

2. táblázat: A vizsgálatban alkalmazott hőmérsékleti indexek. A definíciókban a min, max és átlag a napi minimumra, maximumra és középhőmérsékletre; a 21h és 0h a 21 és 0 óra helyi időkor mért hőmérsékletre utal.

	Index	Definíció
Hideg indexek	Fagyos nap	$T_{\min} < 0\text{ °C}$
	Hideg nap	$T_{\text{átlag}} < 0\text{ °C}$
	Téli nap	$T_{\max} < 0\text{ °C}$
	Fűtési nap	$T_{\text{átlag}} < 12\text{ °C}$
Meleg indexek	Meleg nap	$T_{\text{átlag}} > 20\text{ °C}$
	Nyári nap	$T_{\max} > 25\text{ °C}$
	Forró nap	$T_{\max} > 30\text{ °C}$
	Sörkerti nap	$T_{21h} > 20\text{ °C}$
	Trópusi éjszaka	$T_{0h} > 20\text{ °C}$

akkor az órás átlag, ha éjfélre, akkor a napi átlag is kiszámításra kerül és ugyanúgy a MySQL adattáblába rögzítődik. A rendszer egy neurális hálózat segítségével kiszámítja a humán komfortot jellemző PET (*Physiologically Equivalent Temperature*) index értékeit (Höppe, 1999) a 10 perces átlagos T, RH, G és v adatok alapján, majd ezeket is a MySQL adatbázisban tárolja.

A feldolgozó rendszer az adatok térbeli lineáris interpolációját is elvégzi egy 500 m oldalhosszúságú rácstra, felhasználva az állomások koordinátáit is. Az interpoláció egyértelműsége érdekében a mintaterület négy sarokpontjához a legközelebbi külterületi állomás mérési adatait rendeltük hozzá. Az elkészült mezők tíz percenként egy NetCDF formátumú bináris állományba kerülnek, amelyből a későbbiekben bármely időpontra vonatkozóan bármely paraméter eloszlásának térképe kirajzolható. Az online felület egy PHP nyelven elkészített interaktív honlap. Ezen a weboldalon a monitoring rendszerrel kapcsolatos információk mellett a folyamatosan frissülő diagramok és térképek jelentik a lényegi tartalmat. A projekt honlapján a Monitoring Rendszer menüpont alatt érhető el a mérési adatok. A rendszer alapértelmezett megjelenítése két mérőállomás (BAR, MOL) diagramja a megnyitás időpontját megelőző 48 órára vonatkozóan. Azonban a felhasználó ezt módosíthatja, attól függően, hogy mely állomások melyik időszakra vonatkozó melyik paraméterét szeretné megtekinteni. A választás alap-



ján a rendszer kigyűjti a kívánt adatokat a MySQL adatbázisból, majd megrajzolja a diagramot egy PHP program segítségével.

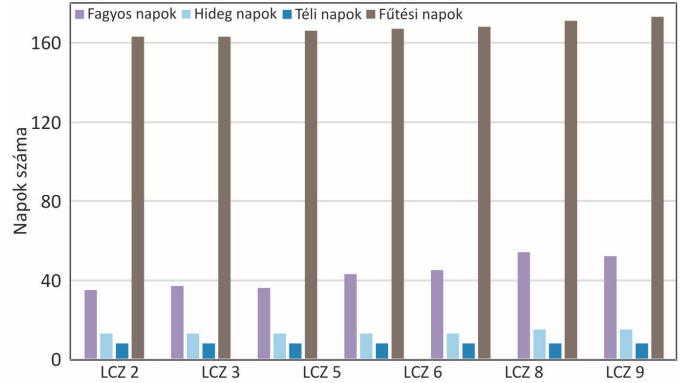
A térképek kirajzolása hasonlóan történik, azonban a folyamat háttere némileg eltérő. Ez esetben az választható ki, hogy mely időpontra vonatkozóan melyik paramétert kívánja a felhasználó megtekinteni. A választott időpont és paraméter ismeretében a honlap lefuttat egy GrADS nyelvű szkriptet, amellyel elkészül egy térkép, ami tartalmazza a NetCDF állományból származó 10 perces mezőt, jelmagyarázatot és alaptérképet is. Ez egy képfájlként kerül tárolásra és a honlap ezt jeleníti meg. Ha egy adott időpontra korábban már készült térkép, akkor ezt a képfájlt tárolja a szerver, így a honlap azonnal meg tudja jeleníteni és nem futtatja újra a térképrajzolást.

A honlapoknál rendkívül fontos információ, hogy mekkora látogatottsággal rendelkeznek. A Google Analytics szolgáltatás alapján a látogatók száma átlagosan 60–150 naponta, és a működés kezdete óta (2014 júniusától 2016 októberéig) összesen több mint 80,000 a világ 133 országából.

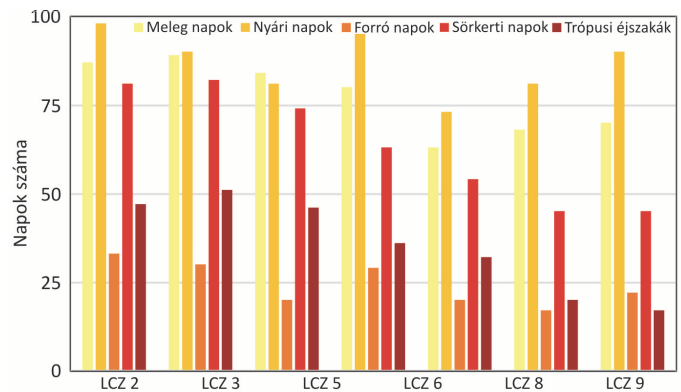
**A hálózat adatsorainak kiértékelése: példák a lokális klímazónák termikus különbségeire. Napi hőmérsékleti indexek lokális klímazónák közötti eltérése.** Elemzésünk során 4 hideg és 5 meleg körülményeket kifejező hőmérsékleti index LCZ-k szerinti eltéréseit vizsgáljuk (2. táblázat). Ezek az indexek azoknak a napoknak a számát adják meg, amelyek egy bizonyos hőmérsékleti határ alatt, illetve felett vannak egy meghatározott időszakban. A hideg hőmérsékleti indexek esetében (4. ábra) a tendencia egyértelmű. A beépített klímazónáktól a természetes felszín felé haladva a napok száma nő, azaz az LCZ 9 és D esetében több napot találunk, mint LCZ 2 vagy 3-ban. A legnagyobb különbség a fagyos napok esetében van, ahol 17 nap az eltérés LCZ 2 és LCZ D között. A hideg napokat nézve már nem találunk ekkora különbséget, az eltérés a sűrűn beépített zónák és a természetes felszín között csupán 2 nap, míg a téli napok esetében nincs különbség. A fűtési napok tekintetében a különbség ismét jelentősebb, a legnagyobb eltérés 13 nap. Ha a meleg hőmérsékleti indexeket tekintjük (5. ábra), a legnagyobb eltérés a sörkerti napok és a trópusi éjszakák esetében van. Ezen indexeknél a tendencia a hideg indexek esetében látottal ellentétes, azaz a napok száma a kompaktabb zónákban több, a legnagyobb értéket LCZ 3-ban találhatjuk. A meleg napok száma szintén itt a legtöbb, majd csökken a napok száma a kevésbé beépített felszín felé haladva, ugyanakkor a tendencia nem teljesen egyértelmű. Ez elmondható a nyári és forró napokról is, ahol LCZ 6 és D esetében is kiugrás figyelhető meg.

**A lokális klímazónák hőmérsékleti eltérései a HMS külterületi állomástól.** A 6. ábra az éjszakai, HMS állomástól számított, maximális hőmérséklet különbségek évi és évszakos átlagát mutatja be az egyes LCZ-kre vonatkozóan. Elmondható, hogy a legnagyobb különbségek nyáron és tavasszal fordulnak elő, míg a legkisebbek ősszel és télen. A zónák közötti eltérések

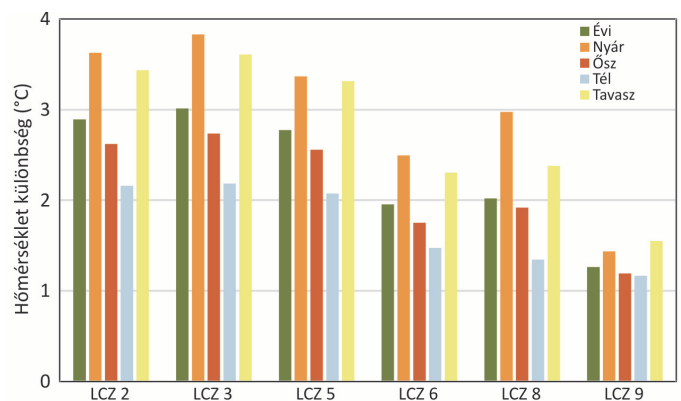
nagysága is ezt a sorrendet követi, azaz nyáron a legnagyobb a különbség köztük (2,4 °C), míg télen lényegesen kisebb (1 °C). Az évi átlagok a tavaszi és őszi értékek között helyezkednek el mindegyik zóna esetében. Valamennyi időszakban az LCZ 3 rendelkezik a legnagyobb értékekkel, ahol az átlagos nyári hőmérséklet különbség majdnem eléri a 4 °C-ot, míg a legkisebb különbségek az LCZ 9-ben vannak, ahol a téli átlagérték alig haladja meg az 1 °C-ot.



4. ábra: A hideg hőmérsékleti indexek átlagos száma az egyes lokális klímazónákban Szegeden (2014. június – 2015. május)



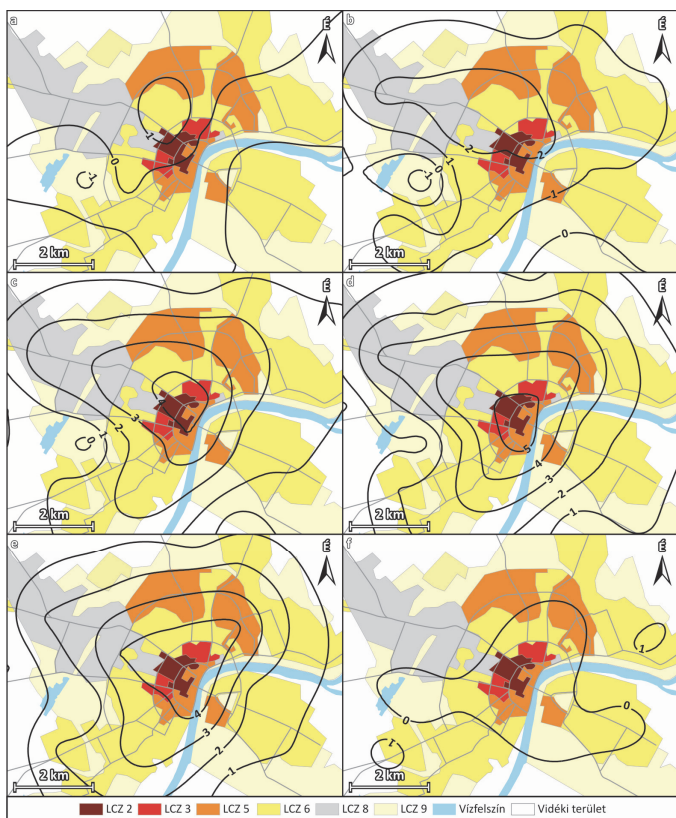
5. ábra: A meleg hőmérsékleti indexek átlagos száma az egyes lokális klímazónákban Szegeden (2014. június – 2015. május)



6. ábra: A HMS külterületi állomástól számított maximális hőmérséklet különbségek évi és évszakos átlaga az egyes lokális klímazónákban Szegeden (2014. június – 2015. május)

**Az éjszakai hősziget-mintázat dinamikája és kapcsolata a lokális klímazónák térbeli szerkezetével egy ideális napon.** Az egyes városrészek, így az LCZ-k felmelege-

dési és lehülési képességét a megelőző időszakban és az adott időpontban uralkodó meteorológiai viszonyok és a város szerkezeti, felszínborítottsági, stb. jellegzetességei együttesen határozzák meg. Ezért a hősziget térbeli és időbeli kifejlődése szemléletesen bemutatható extrém erősségű mintázatokat ábrázoló termikus térképek időbeli sorozatával, melyeknek háttérben az LCZ-k területi eloszlását is feltüntetjük. Ez a több rétegű információ-ábrázolás feltárja a térbeli összefüggést a hősziget-mintázat izotermái és a lokális klímazónák között. Ehhez a mérőhálózat mind a 24 állomásának adatait felhasználva a hősziget-képződés szempontjából jellegzetes időpontok mintázatait ábrázoltuk, napnyugta előtt 2 órától napnyugta után 14 óráig. Példaként egy nyugodt és szélcsendes éjszakai (2014.08.29.) helyzetet elemzünk (7. ábra).



7. ábra: A városi hősziget mintázatának (°C) időbeli alakulása napnyugta–2 órától napnyugta+14 óráig egy ideális napon (Szeged, 2014.08.29–30.): a – napnyugta–2h; b – napnyugta; c – napnyugta+2h; d – napnyugta+6h; e – napnyugta+10h; f – napnyugta+14h (napnyugta = 19:24; napkelte = 05:56)

A kezdeti időpontban a hőmérséklet területi eloszlása meglehetősen homogén (7a. ábra), az egyes zónák közötti különbség kisebb, mint 1 °C. Napnyugtakor azonban kialakul a jellegzetes hősziget alakzat, ugyanis a város leginkább beépített területei 1–2,5 °C-kal melegebbek, mint a vidéki és ritkán beépített területek (7b. ábra). Napnyugta után 2 órára a hősziget tovább fejlődik (7c. ábra), a legnagyobb intenzitás (> 4 °C) a központi

zónákra jellemző (LCZ 2, 3 és 6). Kiterjedt területek a város keleti és déli részén (LCZ 6 és 9) hűvösebbek maradnak, míg a nyugati részek melegebb izotermái körbeveszik LCZ 8 ipari területeit. Szembetűnő a vidéki területről beáramló hűvösebb levegő hatása a ritkán beépített nyugati részre (LCZ 9), amely VAS állomásnál vehető észre (lásd 1. ábra). A hősziget a legerősebb intenzitását (> 5 °C) napnyugta után 6 órával éri el (LCZ 2, 3, és 5 – 7d. ábra). Végül 10 órával napnyugta után az erőssége kissé csökken, de a beépített területek (LCZ 2, 3 és 5) még mindig 4,5 °C-kal melegebbek maradnak, mint a vidék (7e. ábra). Napnyugta után 14 órával (azaz kb. 3,5 órával napkelte után) a város és vidék közötti termikus különbség kiegyenlítődik (–0,5 és +0,5 °C között – 7f. ábra).

**Köszönetnyilvánítás.** A tanulmány összeállítását az NKFIH (K-111768 és K-120346), valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-IKT/147-1787/8/2016-ÖSZT-114 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta.

## Irodalom

- Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümegehy, Z., Geiger, J. and Szegedi, S., 2009: Simulation of the mean urban heat island using 2D surface parameters: empirical modeling, verification and extension. *Meteorological Applications* 16, 275–287.
- Höppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. Journal of Biometeorology* 43, 71–75.
- Lelovics, E., Unger, J., Gál, T. and Gál, C.V., 2014: Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. *Climate Research* 60, 51–62.
- Nakamura, Y. and Oke, T.R., 1988: Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon. *Atmospheric Environment* 22, 2691–2700.
- Skarbit, N., Stewart, I.D., Unger, J. and Gál, T., 2017: Using an urban meteorological network to monitor temperature conditions in the ‘local climate zones’ of a Hungarian city. *Int. Journal of Climatology* 37(S1), 582–596.
- Stewart, I.D. and Oke, T.R., 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bull. American Meteorological Society* 93, 1879–1900.
- Unger, J., Savić, S., Gál, T. and Milošević, D., 2014: Urban climate and monitoring network system in Central European cities. Novi Sad (ISBN: 987-86-7031-341-5), pp.101
- Unger, J., Gál, T., Csépe, Z., Lelovics, E. and Gulyás, Á., 2015: Development, data processing and preliminary results of an urban human comfort monitoring and information system. *Időjárás* 119, 337–354.
- URBAN-PATH Project, 2014: Evaluations and Public Display of Urban Patterns of Human Thermal Conditions. <http://urban-path.hu/>

# KÜLÖNBÖZŐ IDŐSOR-ELEMZÉSI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA EGY METEOROLÓGIAI ADATSORON

## COMPARISON OF DIFFERENT TIME SERIES' ANALYSIS EXAMINATIONS ON A METEOROLOGICAL DATA SERIES

Kocsis Tímea<sup>1</sup>, Töröcsvári Zsolt<sup>1</sup>, Anda Angéla<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Budapesti Gazdasági Egyetem Kereskedelmi, Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Kar Módszertani Intézeti Tanszéki Osztály, 1054 Budapest Alkotmány u. 9–11., [jakuschnekocsis.timea@uni-bge.hu](mailto:jakuschnekocsis.timea@uni-bge.hu); [torocsvari.zsolt@uni-bge.hu](mailto:torocsvari.zsolt@uni-bge.hu)

<sup>2</sup>Pannon Egyetem Georgikon Kar Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék 8360 Keszthely Fesztetics u. 7., [anda-a@georgikon.hu](mailto:anda-a@georgikon.hu)

**Összefoglalás.** Keszthelyen a meteorológiai mérések igen hosszú múltra tekintenek vissza. 1871 óta folyamatos a meteorológiai elemek megfigyelése, mérése. A meteorológiai megfigyelések során a meteorológiai állomás kevés alkalommal költözött, és mivel kisvárosról van szó, a költözés távolságban sem volt jelentős. Ennek a városnak 1871-től 2014-ig terjedő havi bontású csapadék-adatsorait használtuk fel vizsgálatunkban. Különböző típusú idősor-elemzési vizsgálatokat végeztünk annak érdekében, hogy megállapítsuk, melyik típusú elemzési elv írja le legpontosabban az adatsorok alakulását. A gazdaságtudományi képzésben oktatott idősor-elemzési módszereket felhasználva teszteltünk az additív és multiplikatív analitikus trendszámítási modelleket lineáris trend, exponenciális trend és hatványkitevős trend segítségével, valamint a szezonális meghatározásával, és kerestük a legjobb illeszkedő függvényt. Az elemzés statisztikai módszertani vonatkozásai mellett a csapadékmennyiség változásában kimutatható tendenciákat is értelmeztük, és azt találtuk, hogy a lineáris trend írja le legpontosabban az adatok alakulását, és csak a tavaszi évszakban és a havi összegek elemzése során áprilisban és októberben mutatható ki szignifikáns csapadécsökkenés.

**Abstract.** Meteorological observations at Keszthely have long historical background. Observations and measurements of the meteorological elements are continuous from 1871. The position of the meteorological observatory has changed few times and as Keszthely is a small town, these changes don't mean much of distance. Monthly precipitation sums measured at this station were used in this research. Several methods for analysis of time-series were applied to determine which method is the best fitting to the data base. Methods for analysis of time-series taught in the field of economic studies were tested: analytical trends as linear-, exponential- and power trend in additive and multiplicative context with estimation of seasonality. Beside the statistical methodology concept, changes in precipitation were examined. Linear trend was the best fitting trend function for all time-series and it can be concluded that in spring and among the months April and October show significant decreasing tendencies at 5% significance level.

**Bevezetés és irodalmi áttekintés.** A klímaváltozás egyike azoknak az égető problémáknak, amikkel a 21. században az emberi társadalom szembesülni kényszerül, és hatásaival számolnia kell. Az IPCC (2013) Ötödik Helyzetértékelő Jelentése szerint 95%-os valószínűséggel az emberi tevékenység meghatározó szerepet játszott az éghajlati rendszer jelenleg zajló változásában. Ez a változás a Föld minden területén éreztetni fogja hatását. Ez alól az Európa szívében fekvő Kárpát-medence sem lesz kivétel. Ez a térség egyike a legsérülékenyebb és egyben legkevésbé megértett régióknak. Esetenként a klímamodellek által szolgáltatott szimulációs vizsgálatok egymással ellentmondó nagyságú és irányú változásokat jósolnak erre a területre vonatkozóan. A számítógépes modell-szimulációk mellett érdekes felvetést ad *Prista et al.* (2015). A szerzők földtörténeti analógiákat kerestek a várható megváltozott éghajlati feltételekre, és az IPCC forgatókönyveknek megfelelően a pliocén egy melegebb időszakát jelölték meg, mint az Európában várható melegebb éghajlat analógiáját.

A klímaváltozás egyik hatása a hidrológiai ciklus módosulása lehet. Az IPCC (2013) Ötödik Helyzetértékelő Jelentése szerint 1901 óta nőtt a lehullott csapadék mennyisége az északi félteke közepes földrajzi szélességű szárazföldi területein (közepes megbízhatósággal megadott érték). Ugyanezekben a területeken számban és intenzitásban is megszorodtak a nagycsapadékú események (90%-os megbízhatóság mellett) a jelentésben fog-

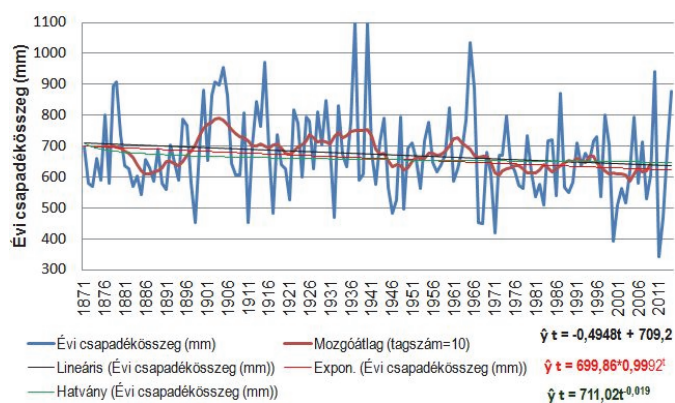
laltak szerint. Ez a tavak vízháztartását, mint a vízmérleg egyik fontos bevételi tagja (a másik alapvető meghatározó mérleg-bevételi tag maga a csapadék), jelentősen befolyásolhatja. *Olichwer and Tarka* (2015) Lengyelországban vizsgálták a lefolyás változását a klímaváltozás hatására, és azt találták, hogy nem mutatható ki szignifikáns változás a le- és elfolyás összegében, de csökkenés mutatható ki a felszín alatti elfolyásban, és a csökkenő mennyiségű elfolyással párhuzamosan növekedés várható a felszín feletti lefolyás mértékében. A hidrológiai ciklus módosulása jelentősen befolyásolhatja a sérülékeny területek, mint például a Balaton vízmérlegét.

A klímaváltozás Kárpát-medencére gyakorolt hatásainak előrejelzésére *Bartholy et al.* (2004) dolgozott ki megfelelő felbontású sztochasztikus-dinamikus regionális klímamodelleket, amik az ECHAM/GCM nagytérségi modellek eredményeinek leskálázásával adnak előrejelzést a Balaton Sió-csatorna vízgyűjtőterületre vonatkozóan. *Bartholy et al.* (2005) szerint a csapadékmennyiség 25-35%-os csökkenése várható a nyári félévben, és 0-10%-os csökkenés jelezhető előre a téli félévben a vízgyűjtőterületen.

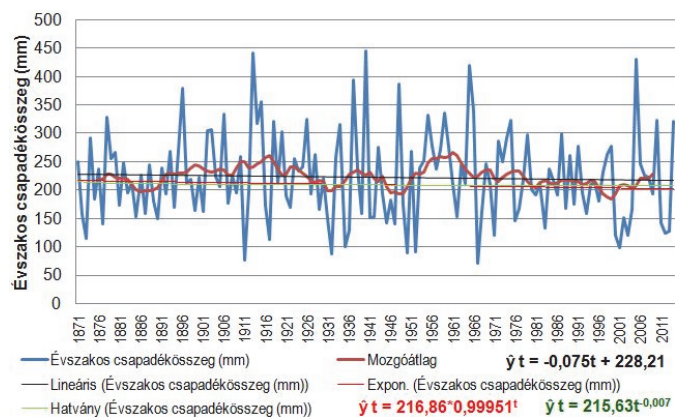
A Kárpát-medence térségére regionális klímamodellek segítségével készültek előrejelzések az A2 és B2 globális kibocsátási scenáriók felhasználásával (IPCC, 2007). Az eredmények alapján 2,5–4,8 °C mértékű hőmérséklet-emelkedés várható minden évszakban, mindkét scenárió szerint (*Bartholy et al.*, 2007). 20–33%-os csapadék-



csökkenés várható a nyári félévben. Ugyanakkor nagy bizonytalanság jellemzi az előrejelzést a téli időszakra (Bartholy et al., 2007). A korábban hivatkozott eredményekkel egybecsengenek a szerzők PRUDENCE Projektben kimutatott későbbi eredményei is (Bartholy et al., 2009). Ezeket a megállapításokat szintén megerősítik Bartholy et al. (2008) és az Országos Meteorológiai Szolgálat (2010) kutatásai további modell szimulációk alapján. Az ENSEMBLES projekt eredményei szerint télen és ősszel a csapadékmennyiség növekedése várható hazánkban, míg nyáron erős csökkenés, miközben az évi csapadékösszeg nem fog változni szignifikánsan (Pongrácz et al., 2011). A várható tendenciákat Kis et al. (2014) vizsgálatai is megerősítik, ami szerint nyáron



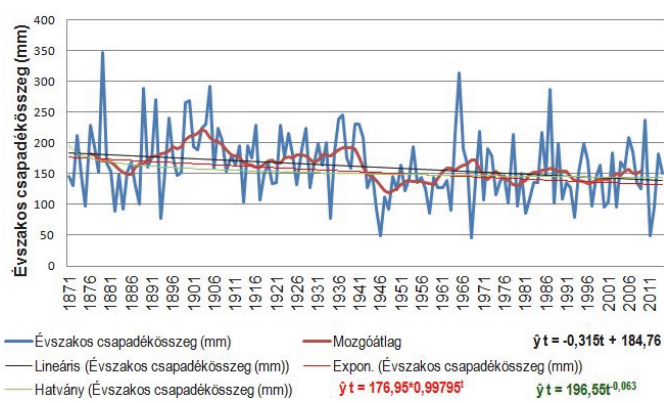
1. ábra: Keszthely évi csapadékösszegének tendenciái (1871–2014)



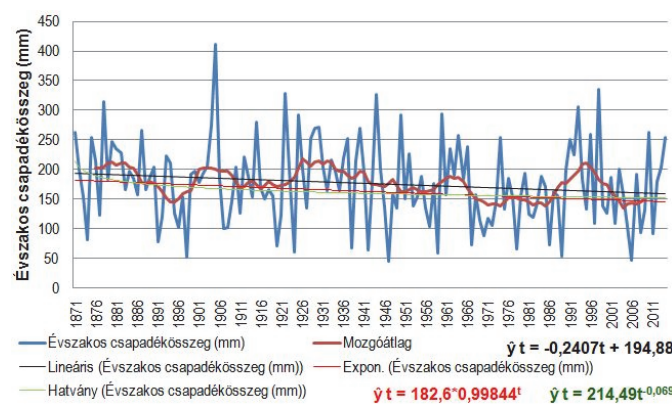
3. ábra: Nyári csapadékösszegek alakulása és tendenciái 1871 és 2014 között

szárazabb, télen csapadékosabb időjárásra számíthatunk. Pongrácz et al. (2014) szerint az aszály gyakorisága szignifikánsan nőni fog a 21. század végére. Bartholy et al. (2015) a csapadék-indexek elemzése során azt tapasztalta, hogy az extrém csapadékmennyiséggel járó események száma nőni fog Közép-Európában, kivéve a nyári időszakot, amikor ezek csökkenő száma lesz jellemző. Szalai et al. (2005) vizsgálatai szerint az évi csapadékmennyiség 11%-kal csökkent 1901 és 2004 között hazánkban. A legnagyobb csökkenés a tavaszi hónapokban volt kimutatható, 25% ugyanabban az időszakban. Bodri (2004) szerint hazánkban lassú csapadékcsökkenés figyelhető meg a 20. század során a változékonyság erős növekedésével párhuzamosan. Magyarország csapadékösszegének várhatóan a mediterrán területekkel fog ha-

sonlóságot mutatni. Hazánk vízmérlege hiányt mutat. Lakatos és Bihari (2011) szerint 1901 és 2009 között a legintenzívebb csapadékcsökkenés tavasszal következett be hazánkban, közel 20%. Bartholy and Pongrácz (2007, 2010) számos csapadék extrém-index elemzése során kimutatta, hogy a múlt század második felében megszáporodtak és intenzívebbé váltak ezek az események a Kárpát-medence térségében. A legszélsőségesebb csapadékesemények a nyári hónapokban fordultak elő (Bartholy and Pongrácz, 2005). Vizsgálatainkkal nem áll szándékunkban megkérdőjelezni a globális klímaváltozás, a hőmérséklet-emelkedés vagy a csapadék-csökkenés tényét. Elemzésünk célja többérté. Egyrésztől szeretnénk rávilágítani az idősor-



2. ábra: A tavaszi csapadékösszegek alakulása és tendenciái 1871–2014 között

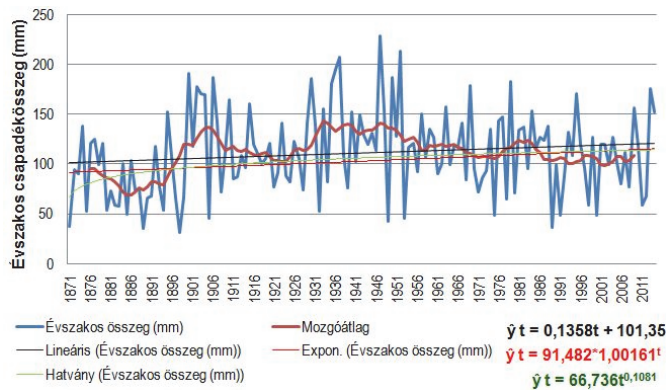


4. ábra Az őszi csapadékösszegek tendenciái Keszthelyen 1871–2014 között

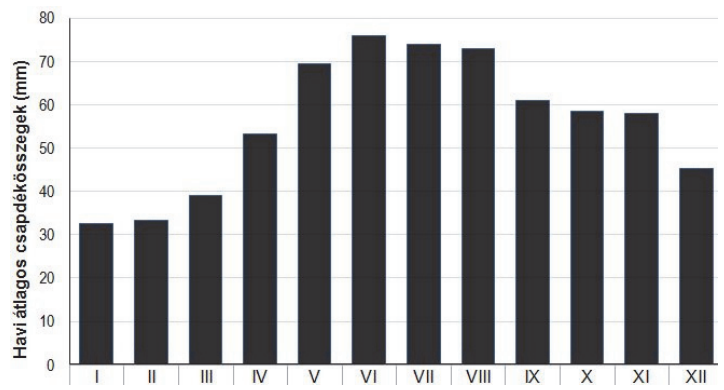
elemzéssel kapcsolatos néhány statisztikai módszertani vonatkozására. A másik célja a tanulmánynak, hogy bemutassa, hogy annak a területnek a szívében, ahol a nagytérségi trendek a legintenzívebb csapadékcsökkenést jelzik (Dunántúl; Lakatos és Bihari, 2011), van egy olyan kis terület, ahol ezek a törvényszerűségek nem érvényesülnek. Mikroklímájának és a földrajzi helyzetének köszönhetően Keszthely „kakukktójsának” tűnik. Keszthely azért is számíthat kitüntetett figyelemre a hazai meteorológiai állomások között, mert több mint 144 éve folyamatosan végeznek itt méréseket, ami lehetővé teszi egy kivételesen hosszú idősor elemzését. Számításainkhoz a hagyományosan alkalmazott, legelterjedtebb és legkönnyebben értelmezhető idősor-elemzési módszereket használtuk, bár tisztában vagyunk ezek hibájával is, hogy

jelentősen leegyszerűsítik a probléma megoldását. A meteorológiai elemek mennyiségeinek időbeli alakulása igen ritkán írható le ezekkel a tendenciákkal megbízhatóan.

**Felhasznált adatok és elemzési módszerek.** Vizsgálatainkban a Keszthelyen mért havi csapadékösszegeket használtuk fel 1871 és 2014 közötti időszakra vonatkozóan. Ezek az 1871 óta minimális megszakításokkal folyó mérések szorosan kötődnek a régi Georgikon Mezőgazdasági Akadémiához és utódintézményeihez. Az adatbázist a Pannon Egyetem Georgikon Kar Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszéke gondozza, és bocsátotta rendelkezésünkre. Ez az adatsor azért tekinthető különlegesnek, mert kevés meteorológiai állomás büszkélkedhet hazánkban ilyen hosszú, több mint 140 éves adatsorral, aminek történeti háttere is részletesen feltárásra került (Kocsis és Anda, 2006).



5. ábra: A téli évszak csapadékösszegeinek alakulása (1871–2014)



6. ábra: Havi átlagos csapadékmennyiségek Keszthelyen (1871–2014)

A csapadékmennyiségek adatsorait többféle felbontásban determinisztikus idősor-elemzési módszerekkel vizsgáltuk. Az analitikus trendek számításához háromféle bontást alkalmaztunk: évi csapadékösszegek elemzése, évszakos összegek (meteorológiában szokásos bontásban) és havi összegek elemzése. Így minden adatsor 144 elemből állt. Háromféle analitikus trendszámítási módszerrel használtunk: lineáris-, exponenciális- és hatványkitevős trendfüggvény illesztése. A függvények illesztése (paraméterek számítása) érdekében a 0 mm csapadékosszegű hónapok esetében (két esetben fordult elő az adatbázisban) a havi csapadékösszeg értékét 0,01 mm-re cseréltük, ami a csapadékmérés pontosságát szempontjából nézve 0 mm-nek tekinthető, de lehetővé teszi az exponenciális trend paramétereinek számítását.

Dekompozíciós idősor-elemzés segítségével vizsgáltuk, hogy az alaptendencia mellett milyen típusú szezonális írája le legjobban az idősort. Ehhez az összes havi adat egyesített idősorát használtuk, ami 1728 elemből állt. Kiszámítottuk, hogy melyik típusú trend és az azt befolyásoló szezonhatás additív (szezonális eltérés) vagy multiplikatív (szezonindex) módon illeszthető-e legjobban az adatokra. A korrigált szezonális eltérések és a szezonindexek számításánál követtük Korpás (1997) leírását.

Az idősorokban feltételezett alaptendencia nem függvényyszerű megjelenítésére a mozgóátlagolású trendszámítást használtuk. Ez az idősor adatain láncolatosan továbbhaladó számtani átlagok képzését jelenti, aminek következtében lerövidül az idősor, és a kiugró értékeket ez az átlagolás kisímtja (Korpás, 1997). 144 adat esetében a mozgóátlagolás tagszámának 10-et választottunk a klímanormálok képzésénél alkalmazott 10 éves csúsztatást alapul véve. Az 1728 adatból álló idősor esetében a tagszámot az éven belüli szezonok számának megfelelően 12-nek vettük.

Olyan egyszerű statisztikai módszerek, mint a lineáris trend, igen hasznos az éghajlat-elemzésben. Az adatokra illeszthető egyenes meredeksége egyszerű, könnyen értelmezhető képet fest a vizsgált időszakban bekövetkezett változásról (Boyles and Raman, 2003). Általában éppen ezért a leggyakrabban alkalmazott vizsgálati módszer az éghajlati elemek alakulásának jellemzésére, noha

tudjuk, hogy ezek alakulása igen ritkán tekinthető lineárisnak. A lineáris trend függvény paramétereinek becslését az alábbi képletek szerint végeztük (1, 2, 3):

$$\hat{y}_t = b_0 + b_1 t \tag{1}$$

$$b_1 = \frac{\overline{t \cdot y} - \bar{t} \cdot \bar{y}}{\sigma_t^2} \tag{2}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \cdot \bar{t} \tag{3}$$

ahol  $t=1, 2, \dots, n$ ,  $\hat{y}_t$  a  $t$ . időszak trendfüggvény szerinti értéke,  $t$  időszakok száma (időkódolás),  $n$  az idősor elemeinek száma,  $b_0$   $t=0$  időszak trendfüggvény szerinti értéke,  $b_1$  az egyenes meredeksége, az időegység alatti átlagos abszolút változás mértékét mutatja meg,  $\bar{y}$  az idősor adatainak átlaga,  $\bar{t}$  az idő kódok átlaga,  $\sigma_t^2$  az idő kódok sokasági varianciája.

A lineáris trend  $b_1$  paraméterét (meredekség) 5%-os szignifikancia szinten ( $\alpha$ ) kétoldali t-próbával teszteltük. Lakatos és Bihari (2011) szerint az exponenciális trend jobban szemlélteti a csapadék-változást %-ban kifejezve, mint a lineáris trend mm-ben. Az exponenciális trend egy nem lineáris, de logaritmus transzformáció révén linearizálható függvény. Ezt a típusú trendfüggvényt is illesztettük, paramétereit az alábbi képletek szerint határoztuk meg (4, 5, 6):

$$\hat{y}_t = b_0 \cdot b_1^t \tag{4}$$

$$\log b_1 = \frac{\overline{t \cdot \log y} - \bar{t} \cdot \overline{\log y}}{\sigma_t^2} \tag{5}$$

$$\log b_0 = \overline{\log y} - \log b_1 \cdot \bar{t} \tag{6}$$

ahol  $t=1, 2, \dots, n$ ,  $\hat{y}_t$  a  $t$ . időszak trendfüggvény szerinti értéke,  $t$  az időszakok száma (időkódolás),  $n$  az idősor elemeinek száma,  $b_0$  a  $t=0$  időszak trendfüggvény szerinti értéke,  $b_1$  a vizsgált jelenség időegység alatt bekövetkezett átlagos relatív változására utal ( $b_1-1\%$ -ban kifejezve adja meg ezt),  $\overline{\log y}$  az adatok logaritmusainak átlaga,  $\bar{t}$  az időkódok átlaga,  $\sigma_t^2$  az időkódok sokasági varianciája. Harmadik analitikus trendfüggvényként a hatványkitevős trendet illesztettük, aminek a paraméterei még könnyen értelmezhetők. Ezeket az alábbi képletekkel határoztuk meg (7, 8, 9):

$$\hat{y}_t = b_0 \cdot t^{b_1}, t=1, 2, \dots, n \tag{7}$$

1. táblázat: Keszthely évszakos csapadékösszeg adatsorainak leíró statisztikai jellemzői

mm	tavas	nyár	ősz	tél
Átlag	162	223	177	111
Szórás	54	77	68	42
Alsó kvartilis	128	166	132	78
Medián	153	216	179	110
Felső kvartilis	195	268	217	138
Terjedelem	302	373	367	198
5% percentilis	85	104	65	47
95% percentilis	268	374	294	187

$$b_1 = \frac{\overline{\log t \cdot \log y} - \overline{\log t} \cdot \overline{\log y}}{\sigma_{\log t}^2} \tag{8}$$

$$\log b_0 = \overline{\log y} - b_1 \cdot \overline{\log t} \tag{9}$$

ahol  $\hat{y}_t$  a  $t$ . időszak trendfüggvény szerinti értéke,  $t$  időszakok száma (időkódolás),  $n$  az idősor elemeinek száma,  $b_0$   $t=1$  időszak trendfüggvény szerinti értéke,  $b_1$  A vizsgált jelenség átlagos relatív változása  $t$  egységnyi relatív változása alatt (%),  $\overline{\log y}$  az adatok logaritmusainak átlaga,  $\overline{\log t}$  az időkódok logaritmusainak átlaga és  $\sigma_{\log t}^2$  az időkódok logaritmusainak sokasági varianciája. A tényadatok és trendadatok közötti eltérések (hibatagok) négyzet-összegének számítása (SSE) (10) segít annak eldöntésében, hogy melyik trendfüggvény illeszkedik legjobban az adatokra:

$$SSE = \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \tag{10}$$

ahol  $t$  az időkódoklás ( $t=1, 2, 3, \dots, n$ ),  $y_t$  az idősor tényadata,  $\hat{y}_t$  a trend függvény által becsült adat  $t$  időszakra. Az eltérésnégyzet-összegek segítségével meghatározható

a becslések relatív hibája, amit százalékos formában adunk meg, és a trendbecslés hibáját fejezi ki (11). Ez alapján a mutató alapján matematikai szempontból megalapozott döntést hozhatunk, hogy melyik trendfüggvénnyel jellemezzük az idősort:

$$V_e = \frac{\sqrt{\frac{SSE}{n}}}{\bar{y}_t} \tag{11}$$

ahol  $\bar{y}_t$  az idősor adatainak átlaga,  $n$  az idősor elemeinek száma.

Azt a trendet kell választanunk, és értelmeznünk, amelyik a legkisebb hibával becsülhető, a legjobban illeszkedik az idősor adataira. Vizsgálataink során a legjobban illeszkedő függvény paramétereit értelmeztük.

Az adatsorokat leíró jellegű statisztikai jellemzőkkel is jellemeztük Péczely (1998) útmutatásai szerint: átlag, szórás, maximum, minimum értékek, alsó és felső kvartilis és 5%-os, illetve 95%-os percentilis.

**Eredmények. Évi adatok elemzése.** A keszthelyi meteorológiai állomáson mért évi csapadékösszegek átlaga

2. táblázat: A különböző trendfüggvények relatív hibája

a trendbecslés relatív hibája	tavas	nyár	ősz	tél
lineáris trend	32,54%	34,54%	37,87%	37,10%
exponenciális trend	33,00%	35,06%	38,69%	37,89%
hatványkitevős trend	33,58%	35,10%	38,71%	37,26%

(1871–2014) 673 mm volt, ami hazánkban átlagos mennyiségnek számít. Az adatok szórása 138 mm volt. Az eloszlásra utal, hogy az adatok 25%-a magasabb volt, mint 772 mm, és 75%-a volt magasabb, mint 580 mm. A legalacsonyabb évi csapadékösszeg értékek (az 5%-os percentilis 456 mm volt) 2011, 2000, 1971, 1968, 1911, 1898 és 1967-ben fordultak elő (növekvő sorrendben). Az adatok közül a legmagasabb értékek 1879, 2010, 1905, 1915, 1965, 1940 és 1937-ben fordultak elő, növekvő sorrendben (a 95%-os percentilis 908 mm volt). A medián 654 mm volt, az átlagnál alacsonyabb évi csapadékösszegek túlsúlya jellemzi az adatok eloszlását.

A függvényszerű tendenciák közül először a lineáris trendet vizsgáltuk, és azt találtuk, hogy nem volt kimutatható az idősor esetében szignifikáns lineáris tendencia (1. ábra). A mozgóátlagolású trendszámítás ( $k=10$ ) a vizsgált időszak második felében csökkenési tendenciát jelez (1. ábra). Az évi csapadékösszegek szignifikáns lineáris csökkenési tendenciáját mutatta ki Szalai (2011) Magyarországon 1901 és 2008 közötti időszakban, és csökkenő trend a Dunántúlon intenzívebbnek mutatkozott. Keszthely ennek a régióknak a középső részén fekszik, mégsem mutatható ki az adatsorból a szignifikáns



tendencia. Érdekes azonban megjegyezni, hogy ez a megállapítás 5%-os szignifikancia szint mellett igaz a vizsgált időszakban. A trend-egyenes meredekségéhez tartozó empirikus szignifikancia szint (p-érték) 7,34%, vagyis 10%-os szignifikancia küszöb mellett már szignifikáns eredményt adna.

Az exponenciális és a hatványkitevős trendbecslés után elmondható, hogy a relatív hiba alapján a lineáris közelítés írja le legjobban az évi csapadékösszegek alakulását. A lineáris trend relatív hibája 20,18%, az exponenciális trendé 20,29%, a hatványkitevős trendé 20,47% volt.

**Évszakos adatok elemzése.** Az évszakos adatok leíró statisztikai jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze. Az egyes évszakokban a csapadékösszegek változásának tendenciáit a 2–5. ábrák mutatják be, melyeken a háromféle trendbecslés egyenletei és a mozgóátlagos trend (k=10) alakulása látható.

A háromféle trendbecslés relatív hibáinak számítása alapján a lineáris trend illeszkedett minden évszak esetében a legjobban az adatokra (2. táblázat).

Mivel a lineáris tendencia írja le legjobban az idősorok alakulását, a meredekséget jelölő  $b_1$  paramétert teszteltük. Az empirikus szignifikancia szintek (p-érték) szerint (ha  $\alpha=5\%$ ) tavasszal szignifikáns csökkenő tendencia mutatható ki, melynek mértéke 100 évre vetítve átlagosan 31,5 mm-nek adódott (3. táblázat). Itt is érdemes megjegyeznünk, hogy ha a szignifikancia küszöbértékét 10%-ra emelnénk, akkor az őszi csapadékösszegek esetében is kirajzolódna a csökkenő tendencia.

**Havi csapadékösszegek elemzése.** Keszthely havi csapadékösszeg adatsorainak átlagértékeit mutatja be a 6. ábra. Magyarországon a csapadékmennyiség éven belüli eloszlását egy főmaximum (május-június) és egy másodmaximum (szeptember-október), valamint egy februári minimum jellemzi. Az átlagos csapadékösszeg adatok esetében a másodmaximum elmosódása látszik 144 év adatai alapján.

A havi adatok idősoraira is illesztettük a lineáris, az exponenciális és a hatványkitevős trend függvényeket. Relatív hibáik alapján elmondható, hogy minden esetben a legjobban illeszkedő függvény a lineáris trend volt (4. táblázat). 5%-os szignifikancia szint mellett a lineáris becslés két hónap esetében adott statisztikailag igazolható eredményt, április és október hónapokban (5. táblázat). 100 évre vetítve áprilisban 14 mm-rel csökkent a csapadék mennyisége átlagosan a vizsgált időszakban, októberben 23,5 mm-rel. Szintén érdemes megfigyelni, ha a szignifikancia küszöböt 10%-ban határoznánk meg, már május esetében is igazolódna a csapadékcsökkenés ténye.

**Dekompozíciós idősor-elemzés.** A dekompozíciós idősor-elemzés során a havi csapadékösszegeket egy nagy adatsorként kezeltük, ami 1728 elemből állt. Először illesztettük a háromféle trendfüggvényt, melyek egyenletei a 7. ábrán láthatók, paramétereit a 6. táblázat tartalmazza. A függvények illeszkedését vizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy ebben az esetben is a lineáris

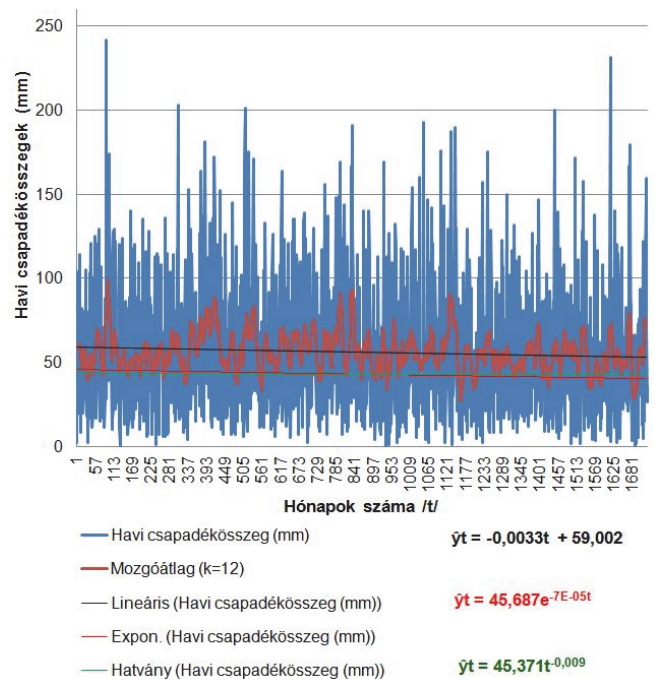
trend írja le legjobban az adatok tendenciáját (6. táblázat). A lineáris trend 5%-os szignifikancia szint mellett nem ad szignifikáns eredményt, de a p-értékből látható, hogy 10%-os szignifikancia küszöb mellett már az lenne. A mozgóátlagok során (k=12) látható az adatsor ingadozásának csökkenése, de kifejezett tendencia nem rajzolódik ki.

Az alaptendencia meghatározása mellett figyelembe vettük a szezonális hatást is korigált szezonális eltérések (additív modell) és korigált szezonindexek (multiplikatív modell) formájában. Vizsgáltuk így is az illeszke-

3. táblázat: Az évszakos csapadékmennyiségek soraira illesztett lineáris trend meredekségének szignifikanciája

	tavasz	nyár	ősz	tél
lineáris trend meredeksége ( $b_1$ )	-0,315	-0,075	-0,241	0,136
p-érték	<b>0,4%</b>	63,0%	7,8%	10,5%

**szignifikáns  $b_1$  paraméter, ha p-érték alacsonyabb, mint 5%, kétoldali t-próba alapján**



7. ábra: Havi csapadékösszegek idősorának tendenciái Keszthelyen 1871. január és 2014. december között

dést, és a relatív hiba azt jelezte, hogy a lineáris additív modell illeszkedik a legjobban az adatokra, vagyis az alaptendencia lineáris és az idősor komponensei között additív kapcsolat van (7. táblázat). Látható az illeszkedés jóságát jelző relatív hiba értékeiből, hogy mivel azok igen nagy értékek, valószínűleg nem az alkalmazott módszerek a legmegfelelőbbek az idősor jellemzésére, bár ezek a leggyakrabban használt és legkönnyebben értelmezhető eljárások.

**Következtetések.** Kutatásunk megerősítette korábbi vizsgálataink eredményeit. Elemzésünk alapján összefoglalható (8. táblázat), hogy minden elemzett adatsorra

4. táblázat: A különböző trendbecslések relatív hibái

hónap	Ve LIN	Ve EXP	Ve HAT
I	60,93%	65,23%	64,54%
II	72,59%	78,52%	78,00%
III	64,00%	67,12%	67,32%
IV	59,83%	62,71%	63,29%
V	49,03%	51,00%	51,35%
VI	48,47%	50,52%	50,55%
VII	59,82%	62,27%	62,33%
VIII	61,22%	64,36%	64,40%
IX	57,99%	61,26%	61,28%
X	66,54%	71,66%	72,82%
XI	59,81%	62,96%	62,94%
XII	56,75%	59,55%	59,30%

6. táblázat: A különböző trendbecslések relatív hibái

hónap	Ve LIN	Ve EXP	Ve HAT
I	60,93%	65,23%	64,54%
II	72,59%	78,52%	78,00%
III	64,00%	67,12%	67,32%
IV	59,83%	62,71%	63,29%
V	49,03%	51,00%	51,35%
VI	48,47%	50,52%	50,55%
VII	59,82%	62,27%	62,33%
VIII	61,22%	64,36%	64,40%
IX	57,99%	61,26%	61,28%
X	66,54%	71,66%	72,82%
XI	59,81%	62,96%	62,94%
XII	56,75%	59,55%	59,30%

5. táblázat: A lineáris trendbecslés szignifikanciája

hónap	lineáris meredeksége (b1)	p-érték
I	0,03	44,4%
II	0,06	24,2%
III	-0,06	26,1%
IV	<b>-0,14</b>	<b>3,1%</b>
V	-0,12	8,9%
VI	0,01	90,1%
VII	-0,05	54,1%
VIII	-0,03	74,4%
IX	-0,02	79,3%
X	<b>-0,24</b>	<b>0,3%</b>
XI	0,01	85,0%
XII	0,05	35,9%

**Szignifikáns b1 paraméter, ha p-érték alacsonyabb, mint 5%, kétoldali t-próba alapján**

7. táblázat: A lineáris trendbecslés szignifikanciája

hónap	lineáris meredeksége (b1)	p-érték
I	0,03	44,4%
II	0,06	24,2%
III	-0,06	26,1%
IV	<b>-0,14</b>	<b>3,1%</b>
V	-0,12	8,9%
VI	0,01	90,1%
VII	-0,05	54,1%
VIII	-0,03	74,4%
IX	-0,02	79,3%
X	<b>-0,24</b>	<b>0,3%</b>
XI	0,01	85,0%
XII	0,05	35,9%

**Szignifikáns b1 paraméter, ha p-érték alacsonyabb, mint 5%, kétoldali t-próba alapján**

8. táblázat: Az eredmények összehasonlítása korábbi eredményeinkkel

	szignifikáns (5%) tendencia 100 évre vonatkoztatva		
	1871-2000	1871-2010	1871-2014
	(Kocsis 2008)	(Kocsis 2015)	
évi csapadékösszegekben	nem mutatható ki	nem mutatható ki	nem mutatható ki
évszakos csapadékösszegekben	tavaszi (-35 mm)	tavaszi (-29 mm)	tavaszi (-31,5 mm)
havi csapadékösszegekben	október (-26 mm)	október (-25 mm)	április (-14 mm) és október (-23,5 mm)

a lineáris trend illeszkedett a legjobban. Keszthelyen az évi csapadékösszeg adatsorban nem mutatható ki szignifikáns csökkenési tendencia 5%-os szignifikancia szint mellett, de tavasszal már bizonyítható csapadékcsökkenési tendencia igazolható a vizsgált időszakban.

Ezek a megállapítások párhuzamosak Szalai et al. (2005) valamint Lakatos és Bihari (2011) megállapításaival, miszerint a legintenzívebb csapadékcsökkenés tavasszal jelentkezett hazánkban. Analízisünkben a korábbi vizsgálatainkhoz képest bővítettük az adatsort, és az 1871–2010

közötti időszak elemzéseinek eredményeihez képest a havi adatok tendenciái között az október hónap mellett április hónapban is kimutatható volt a lineáris csapadékcsökkenési tendencia.

Az idősorokban esetlegesen fellelhető függvényyszerű tendencia meghatározására számos trendfüggvény alkalmazható. Tudjuk, hogy az éghajlati elemek tendenciái ritkán illeszkednek egy lineárisra, mégis a legegyszerűbb és legkönnyebben értelmezhető közelítése ez a változásnak. *Lakatos és Bihari* (2011) szerint a csapadékváltozásokat jobban szemlélteti a százalékos változás, amit az exponenciális trend fejez ki, mint a milliméterben megadott (lineáris trend). De nem található arra vonatkozó információ, hogy milyen matematikai módszer indokolja a függvények közötti döntést, vizsgálták-e azok illeszkedését. Matematikai szempontból mindenképpen egzaktabb megközelítés a függvények becsléséhez tartozó relatív hiba meghatározása, ami megalapozza és alátámasztja a függvények közötti választást. A vizsgálatok során minden trendfüggvény illesztése a relatív hiba számításával zárult, így minden esetben az adatsorokra legjobban illeszkedő függvényt értelmeztük. Minden vizsgált adatsor (évi-, évszakos-, havi csapadékösszegek) esetében a lineáris trendfüggvény írta le legjobban az idősor alakulását, a dekompozíció során a lineáris additív modell illeszkedett legjobban az idősorra (havi csapadékösszegek).

## Irodalom

- Bartholy, J. and Pongrácz, R.*, 2005: Extremes of ground-based and satellite measurements in the vegetation period for the Carpathian Basin. *Physics and Chemistry of the Earth* 30, 81–89.
- Bartholy, J. and Pongrácz, R.*, 2007: Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change* 57, 83–95.
- Bartholy, J. and Pongrácz, R.*, 2010: Analysis of precipitation conditions for the Carpathian Basin based on extreme indices in the 20<sup>th</sup> century and climate simulation for 2050 and 2100. *Physics and Chemistry of the Earth* 35, 43–51
- Bartholy, J., Mika, J., Pongrácz, R. és Schlanger, V.*, 2005: A globális felmelegedés éghajlati sajátosságai a Kárpát-medencében. In: *Takács-Sánta, A. (szerk.): Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon*. Budapest, 105–139.
- Bartholy, J., Pongrácz, R. and Gelybó, Gy.*, 2007: Regional climate change in Hungary for 2071–2100. *Applied Ecology and Environment Research* 5, 1–17.
- Bartholy, J., Pongrácz, R. and Kiss, A.*, 2015: Projected changes of extreme precipitation using multi-model approach. *Időjárás* 119, 129–142.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. and Szabó, P.*, 2009: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. *Időjárás*, 112, 249–265.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. and Szabó, P.*, 2008: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. *Időjárás* 112, 249–264.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I. és Schlanger, V.*, 2004. A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. *AGRO-21 Füzetek* 33, 3–18.
- Bodri, L.*, 2004: Tendencias in variability of gridded temperature and precipitation in Hungary (during the period of instrumental record). *Időjárás* 108, 141–153.
- Boyles, R. P. and Raman, S.*, 2003: Analysis of climate trends in North Carolina (1949–1998). *Environment International* 29, 263–275
- IPCC*, 2007: Summary for Policymakers. In: *Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. and Miller, H. L. (eds.): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) 5, 7.
- IPCC*, 2013: Summary for Policymakers. In: *Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. S., Allen, K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P. M. (eds.): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Kis, A., Pongrácz, R. és Bartholy, J.*, 2014: Magyarországra becsült csapadéktrendek: hibakorrekció alkalmazásával. *Léggör* 59 (3): 117–120.
- Kocsis, T. és Anda, A.*, 2006: A keszthelyi meteorológiai megfigyelések története. *PE-GMK*, Keszthely ISBN 963 9639 07 9
- Kocsis, T.*, 2008: Az éghajlatváltozás detektálása és hatásainak modellezése Keszthelyen, *PhD dolgozat*. Pannon Egyetem
- Kocsis, T.*, 2015: A keszthelyi csapadékösszegek éghajlatstatisztikai jellemzése 1871–2010 között. 10. *Magyar Ökológus Kongresszus*, Veszprém
- Korpás, A. (szerk.)*, 1997: Általános statisztika II. *Nemzeti Tankönyvkiadó Rt.*, Budapest ISBN 978-963-19-2781-8: 242–277.
- Lakatos, M. és Bihari, Z.*, 2011: A közelmúlt megfigyelt hőmérséklet- és csapadéktendenciái. In: *Bartholy, J., Bozó, L. és Haszpra, L. (szerk.): Klímaváltozás–2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*, 159–169.
- Olichwer, T. and Tarka, R.*, 2015: Impact of climate change on the groundwater run-off in south-west Poland. *Open Geosciences* 7, 1–14.
- Országos Meteorológiai Szolgálat*, 2010: Klímodellezési tevékenység, eredmények (2010). [http://www.met.hu/doc/tevekenyseg/klimamodellezes/Klima\\_modellezesi\\_eredmenyek\\_2010.pdf](http://www.met.hu/doc/tevekenyseg/klimamodellezes/Klima_modellezesi_eredmenyek_2010.pdf)
- Péczely, Gy.*, 1998: Éghajlatlan. *Nemzeti Tankönyvkiadó Rt.*, Budapest
- Pongrácz, R., Bartholy, J. and Kiss, A.*, 2014: Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods. *Időjárás* 118, 305–321.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. and Miklós, E.*, 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research* 9, 387–398.
- Prista, G. O., Agostinho, R. J. and Cachao, M., A.*, 2015: Observing the past to better understand the future: a synthesis of the Neogene climate in Europe and its perspectives on present climate change. *Open Geosciences* 7, 65–83.
- Szalai, S.*, 2011: Magyarország hidroklimatológiai jellemzése. *KLÍMA-21 Füzetek* 65, 17–28.
- Szalai, S., Bihari, Z., Lakatos, M. és Szentimrey, T.*, 2005: Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. *Országos Meteorológiai Szolgálat*, Budapest



## BUDAPESTI VÁROSKLIMATOLÓGIAI HELYSZÍNI MÉRÉSEK ELEMZÉSE

### ANALYSIS OF IN-SITU URBAN CLIMATOLOGICAL MEASUREMENTS IN BUDAPEST

Pongrácz Rita, Dian Csenge, Incze Dóra, Kurcsics Máté,  
Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit

Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, [prita@nimbus.elte.hu](mailto:prita@nimbus.elte.hu)

**Összefoglalás.** A városi környezet éghajlatmódosító hatásának vizsgálatára a főváros IX. kerületében, a Ferencváros belvárosi részén végeztünk hőmérséklet és relatív nedvesség méréseket. A mérési program során egyrészt egy gyalogosan bejárható útvonal mentén rögzítettük a mért értékeket, másrészt ezek közül néhány meghatározott mérési ponton hosszabb időn keresztül folyamatosan sűrű adatrögzítésre is sor került. Így lehetőség nyílik a térbeli és időbeli részletes elemzésekre egyaránt. Eddigi eredményeinkből a sűrűbb beépítettségű belvárosi területeken egyértelműen azonosítható az éjszakai időszak hőmérsékleti többlete, valamint az alacsonyabb relatív nedvesség a külvároshoz viszonyítva.

**Abstract.** In order to analyze the urban climatological effects, temperature and relative humidity were measured in the central parts of Ferencváros, the 9<sup>th</sup> district of the capital. The measurements were recorded in several measuring locations along a walking path, and in some of these locations we carried out continuous data collection with a frequency of 1 minute during long time periods. Thus, both spatial and temporal aspects of the urban climate can be analyzed. On the basis of the results, warmer and drier climatic conditions are clearly identified during the nights in the inner part of the city relative to the suburb.

**Bevezetés.** A koncentrált emberi jelenlétet kapcsolódó tevékenységek és a természetes környezet átalakítása jellegzetes városklímát alakít ki a településeken. A tapasztalatok egyértelműen azt jelzik, hogy minél nagyobb, minél sűrűbben beépített egy-egy város, illetve annak egyes részei, annál erősebben jelentkezik az ún. városi hősziget hatás az adott térségben (Oke, 1973). A talaj-növény rendszerhez képest eltérő sugárzási tulajdonságokkal rendelkező mesterséges felszínnek azt eredményezik, hogy bizonyos időszakokban a város körüli területekhez viszonyítva kisebb-nagyobb hőmérsékleti többletet detektálhatunk a város belsőbb részein (Oke, 1982). A hagyományos városklíma kutatások során a léghőmérsékletben megjelenő anomáliákat használják a városi hősziget intenzitásának jellemzésére. A természetes és mesterséges felszín sugárzási tulajdonságai közötti eltérések lehetővé teszik, hogy műholdas mérések felhasználásával vizsgáljuk egy nagyobb méretű város – pl. Budapest – városi hősziget hatását (Dezső et al., 2005; Pongrácz et al., 2005). A kapott eredmények ugyan nagyobb kiterjedésű területek részletes elemzésére alkalmasak, ám a felhasználható meteorológiai változó – a felszínhőmérséklet – alapján számított városi hősziget intenzitásokra jellemző tulajdonságok (pl. a napi és évi menet) nem egyeznek meg a léghőmérséklet alapján meghatározható jellegzetességekkel (Dezső et al., 2012).

**Városklimatológiai mérések.** A városi hősziget hatás intenzitásának hagyományos közelítése a léghőmérsékleti mező részletes feltérképezését igényli. Ehhez mozgó, illetve rögzített helyre telepített méréseket használhatunk fel. Budapest relatíve nagy térbeli kiterjedése nem teszi lehetővé az egész terület viszonylag rövid idő – maxi-

mum 2–4 óra – alatti megfelelő részletességű bejárását, ami a hazai nagyvárosokban (például Szegeden, Unger et al., 2000) jól alkalmazható. Másrészt az Országos Meteorológiai Szolgálat állomásai (2016 óta 7 ilyen van Budapesten) közül négy jelenleg is működő meteorológiai állomás ellenőrzött minőségű méréseit vettük figyelembe, a főváros közigazgatási körzetén belül, melyek elhelyezkedése sajnos egyáltalán nem tekinthető optimálisnak a városi hősziget hatás vizsgálata szempontjából (Lelovics et al., 2012). A minimálisan szükséges, térben ideális elhelyezésű mérőpontok kiépítéséhez és fenntartásához viszont hiányoznak a stabil pénzügyi, finanszírozási feltételek. A fenti okok miatt Budapest esetén csak kisebb területek, kerületrészek részletes vizsgálatát tűztük ki célul elemzéseink során.

A mérések helyszínét a Ferencváros (IX. kerület) belvárosához közelebbi részét választottuk ki, ahol az utóbbi évtizedekben jelentős felújítások, modernizáció és a zöldfelületek területének növelése, valamint minőségének fejlesztése zajlott le (BFFÖFI, 2009). A 2015-ben indított mérési programunk keretében kiválasztott napokon a levegő hőmérsékletét és relatív nedvességtartalmát regisztráltuk. Eleinte csak a nappali időszakban (Pongrácz et al., 2016), majd 2016 nyaratól kezdődően teljes 24 órás időszakokban folyamatosan végeztünk méréseket BSc- és MSc-hallgatók bevonásával.

A mérési program második évében a műszereket is lecseréltük: a Voltcraft gyártmányú, hosszabb reakció idejű és pontatlanabb mérőeszközök helyett sokkal érzékenyebb, megbízhatóbb Testo típusú, adatgyűjtővel egybeépített műszereket (1. ábra) kezdtünk használni. A mérések



1. ábra: A 2016-tól alkalmazott, adatgyűjtő egységgel is rendelkező Testo-623 típusú műszer

indulásakor kijelölt körbeérő gyalogos útvonal (2. ábra) mentén 22 mérőpontot határoztunk meg (Dian et al., 2015), melyek száma egy-egy évszak tapasztalatainak figyelembevételével 2016 őszére 24-re bővült. A mérőpontok kiválasztásánál fontos szempont volt a nagyjából egyenletes elhelyezkedés, továbbá az, hogy az egyes pontok összességében megfelelően reprezentálják a térség különböző beépítettségi viszonyait: így épületekkel jobban körülvett utcák és nagyrészt nyíltabb, zöld növények alkotta kisebb parkok is megtalálhatók közöttük. 2017 nyár végéig 65 napon történt mérés, mindösszesen 709 órányi időszakra. A nyári időszakokban nem csupán egyetlen 24 órás perióduson keresztül végzünk méréseket, hanem több – legalább három – egymást követő napon át. Ebben a cikkben a 2016 nyarán – már az említett, újonnan beszerzett műszerekkel – rögzített mérésekre fókuszálunk, melyek részletes elemzése diákköri dolgozatok keretében (Incze, 2017; Kurcsics, 2017) is megtörtént.

A városi hősziget hatás jellemzésére a Budapest külvárosában (XVIII. kerület, Pestszentlőrinc) található szinoptikus meteorológiai állomás méréseit tekintettük referencia értéknek. Az óránkénti időjárás táviratok adatait az interneten publikusan elérhető, nemzetközi adatbázisból töltöttük le. A Meteorológiai Világszervezet szabványainak megfelelő fővárosi főállomás a város délkeleti széléhez közel helyezkedik el, már lényegében a városi, sűrűbben beépített területeken kívül, így ezt tekinthetjük a városi hősziget hatás értékelése szempontjából referencia pontnak.

Külön elemzéseket végeztünk a kijelölt útvonalon végzett mérések alapján (Incze, 2017), ahol természetesen a mérési körök bejárásához szükséges idő (mely nagyjából 2–2,5 óra) miatt nem folyamatosak a hőmérsékleti és nedvességi idősorok, viszont a beépítettségtől és növényzettől függő területi különbségek így értékelhetők. A vizsgálat másik része a fix mérési helyszínen folyamatosan rögzített idősorok elemzése (Kurcsics, 2017), ahol



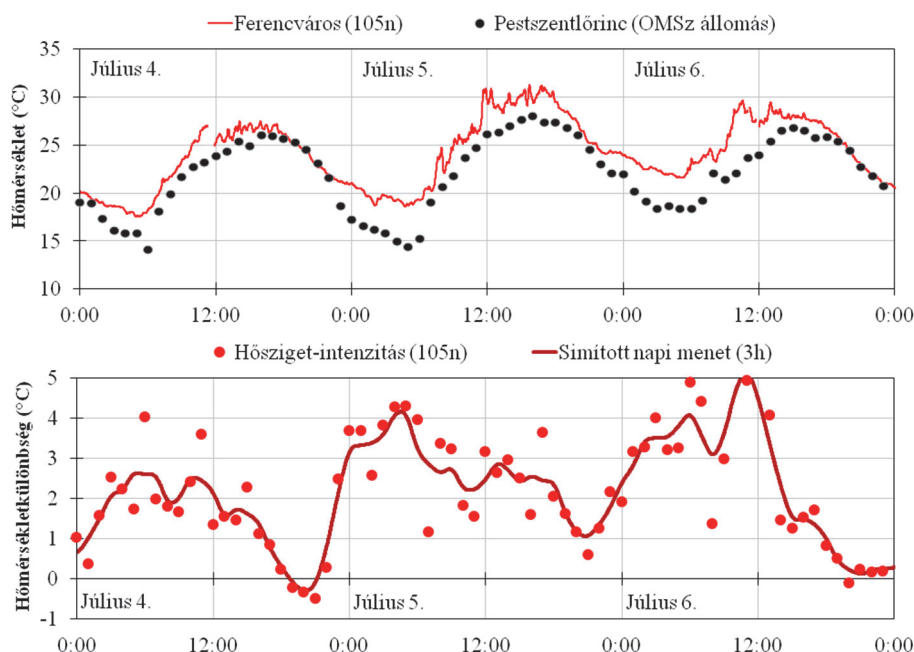
2. ábra: A 2016. nyári mérések útvonalát 23 mérési ponttal. A parkosabb zöldterületeken található mérési pontokat világoszöld számmal jelöltük (a növényzet aránya a mérőpont környezetében átlagosan 50%-os), a szorosabban beépített területek, illetve a forgalmas közlekedési csomópontok mérési pontjait narancssárgával (a növényzet aránya jellemzően nem éri el a 10%-ot). A sárga számmal jelzett mérési pontok arra utalnak, hogy a (gyakran) szélesebb út mentén fasor, jelentősebb zöldfelület is fellelhető.

viszont az időbeli menet jobban követhető. A 2016. nyári mérési sorozat idején a Ferencváros területén még csak egyetlen ilyen fix helyszínű mérést végeztünk, a 2017. nyári mérési kampányban viszont négy különböző rögzített helyszínen – a 105n, 112/212, 207, valamint 209 jelű mérési pontokban – zajlottak az időben is részletesebb mérések. A már 2016-ban is működtetett 105n. pontban a Bokréta utca és a Viola utca közötti Vendel sétányon



3. ábra: A 105n. mérési helyszín a Vendel sétányon többemeletes lakóépületekkel körülvéve, nagyrészt térkövel fedve, kisebb részeken parkosított, fűvel, bokrokkal borítva, s néhány nagyobb fát is láthatunk.





4. ábra: A ferencvárosi 105n. mérési helyszínen 1 perces időközönként rögzített hőmérsékleti idősor 10 perces átlagainak összehasonlítása a Pestszentlőrincen óránként rendelkezésre álló hőmérsékleti mérésekkel, 2016.07.04-06. időszakban.



5. ábra: A 112=212. mérési helyszín a Petőfi híd pesti hídfőjénél található a Boráros téren: nagy közúti forgalommal jellemezhető tömegközlekedési csomópont, ami egyik oldalon kb. 30 m magas lakó- és irodaházakkal szegélyezett nyitott tér – alapvetően mesterséges burkolattal, kisebb területeken fűvel, bokrokkal borítva, s előfordul néhány lombhullató fa is.

rendeztük be a fix mérési helyszínt, mely a 2016. nyár végére felújított Ferenc tér közelében található. A kijelölt mérési pont mind a négy oldalról viszonylag magas, hatszintes épületekkel van körülvéve, s csupán két átjáró vezet be rá; ezért a szélről viszonylag védett. A sétány nagyobb részét beton, térkő fedi, egy kisebb része viszont parkosított, fűvel borított rész néhány nagyobb fával (3. ábra). A házak között megrekedhet a levegő, ugyanakkor a parkosított rész erre hűtő hatást gyakorol-

hat. A tágabb környezetet tekintve a terület a Ferencváros belső részén, a Nagykörúthoz közel, a Dunától légvonalonban 750 m-re fekszik. A helyszín felszínborítása és zártsága egyértelműen különbözik a parkosított, nyitottabb Ferenc tétől, ami a korábbi (Pongrácz *et al.*, 2016) mérési expedíciók gyakoribb, folyamatos adatrögzítésre kijelölt helyszíne volt. A fix helyszín módosítására azért is volt szükség, mert 2016 nyarán zajlott a Ferenc tér felújítása, kisebb-nagyobb mértékű átrendezése, átalakítása, s a korábban méréseinkhez kijelölt része ideiglenesen (a nyári időszakban végig) le volt zárva.

**Eredmények.** A 2016. nyári mérési expedíció során a méréseket július 3-án este 20 órától kezdve július 7-én éjfélig végeztük. Ez alatt az időszak alatt a városi hatás értékeléséhez ideális időjárási viszonyok uralkodtak a Kárpát-medence térségében, ugyanis egy anticiklon alakította hazánk időjárását, mely a sokévi átlagnak megfelelő hőmérsékleti viszonyokat eredményezett. A fővárosban július 4-én többnyire derült volt az ég, míg az azt követő két napon változóan felhős.

Az elemzéseink során kapott eredmények közül a 4. ábrán mutatjuk be a 105n. mérési helyszín és a Pestszentlőrincen található referencia helyszín hőmérsékleteinek összehasonlítását.

A felső grafikon az általunk percenként rögzített hőmérsékleti értékek 10 perces átlagolású idősorát, valamint a meteorológiai táviratokból dekódolt óránkénti külvárosi hőmérsékleteket tartalmazza.

Az alsó grafikonon a két helyszín hőmérsékletkülönbségével jellemezhető városi hősziget intenzitás menete látható, melyre háromórás simítást alkalmaztunk. A görbék menetéből leolvasható, hogy a ferencvárosi és a külvárosi helyszín közötti legnagyobb hőmérsékleti különbség az éjszaka második felében, éjjel 2 óra és kora reggel 7 óra között jelentkezett, amelyet a különböző felszínek, eltérő beépítettségű városrészek energiaháztartása közötti eltérések okoznak. Ugyanis a külvárosi területeken a kisebb mértékű hőtárolóképesség miatt az esti óráktól nagyobb a kisugárzás, mint a beépített területeken, s így a hűlés gyorsabban zajlik. Napkelte után a belváros és a külső kerületek kö-



zötti hőmérsékletkülönbség csökkenni kezd, mely általában a nappali időszakban végig – egészen napnyugtáig (azaz kb. 21 óráig) tart. Ennek eredményeképpen a hajnali 3–5 °C-os különbség lecsökken 1,5–2,5 °C-ra. A jelentősebb zöldfelülettel rendelkező ferencvárosi mérési helyszíneken jól megfigyelhető a növényzet mérséklő hatása, mely a hősziget hatásban akár 1 °C-os csökkenést is eredményezett.

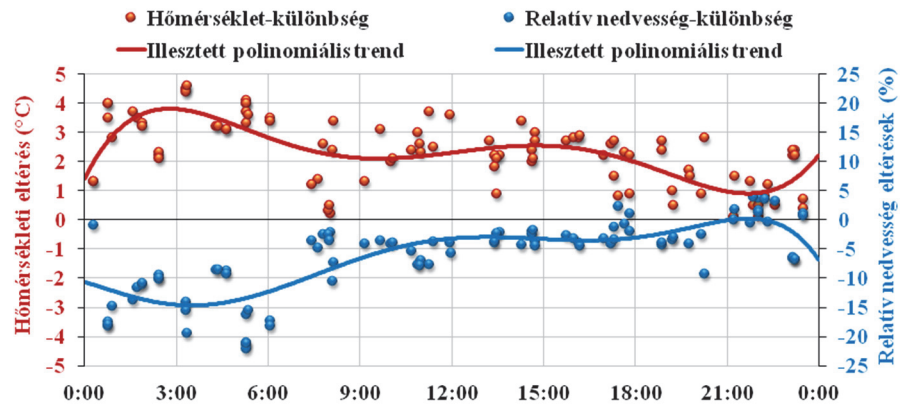
Vizsgálataink során a városi hősziget intenzitás mellett a relatív páratartalom napi menetét is elemeztük. A relatív nedvesség alapvetően fordított arányosságban áll a hőmérséklet alakulásával a légkör hőmérséklettől függő pára-befogadóképessége miatt. Ennek következtében az éjszakai lehüléssel párhuzamosan a relatív nedvesség emelkedik, a nappali felmelegedés során pedig csökken.

A mért értékek azt jelzik, hogy a Ferencváros beépítettebb részein (például az 5. ábrán látható Boráros téri közlekedési csomóponton) szinte mindig relatíve szárazabb volt a levegő Pestszentlőrinchez viszonyítva (6. ábra). A különbségek napi menetében az éjfél és kora reggel közötti időszakban 10–25%-kal alacsonyabb relatív páratartalom jelentkezett a belvárosi helyszínen. Az eltérés a napkeltét követően csökkenni kezdett, nappal 0–10% közötti volt, s estére érte el a (nullához közeli) minimumát. A napnyugta körüli órákban a város központibb fekvésű részein és a külvárosi referencia pont közötti különbség elhanyagolható, a párszázalékos eltérés a relatív nedvesség mérés pontosságának nagyságrendjébe esik.

**Köszönetnyilvánítás.** Kutatásainkat támogatta az OTKA K-109109 és K-120605 számú projektje, az AGRÁRKLIMA2 projekt (VKSZ\_12-1-2013-0034), a Széchenyi 2020 program az AgroMo kutatási projekt (GINOP-2.3.2-15-2016-00028) keretében, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja. Köszönet illeti a méréseket végző meteorológus szakos MSc- és földtudományi szakos BSc- hallgatókat.

## Irodalom

- BFFÖFI (Budapest Főváros IX. kerület Ferencváros Önkormányzata, Főépítési Iroda), 2009: Integrált városfejlesztési stratégia, I. kötet, Budapest. pp. 220
- Dezső, Zs., Bartholy, J. and Pongrácz, R., 2005: Satellite-based analysis of the urban heat island effect. *Időjárás* 109, 217–232.



6. ábra: A Boráros téren (112=212. mérési pont a kijelölt útvonal mentén) rögzített mérések alapján meghatározott hősziget-intenzitások (°C) és relatív nedvesség-különbségek (%) napi menete, 2016.07.03-06. időszakban. Referencia mérőpont: Budapest-Pestszentlőrinc szinoptikus meteorológiai állomás.

- Dezső, Zs., Bartholy, J., Pongrácz, R. és Lelovics, E., 2012: Városi hősziget vizsgálatok műholdas és állomási adatok alapján. *Léggör* 57, 170–173.
- Dian, Cs., Pongrácz, R., Dezső, Zs. és Bartholy, J., 2015: Városklimatológiai mérési expedíció Budapest IX. kerületében. In: Pongrácz, R., Mészáros, R. és Kis, A. (szerk.): Aktuális kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén. Jubileumi kötet – 70 éves az ELTE Meteorológiai Tanszéke. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 26, 15–21.
- Incze, D., 2017: Budapest IX. kerületében végzett nyári mérési expedíció eredményei. OTDK dolgozat (témavezető: Pongrácz R.), Debrecen, pp. 40
- Kurcsics, M., 2017: Városklimatológiai elemzés ferencvárosi és lágymányosi mérések alapján. OTDK dolgozat (témavezető: Pongrácz R.), Debrecen, pp. 38
- Lelovics, E., Pongrácz, R., Bartholy, J. és Dezső, Zs., 2011: Budapesti városi hősziget elemzése: műholdas és felszíni mérések összehasonlítása. *Léggör* 56, 55–59.
- Oke, T. R., 1973: City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7, 769–779.
- Oke, T. R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108, 1–24.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. és Dezső, Zs., 2005: A budapesti városklíma vizsgálata műholdképek felhasználásával. *Léggör* 50(4), 8–12.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Dezső, Zs. and Dian, Cs., 2016: Analysis of the air temperature and relative humidity measurements in the Budapest-Ferencváros. *Hungarian Geographical Bulletin* 65, 93–103.
- Unger, J., Bottyán, Zs., Sümeghy, Z. and Gulyás, Á., 2000: Urban heat island development affected by urban surface factors. *Időjárás* 104, 253–268.

## A VÁROSI HŐSZIGET VIZSGÁLATA METEOROLÓGIAI MODELL SEGÍTSÉGÉVEL SZEGEDEN

### ANALYSIS OF URBAN HEAT ISLAND WITH METEOROLOGICAL FORECAST MODEL IN SZEGED

Molnár Gergely, Gyöngyösi András Zénó, Gál Tamás

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, Szeged, Egyetem u. 2.

Urban Climate Research Group – University of Szeged, [molnarge@geo.u-szeged.hu](mailto:molnarge@geo.u-szeged.hu)

**Összefoglalás.** Munkánk célja a WRF (Weather Research and Forecasting) modell városi léptékű alkalmazása és a városi hősziget (UHI) előrejelzése. Ennek érdekében beágyazott modell szimulációkat végeztünk a 2015-ös időszakban Szegedre. A validációhoz részletes mérési adatsor állt rendelkezésünkre. Ahhoz, hogy a modell megfelelően működjön, a felszíni (statikus) információk pontossága kulcsfontosságú. Mivel az alapértelmezett adatbázisok nem elég részletesek a vizsgálatainkhoz, ezért – a Landsat 8 műhold megfigyeléseit és térinformatikai módszereket alkalmazva – új felszínhasználati- és városi paraméter-adatbázist hoztunk létre. Az előzetes szimulációkból kinyert információk alapján megtaláltuk azokat a megfelelő modellbeállításokat, melyek a vizsgálati céljainknak leginkább megfelelnek. Az eredmények arra utalnak, hogy a WRF zavartalan (anticiklonális) időjárás mellett jó egyezést mutat a városklíma-mérőhálózat megfigyeléseivel.

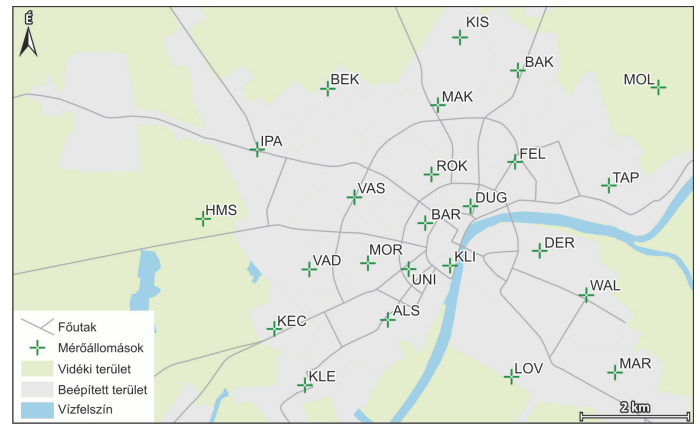
**Abstract.** Aim of our research is the application of Weather Research and Forecasting model (WRF) in urban scale in order to predict the urban heat island (UHI) effect. Therefore, high-resolution, nested simulations were carried out in case of a medium-sized Hungarian city (Szeged) in 2015. In this area, a detailed measurement dataset is available for the model validation process. In numerical weather predictions models, the applied urban land use information is crucial. Consequently, it is essential to improve the details of canopy parameterization if the static data does not manage to represent precisely the urban forms in a specific area. High-resolution remote sensing products of Landsat 8 OLI/TIRS satellite and multiple GIS techniques were applied to determine the sufficient canopy values. Several simulations were made with different model setups and input geographical databases to fine-tune the model performance for optimal agreement with measured UHI parameters. The results suggest that the model reproduces reasonably well the UHI effect related to measurements in case of uninterrupted (anticyclonic) weather conditions.

**Bevezetés.** A légköri folyamatok és jelenségek vizsgálatának egyik módszere a meteorológiai modellezés. Az alkalmazott meteorológia az időjárás-szimulációs modelleket (a rövid- és középtávú prognózisok vagy az éghajlati projekciók mellett) sikerrel alkalmazta a szélenergia-kutatásban, a légköri szennyező anyagok terjedésének, ülepedésének vizsgálata és levegőtisztasági előrejelzések során, a közlekedésmeteorológiai (hajózási és repülésmeteorológiai) alkalmazásokban vagy akár a természeti katasztrófák, például áradások, aszályok, bozót- és erdőtüzek előrejelzésében. A városi környezet vizsgálata speciális kihívás, melyben a mérések mellett a modellek további segítséget jelentenek (*Skarbit és Gál, 2016; Grawe et al., 2013*). A városi környezet időjárásának különböző módszerekkel való elemzése már csak azért is különösen indokolt, mivel 2050-re Földünk lakosságának várhatóan több, mint kétharmada fog városokban élni (*UN, 2014*). Továbbá az ENSZ által 2016-ban megfogalmazott „fenntarthatósági célok” egyike a „fenntartható városok és közösségek” létrehozása anélkül, hogy a város struktúrája, funkciója jelentősen módosulna (*Stevance et al., 2015*). A települések összetett, mesterséges anyaggal borított felszínük révén a természetes talaj- és felszín-karakterisztikáikhoz képest jelentősen módosítják környezetük energia- és vízmérlegét, melynek következtében a nagyobb városok speciális időjárást és légköri jelenségeket hoznak létre. Ezek közé sorolható a városi cirkuláció, a városi hősziget vagy éppen a kora délelőtti órákra jellemző negatív hősziget, amikor a városi környezet felmelegedése – a nagyobb hőkapacitás és a szűk utca kanyonok árnyékoló hatása következtében –

elmarad a természetes környezetétől. A jelenség vizsgálatát két irányból közelíthetjük meg. Vagy mérésekkel igyekszünk képet kapni a városi környezet időjárásáról, vagy meteorológiai modell szimulációit alkalmazzuk. Ez utóbbi előnye, hogy megfelelő beállítások esetén, körültekintő tesztelést követően, egy meteorológiai modellt bármelyik városban alkalmazhatunk, függetlenül annak földrajzi elhelyezkedésétől, méretétől vagy funkciójától. Munkánk célja a Weather Research and Forecasting (WRF) időjárás-előrejelző modell alkalmazása Szegeden. Ehhez szükséges a modellhez kapcsolódó statikus (felszín) adatbázis módosítása, valamint a modell paramétereinek megfelelő beállítása. A modell optimalizálásának érdekében a szegedi URBAN-PATH városklíma monitoring rendszer mérési adatbázisát (*URBAN-PATH Project, 2014; Lelovics et al., 2014; Unger et al., 2015*) használtuk fel.

**A vizsgált terület és felhasznált adatok.** Szeged a Dunántúli-dombság, a Dunántúli- és Északi-középhegység, Kárpátalja és az Erdélyi-középhegység, valamint a Bán-sági-hegyvidék és a Tarcál (Fruska Gora) hegyei által körbezárt síkság, az Alföld közepén fekszik, a Maros és a Tisza torkolatánál, a tőle nyugatra elterülő, homokos talajú Kiskunság és a keleten található, szikes, agyagos talajú Körös-Maros köze közötti területen. Tengerszint feletti magassága 75–80 m. Helyi klímájára hatással van a tőle északra található Fehér-tó és a Körtvélyesi Tiszaholtág hűtőhatása, valamint a Vajdaság felől nyaranta gyakran meghatározó időjárást hozó forró déli szél.

Szeged térsége a Köppen-Geiger klímaklasszifikáció alapján a Cfb (meleg-mérsékelt) klímaosztályba sorolható (Kottek et al., 2006). Az évi középhőmérséklet 10–12 °C körül alakul, míg az évi csapadékösszeg jellemzően 500 mm körüli. A magasnyomású képződmények nyári évszakra jellemző dominanciája és a medence hatás erőssége következtében a napsütéses órák száma rendkívül magas (évi átlagban 2000 óra feletti), a nyári hónapok túlnyomó időszakában a helyi hatások a meghatározók. Mindez kedvez a városi hősziget-jelenség kialakulásának. A Tisza parti település hazánk harmadik legnépesebb városa, lakossága 172 ezer fő. A megyei jogú város teljes területe 281 km<sup>2</sup>, ám a beépített terület ennél jóval kevesebb. A különböző városrészeket körutak és sugárutak határolják. A Tisza Lajos körút által meghatározott területet Szeged belvárosának tekintjük, ahol jellemzően irodaházak, üzletek, bérházak és oktatási célokat ellátó épületek találhatóak. A város külső részei felé haladva a bérházakat egyre inkább lakótelepek (pl. Tárján, Felsőváros), családi házak (pl. Újszeged), illetve kertés házak (pl. Móraváros) váltják fel. Ipari területek, logisztikai centrumok különösen a város külső területein és a pályaudvar környékén vannak. 2014 tavaszától egy 24 állomásból álló (22 városi és 2 vidéki) városklímamérőhálózat üzemel Szeged termikus viszonyainak minél részletesebb detektálása érdekében (Unger et al., 2015 – 1. ábra). A mérőpontok úgy lettek kijelölve, hogy termikus, sugárzási és geometriai mérőszámaik alapján megfelelően reprezentálják néhány 100 m sugarú, viszonylag homogén környezetüket. További fontos szempont volt, hogy a hálózat a Stewart and Oke (2012) által bevezetett lokális klímazónák (LCZ) rendszerére is reprezentatív legyen (Lelovics et al., 2014). Az állomások szenzorai sugárzásvédő ernyőben elhelyezve, 4 m magas lámpaoszlopokon kerültek rögzítésre. Az eszközök 1 percenként mérnek hőmérsékletet (10–60 °C között 0,2 °C pontossággal) és relatív nedvességet (10–90% között 1,8% pontossággal), és ezeket az információkat küldik tovább a központi szervernek. Ezzel nagy felbontású mérési adatgyűjtő rendszer biztosított a modelleredmények értékeléséhez. A validációhoz rendelkezésre álló adatsor szemléltetésére a 2. ábrán bemutatunk egy tipikus hőmérsékleti menetet, amely a nyári napokra jellemző abban az esetben, ha azt sem csapadék tevékenység, sem fronthatás, sem egyéb nagytérségű változás nem zavarja meg. A belvárosi Bartók tér (BAR) és az OMSZ Bajai úti állomásán (HMS) mért adatok – legalábbis az éjszakai, hajnali órákra jellemző meleg és a délelőtti órákban szokásos negatív hősziget tekintetében – mintegy burkoló görbe módjára fogják közre az egyes állomásokon mért szürke pontozott vonallal reprezentált értéke-

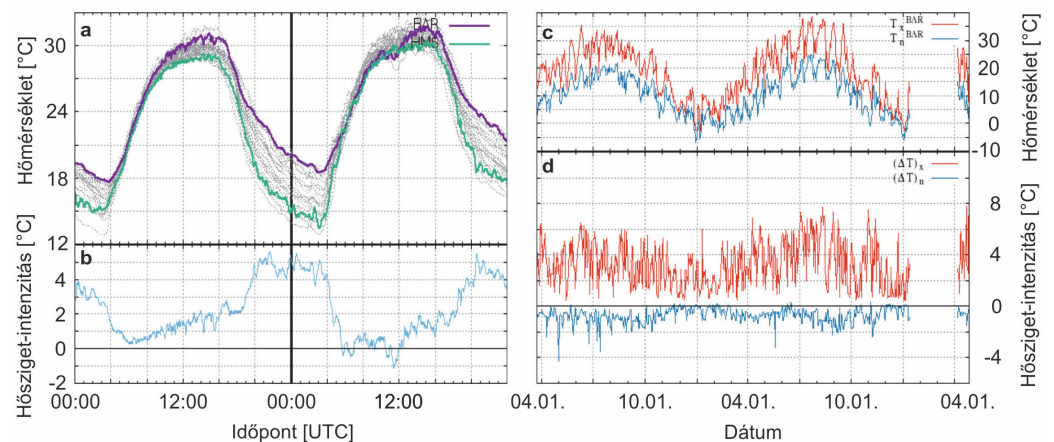


1. ábra: A városklíma mérőhálózat állomásai

ket. Ennek okán a továbbiakban egy adott időpontra jellemző városi hősziget-intenzitás mérőszámaként a fent említett állomások  $\Delta T$  hőmérsékletkülönbségét értjük. Ennek értéke nyáron jellemzően 3–5 °C körüli, de elérheti a 6–8 °C-ot is. Maximumát napnyugta után általában 4–6 órával veszi fel, délelőtt gyakoriak az 1–2 °C negatív értékek (Unger et al., 2015).

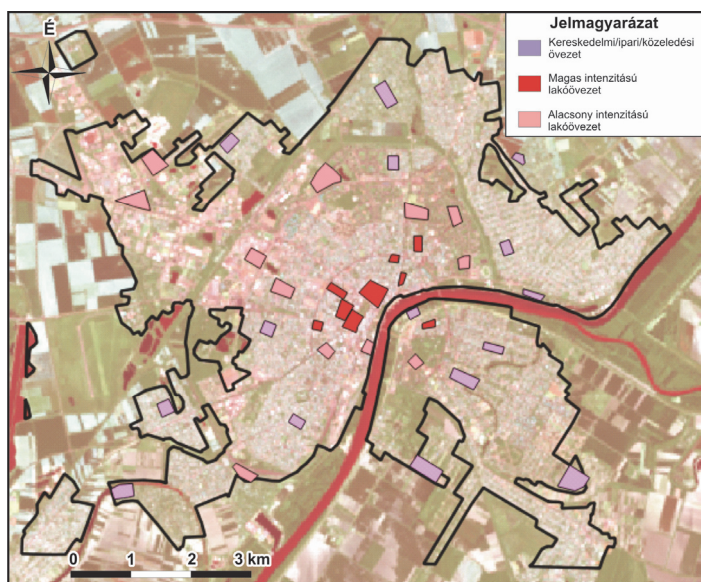
**A modellezési eljárás.** A mesterséges környezet időjárás-módosító hatásának modell vizsgálatához az NCAR Weather Research and Forecasting (WRF) közösségi időjárás-modelljét választottuk. Ennek oka a modell és bemenő adatainak hozzáférhetősége, jól dokumentáltsága és az összehasonlító vizsgálatok széles skálája mellett az is volt, hogy annak konfigurálhatósága nagymértékben hozzájárul a kutatási feladathoz, és hogy rendelkezik kifejezetten a városi környezet modellezésére fejlesztett felszín-parametrizációs lehetőséggel. WRF leírása és konfigurációs lehetőségeinek bemutatása már számos korábbi tanulmányban látott napvilágot (Skamarock et al., 2008; Gyöngyösi et al., 2012), itt csak a városi felszín leírására használt modellre kívánjuk felhívni a figyelmet.

Vizsgálatainkat a Kusaka et al. (2001) által kidolgozott egyrétegű tetőszint modellre (Single Layer Urban Canopy Model, SLUCM) korlátoztuk, hiszen a rendelkez-



2. ábra: Az egyes állomásokon mért hőmérsékleti értékek (a) és a hősziget-intenzitás (b) jellemző napi menete egy zavartalan nyári napon, 2015. június 2-3-án. A napi maximum és minimum hőmérsékletek menete a belvárosban (c) és a hőmérséklet-különbség napi maximuma és minimuma (d) 2014 áprilisa (a mérőhálózat üzemelésének kezdete) és 2016 áprilisa között





3. ábra: A Landsat 8 megfigyelése alapján előállított kompoziton elhelyezett tanulóterületek

zésre álló adatok ehhez a modellhez kapcsolódó paraméterek térbeli vizsgálatát tették csak lehetővé. Az SLUCM egymást követő, végtelen hosszú ún. városi kanyonok sorozatával írja le a felszínt. A modell figyelembe veszi a kanyonok tájolását, a rövid- és hosszuhullámú sugárzás visszaverődését vagy elnyelődését és az árnyékolás hatását az épületek között. Prognosztikus változói közé sorolható a tető, a fal és az út felszínhőmérséklete vagy a tetőszint magasságában uralkodó szélirány és szélesebség. Ahhoz, hogy a modell megfelelően reprezentálja a felszíni viszonyokat, a bemenő időjárási adatok mellett a statikus felszíni információk (talaj- és felszínhasználat), valamint a felszínparaméterek pontos ismerete is kulcsfontosságú. Éppen ezért végrehajtottuk a modell fentiek szerinti adaptálását, majd a 2015. év nyári időszakára integrálásokat végeztünk, hogy összevegyük azokat a mért adatokkal.

**A statikus adatbázis.** A WRF modell alapértelmezett USGS felszínborítási adatbázisában (ez hozzávetőlegesen 900 m-es vagy 30 ívmásodperces felbontású) Szegedet 27 városi felszín típusához tartozó rácspont fedi le, míg a CORINE adatbázis alapján ez a szám 86, amiben nincsenek benne a környező településekhez tartozó rácspontok, csak az egybefüggő szegedi területek. Pontosítási lehetőséget ad a modell számára, ha az egyszerű városi felszínosztályozás helyett egy specifikus beépítettségi kategorizálást alkalmazunk. Ezt a CORINE adatbázis önmagában nem teszi lehetővé, ezért további műholdas információkat kellett igénybe venni. Erre a Landsat 8 napszinkron pályán keringő műhold képeit találtuk a legoptimálisabbnak, ugyanis ez a produktum igen nagy felbontású (1 ívmásodperc, ami körülbelül 30 méter) és havi két időpontra érhető el. Olyan napot választottunk, amikor az áthaladás során – az adott képpont esetében – a felhőborítottság elhanyagolható volt. A kilenc különböző időpontra vonatkozó műholdképekből a két rövidhullámú infravörös és a vörös sáv megfigyeléseit használtuk fel. Ezekből hamis-szín kompozitot készítettünk,

melyen jól detektálhatóak a mesterséges felszínelemek, majd tanulóterületeket határoztunk meg a klasszifikációhoz (3. ábra). A tanulóterületek kiválasztásánál alapvető szempont volt, hogy megfelelően reprezentálják az adott városi terület karakterisztikáit, és azokat hozzávetőleg azonos mértékben fedjék le. A kijelölés alapját a helyszíni megfigyelések és a korábbi szegedi városklíma vizsgálatok tapasztalatai képezték. A tanulóterületeket felhasználva létrehoztunk egy ún. *signature* állományt, mely az elemi részek alapterületét, a lefedő pixelek számát vagy például a területet jellemző spektrális tulajdonságokat tartalmazza. A klasszifikációhoz az ún. maximum likelihood osztályozást választottuk (Ahmad and Quegan, 2012), mely a csoportok képpontjaira jellemző szórásokon és kovarianciákon alapul, és viszonylag egyszerű algoritmusa miatt gyors számítást biztosít. Mivel az így kapott felszínhasználat felbontása jóval finomabb, mint az alapértelmezetté (1, szemben a 30 ívmásodperccel), ezért minden egyes 30×30-as méretű új kategóriacsoportból ki kellett választani azt a legvalószínűbb (azaz a leggyakoribb) kategóriát, ami az eredeti felbontáson a módosított felszínhasználati adatbázisban meg fog jelenni. Végrehajtva ezt az eljárást, azt kaptuk, hogy a modell futtatásánál alkalmazott legfinomabb felbontású, 400 m-es rácson a rácspontok 6%-a (16 rácspont) sorolható a kereskedelmi/ipari/közlekedési, 21%-a (63 rácspont) a magas intenzitású lakóövezet, míg 73%-a (222 rácspont) az alacsony intenzitású lakóövezet kategóriába. Ezzel az eljárással az alapértelmezett USGS vagy CORINE adatbázisokhoz képest tehát egy jóval sokszínűbb és pontosabb városi felszínosztályozási adatbázis állt rendelkezésünkre.

**Az egyrétegű városi tetőszint modell paramétereinek módosítása.** A modell paramétereinek alapértelmezett értékei között megtalálhatóak termodinamikai jellegű változók (pl. albedó, hőkapacitás, hővezető képesség) és geometriai típusúak (pl. épületmagasság, városi felszín aránya, útszélesség) egyaránt. A modell négy városi felszín típust különböztet meg, mindegyik típushoz más-más paramétereket rendel hozzá. A Kusaka et al. (2001) által publikált eredeti és az általunk módosított változók értékeit az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatban nem közölt paramétereket változatlanul hagytuk, mivel azok megfelelnek a helyi sajátosságoknak vagy nem rendelkezünk jobb ismerettel. A paraméterek megváltoztatásához 5 m-es felbontású RapidEye műholdkép és épület adatbázis állt rendelkezésünkre. A műholdképek feldolgozása során a látható tartományú sávok segítségével kiszámított reflektanciákból albedó értékeket származtattunk, a vörös és közeli infravörös sávok reflektanciáinak megfelelő kombinációjával pedig a vizsgált terület NDVI (Normalizált Vegetációs Index) térbeli eloszlása vált ismertté. Egy adott térrészhez meghatározott küszöbértékek (pl. mesterséges felszín:  $0,0 < NDVI < 0,2$  – Sobrino et al., 2004) hozzárendelésével a beépített területek tipikus mintázata is kirajzolódott. A következő lépésben a felszínhasználati információkat vektoros formátumba kellett konvertálni, majd a már meglévő módosított CORINE városi kategóriákhoz hozzákapcsolni. Ez Szegedet lefedő elemi városi felszínkategória poligonokat eredményezett,

melyek a különböző típusú információkat (pl. albedó, beépítettség stb.) tartalmazzák. Területi átlagokat képezve az egyes poligonokra, majd azokat kategória szerint összegezve, rendelkezésünkre álltak az adatok városi kategória szerinti új értékei (1. táblázat). Az út- ( $r$ ) és tetőszélesség ( $R$ ) kiszámításához ismernünk kell az egyes városi osztályok összterületét ( $T_{cx}$ ), az adott osztályba tartozó épületek összterületét ( $T_{bx}$ ), az adott osztályra jellemző nem beépített összterületét (a  $T_{ox}$  praktikusán az előző kettő különbsége), az adott osztályban lévő épületek számát ( $N_x$ ), valamint a már korábban meghatározott (kategória szerinti) átlagos épületmagasságot ( $M_x$ ). Tég-lalap alakú városi kanyont feltételezve, az útszélességre az

$$r = T_{ox}/M_x/N_x$$

míg a tetőszélességre az

$$R = T_{bx}/M_x$$

összefüggéseket alkalmazhatjuk. Szembetűnő, hogy az új paraméterek szinte mindhárom osztályban alacsonyabb értékekkel rendelkeznek az alapbeállításokhoz képest.

1. táblázat: A városi kategóriákra jellemző alapértelmezett (záró-jelben) és módosított WRF-SLUCM paraméterek

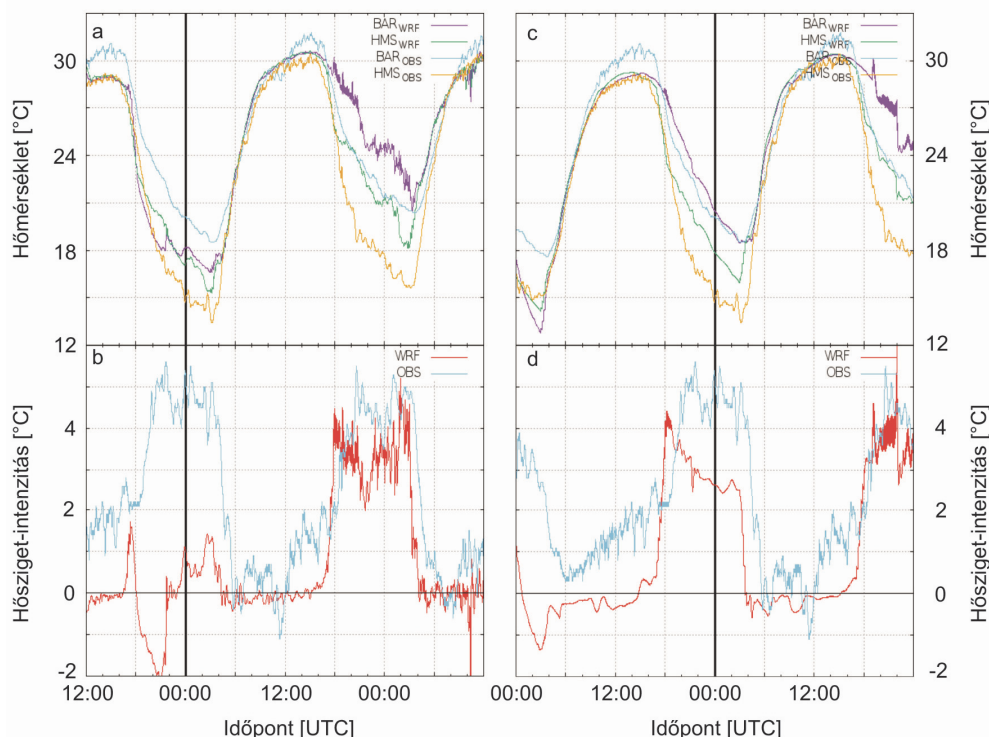
Paraméter	Alacsony intenzitású lakóövezet		Magas intenzitású lakóövezet		Kereskedelmi /Ipari/Közlekedési övezet	
	Épület magasság, m	6,00	(5,00)	6,00	(7,50)	6,00
Tetőszélesség, m	5,50	(8,30)	5,50	(9,40)	6,20	(10,00)
Útszélesség, m	5,50	(8,30)	5,50	(9,40)	6,20	(10,00)
Mesterséges felszín aránya	0,40	(0,50)	0,60	(0,90)	0,70	(0,95)

Megállapítható továbbá, hogy az összes kategóriában átlagosan 6 m magasak Szeged épületei, kizárólag az alacsony intenzitású lakóövezetben haladta meg az átlagos magasság az eredetileg megadott számot (5 m). Az épületmagasságnál tapasztalható változásoknak szerepe lehet a sugárzasi egyenlegben, hiszen az átlagosan alacsonyabb épületek kevésbé árnyékolnak nappal, valamint kevésbé reflektálhatják a rövid- és hosszuhullámú sugárzást, azaz a módosítások következtében a modell nappal melegebbé, éjszaka hidegebbé válhat a városi tetőszint magasságában.

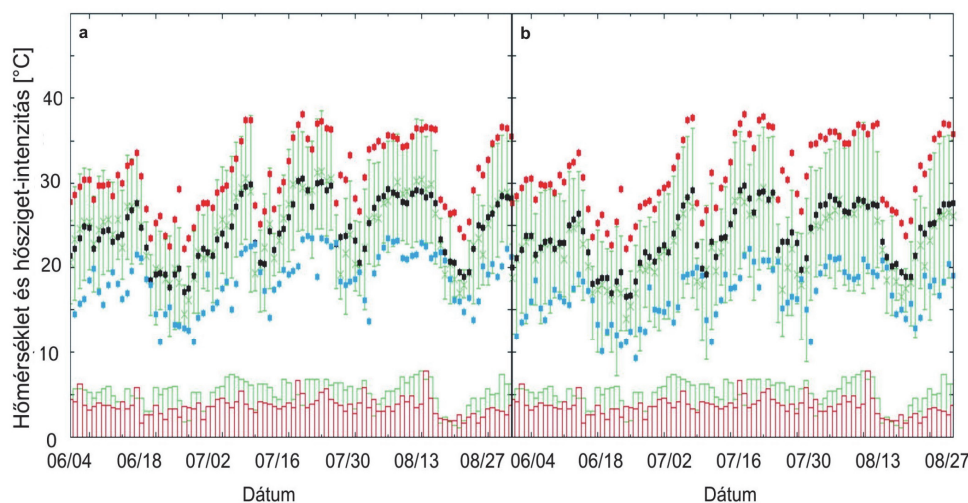
A tető- és útszélességre – kategóriánként megegyezően – 5,5, 5,5 és 6,2 m értékek adódtak, ami markáns csökkenést jelent. A mesterséges felszínborítottságban is hasonló tendencia figyelhető meg, mindez pedig párhuzamosan a természetes (vegetációs) felszínborítottság arányos emelkedését okozza a modellben. Ennek fizikai következménye az energiaelosztásban jelentkezhet: a mesterséges anyagokban nappal tárolódott belsőenergiából kevesebb melegíti a felszín közeli légrétegeket az éjszakai órákban, illetve nappal fokozódhat a növényzet párologtatása, ezzel növelve a felszín látens hő kibocsátását (csökkenő Bowen-arány), ami összességében szintén a városi hőtöbblet ellen dolgozik. A fal, az út és a tető albedója nem változott, elfogadtuk az alapértelmezett 0,2-es értéket.

**Modell beállítások.** Futtatásaink során a modell legújabb 3.8.1-es verzióját alkalmaztuk, amely még a korábbi változatoknál is fejlettebb és könnyebben alkalmazható városi parametizációs opciókat tartalmaz. A modell meteorológiai bemenetét három óránként a GFS negyedfokos felbontású globális adatai szolgáltatták. Ennek megfelelően 10 km-es rácsfelbontást és kétszeres beágyazást választottunk 1:5 arányban. Ennek köszönhetően a legfinomabb, d03 tartomány felbontása mindössze 400 m. Az egyes fizikai folyamatok tekintetében a felbontásnak megfelelő és az SLUCM felszín-parametizációval kompatibilis parametizációk lettek alkalmazva: RRTMG rövid- és hosszuhullámú sugárzás, módosított MM5 felszínközeli réteg és Noah talajfelszín, valamint BouLac határreteg-parametizációt. A mély konvekciót Kain-Fritsch sémával vettük figyelembe 2 km-es felbontásig. Különböző felbontással és beágyazási szintekkel végrehajtott érzékenységi vizsgálatok és esettanulmányok azt mutatták, hogy míg 10 km-es felbontás mellett gyakorlatilag nem jelentkezik városi hatás a kimenő adatokban, addig a harmadik, 400 m-es felbontású tartomány alkalmazása az egyszeres, legfeljebb 2 km-es felbontású beágyazással szemben, nem hoz látványos javulást Szeged városi hőszigetének szimulációjában. A különböző felfutási idővel (spin-up) indított vizsgálatok azonban mind arra engednek következtetni, hogy látványos és a mérésekhez közeli városi hősziget-hatás csak a modell futtatásának második napja éjszakáján detektálható. Erre jellemző a 4. ábrán illusztrált példa, ahol látható, hogy az UTC 00 órakor indított futtatás első éjszakáján gyakorlatilag nem jelentkezik a hősziget-hatás a modell szerint, míg a második éjszaka folyamán ez már jelentős, és a mért értéket megfelelően közelíti. Ugyanezt tapasztaljuk abban az esetben is, ha a futtatást nem éjfélkor, hanem délben indítjuk. A városi területekre kapott hőmérsékleti kimenetek másik jellemző tulajdonsága, hogy azok a napi maximumot követő hűlési időszakban rendkívül zajosak lesznek. A hőmérséklet menetében többfokos, sűrű, egy percnél rövidebb periódus idejű ingadozásokat lehet megfigyelni az integrálási időközökben kiírt pontonkénti értékekben. Ennek a nyilvánvalóan numerikus okból jelentkező zajnak a kiszűrésére a hőmérsékleti adatokból egyperces átlagokat képeztünk, és ezeknek a különbségét vettük figyelembe, illetve ezeket vetettük össze a mért adatokkal. A példaként a 4. ábrán bemutatott modellezett hőmérsékleti diagramon már az egyperces átlagokkal megjelenített értékek szerepelnek, de még ezek esetében is felfedezhető a zaj a lila színű ( $BAR_{WRF}$ ) görbe második napi 18 és 24 óra közötti szakaszán. Fentiek alapján 24 óránként indított, egyenként 48 órás futtatásokat hajtottunk végre, melynek első 24 óráját a feldolgozások során figyelmen kívül hagytuk, és egyperces átlagos értékeket dolgoztunk fel.

**Eredmények és további tervek.** A modellt 2015. év teljes nyári időszakára futtattuk le. Megvizsgáltuk a napi átlag, maximum és minimum hőmérsékleti értékek alakulását a Bartók tér és az OMSZ Obszervatórium közelében található rácspontra, valamint a két hőmérséklet különbségének maximumát (5. ábra).



4. ábra: A mért (OBS) és modellezett (WRF) hőmérsékleti menetek 12 (a) és 24 (c) órás felfutási idővel a belvárosi Bartók tér (BAR), illetve az OMSz Bajai úti meteorológiai állomásán (HMS), valamint a két állomás alapján számított hősziget-intenzitás alakulása hasonlóan 12 (b) és 24 (d) órás felfutási idővel



5. ábra: A mért és modellezett hőmérsékleti értékek a belvárosban (a) és a külterületen (b). A mért napi átlagos, maximum és minimum értékeket a zöld vonal szemlélteti, míg a modell által szolgáltatott napi átlagot a fekete, a maximumot a piros, a minimumot pedig a kék pontok jelzik. A diagram alján a mért (zöld) és modellezett (piros) napi legnagyobb hősziget-intenzitás értéke került feltüntetésre

Összességében elmondható, hogy a külterületeken a modell általában jól teljesít a napi minimumra vonatkozóan és kicsit meleg a maximum tekintetében, ellenben a belvárosra vonatkozó modell eredmények rendre elmaradnak a minimumok környékén. Ez okozza a hőszigetbecslésre vonatkozó szisztematikus negatív torzítást. A modell ilyen jellegű hibája különösen azokra a napokra jellemző, amikor a megfigyelt hősziget-intenzitás 5 °C feletti (például július első és harmadik hetében vagy augusztus elején és végén), hiszen a modell általában

ilyenkor is csupán 2–3 °C intenzitást adott. Azokban az időszakokban, amikor egyéb hatás (tartós csapadék vagy fronttevékenység) miatt a hősziget-intenzitás alacsony, a modell hibája is jóval kisebb. A teljes három hónapos időszak alatt a modell csak négy esetben adott a megfigyeltnél 1–2 °C-kal magasabb hőmérséklet különbséget: június 2-án és 14-én, július 18-án, valamint augusztus 14-én. Ezeket az eseteket megvizsgálva az látható, hogy a modellezett intenzitás rövid ideig tartó, kiugró értékei adták a mértnél magasabb maximális értékeket, de az időben simított adatokkal nem jelentkezik túlbecslés ezekben az esetekben sem. A városi hősziget-intenzitás térbeli eloszlását a külvárosban lévő OMSZ állomáshoz legközelebb eső és a többi rácspont hőmérsékletkülönbsége alapján definiáltuk. A hősziget jellegzetes eloszlását egy 2015. június 3. éjféli térképen mutatjuk be (6. ábra), amelyen Szeged és Kiskundorozsma mellett meleg területként a környező települések (pl. Üllés, Mórahalom, Magyarkanizsa, Horgos és Hajdújárás) pozitív hőmérsékleti anomáliái is jól kirajzolódnak. Szembetűnő még a módosított felszínhasználati- és városi tetőszint-parametrizáció hatása is az intenzitás alakulásában, hiszen míg az alapértelmezett statikus adatbázissal leírt kisebb méretű és kevesebb lakosú településeken az intenzitás rendre 2–3 °C, addig a megváltoztatott paraméterekkel jellemzett Szeged esetében – térben jelentősebb szórást mutatva – ez az érték már 4–5 °C. Az első eredmények biztatóak, hiszen látszik, hogy a modell alkalmas a városi környezet sajátosságainak szimulálására. Jól adja vissza a térbeli mintázatot és az időbeli menetet zavartalan időjárási helyzetben, amikor elsősorban a helyi hatások alakítják a hőmérsékleti viszonyokat. A referencia futtatás további elemzésével igyekszünk felderíteni a mérésektől való szisztematikus eltérések okát és a

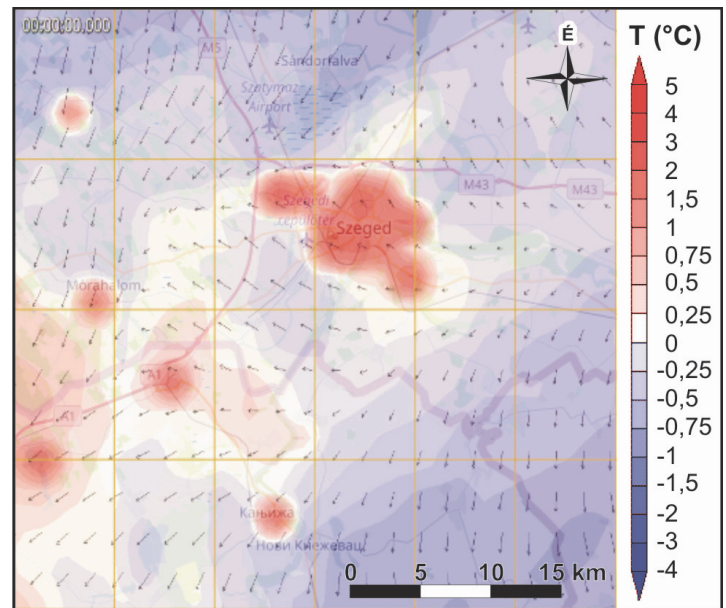


hibák lehetséges csökkentésének irányát. Az antropogén kibocsátás becslésével kísérletet teszünk az összetettebb városi felszínparametrizációk (BEP, BEM – *Martilli et al.*, 2002; *Salamanca et al.*, 2010) alkalmazására is. Meg kívánjuk vizsgálni annak a lehetőségét is, hogy az LCZ kategóriák alapján további városi felszínparametrizációkat definiálva a modell teljesítménye növelhető-e. További elemzések szükségesek annak eldöntésére, hogy esetleg más sugárzási- vagy felszínparametrizációs sémák választása nem javítja-e a modell jóságát. A mérési adatok modellbe történő asszimilációjával vagy a kimenő adatok utófeldolgozásban való alkalmazásával megkíséreljük a városi hőszigetet még pontosabb reprezentálását. A középtávú cél egy olyan modellrendszer kialakítása, amely valós időben képes a hőterhelés prognosztizálására Szeged térségében.

**Köszönetnyilvánítás.** A tanulmány összeállítását az NKFIH (K-111768), valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-IKT/147-1787/8/2016-ÖSZT-114 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta.

### Irodalom

- Ahmad, A. and Quegan, S.*, 2012: Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. *Applied Mathematical Sciences* 6, 6425–6436.
- Gyöngyösi, A. Z., André, K., Horányi, A., Mile, M., Szépszó, G., Tasnádi, P. és Weidinger, T.*, 2012: Numerikus meteorológiai modellfuttatások az ELTE Meteorológiai Tanszéken. *Légkör* 57, 177–183.
- Grawe, D., Thompson, H. L., Salmond, A. J., Cai, X. M. and Schlünzen, K. H.*, 2013: Modelling the impact of urbanisation on regional climate in the Greater London Area. *International Journal of Climatology* 33, 2388–2401.
- Kotteck, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F.*, 2006: World map of the Köppen-Geiger climate classification update. *Meteorologische Zeitschrift* 15, 259–263.
- Kusaka, H., Kondo, H., Kikegawa, Y. and Kimura, F.*, 2001: A simple single-layer urban canopy model for atmospheric models: Comparison with multi-layer and slab models. *Boundary-Layer Meteorology* 101, 329–358.
- Martilli, A., Clappier, A. and Rotach, M. W.*, 2002: An urban surface exchange parameterization for mesoscale models. *Boundary-Layer Meteorology* 104, 261–304.
- Lelovics, E., Unger, J., Gál, T. and Gál, C. V.*, 2014: Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. *Climate Research* 60, 51–62.
- Salamanca, F., Krpo, A., Martilli, A. and Clappier, A.*, 2010: A new building energy model coupled with an urban canopy



6. ábra: A városi hősziget-intenzitás jellemző éjszakai eloszlását példázó kép 2015. június 3-án éjjelkor. A vektorok a 10 m-en jellemző szél irányát és sebességét mutatják

- parameterization for urban climate simulations—part I. formulation, verification, and sensitivity analysis of the model. *Theoretical and Applied Climatology* 99, 331–344.
- Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X. Y., Wang, W. and Powers, J. G.*, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. *NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR*, pp. 113
- Skarbit, N. and Gál, T.*, 2016: Projection of intra-urban modification of night-time climate indices during the 21st century. *Hungarian Geographical Bulletin* 65, 181–193.
- Stevance, A. S., Mengel, J., Young, D. and Glaser, G.*, (eds) 2015: Review of the Sustainable Development Goals: The Science Perspective. *International Council for Science (ICSU), Social Science Council (ISSC)*, Paris pp. 92
- Stewart, I. D. and Oke, T. R.* 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of American Meteorological Society* 93, 1879–1900.
- Unger, J., Gál, T., Csépe, Z., Lelovics, E. and Gulyás, Á.*, 2015: Development, data processing and preliminary results of an urban human comfort monitoring and information system. *Időjárás* 119, 337–354.
- United Nations*, 2014: World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. *Department of Economic and Social Affairs, Population Division*, pp. 32
- URBAN-PATH Project*, 2014: Evaluations and Public Display of Urban Patterns of Human Thermal Conditions. <http://urban-path.hu/>

# AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ INTENZÍV CSAPADÉKOK ALAKULÁSÁRA

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE OCCURRENCE OF HEAVY RAINFALLS

Hoffmann Lilla, Lakatos Mónika

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

hoffmann.l@met.hu, lakatos.m@met.hu

**Összefoglalás.** A múlt század hetvenes éveitől fokozódik a csapadék szélsőséges jellege térségünkben: komoly aszályokat kiváltó csapadékhiányos és az árvízveszélyt növelő bő csapadékú évek egyaránt előfordultak ebben az időszakban. A csapadék szélsőségei változásának nyomon követésére az OMSZ éghajlati adatbázisán alapuló homogenizált (MASH, *Szentimrey*, 2011), 10 km-es rácshálóra interpolált (MISH, *Szentimre és Bihari*, 2007) napi csapadék adatokat használtuk. Néhány, nemzetközi projekteken is alkalmazott szélsőség index alakulását mutatjuk be az említett adatbázison. A hosszú indexsorok közül a csapadékos napok csökkenése és az erősen csapadékos napok csapadékának aránya mutat szignifikáns változást 90%-os megbízhatósággal 1901-től. A térképeken feltüntetett mintegy fél évszázados változások azonban csak szűk területen szignifikánsak. A rövid idő alatt lehullott, rendkívül nagy értékek visszatérési periódusa rövidült, amit a Budapest-belterület állomásra vonatkozó esettanulmány is alátámaszt.

**Abstract.** Since the seventies of the last century the extreme rainfall has been intensifying in our region. Heavy rainfalls and long periods with lack of precipitation have been occurred several times in recent years. The precipitation data we used in this study were homogenized (MASH, *Szentimrey*, 2011) and interpolated (MISH, *Szentimrey and Bihari*, 2007) for 10 km resolution grid. The raw measurements are originating from the climate database of Hungarian Meteorological Service. Internationally widely used extreme climate indices were implemented and the fitted linear trend to the indices series was tested. The number of wet days shows significant decrease and the proportion of the very wet day's precipitation in the yearly sum shows significant increase with 90% of confidence from 1901. However the half a century of changes depicted on the maps are significant only in narrow areas. The return period of extremely high values was shortened, as it is shown in a case study for Budapest-Belterület station.

**Bevezetés.** A cikk a Magyar Meteorológiai Társaság XXXVI. Vándorgyűlésén (2016. augusztus 25-26, Sárospatak) meghirdetett poszter verseny díjnyertes poszterének anyaga alapján készült. A poszter teljes egészében a 106. oldalon tekinthető meg. A csapadék térben és időben is változó éghajlati paraméter térségünkben, így az éghajlatváltozás hatására esetlegesen bekövetkező egyirányú tendenciák kevésbé egyértelműek, mint a hőmérséklet esetén. Bizonyos, csapadékhullással kapcsolatos szélsőségek intenzitásában, gyakoriságában mutatkozó tendenciák a változó éghajlat jelei. Az éghajlati monitoring során is kiemelt figyelmet kapnak a szélsőség indexek, vagy az egyre gyakrabban használatos elnevezés szerint klíma indikátorok. Számos szélsőség indexet származtathatunk a napi csapadékösszegekből, mint alapelemből. Több nemzetközi projekt során is előállt szélsőség indexek sora (*Klein Tank and Konnen*, 2003, *Alexander et al.*, 2006, *Donat et al.*, 2013), ezek többségét megvalósítottuk, közülük mutatunk be itt néhányat.

**Felhasznált adatok és módszerek.** Az OMSZ éghajlati adatarchívuma a mérések kezdetétől tartalmazza a meteorológiai méréseket, megfigyeléseket, melyek jellegükben és minőségükben is változtak az idők során. Az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához azonban reprezentatív éghajlati sorok szükségesek. Az OMSZ-ban előállt homogenizálási eljárás (MASH, *Szentimrey*, 2011) használata lehetővé teszi, hogy az adatokat úgy kezelhessünk, mintha a mérések azonos körülmények között zajlottak volna. A MISH (*Szentimrey és Bihari*, 2007) eljárással rácspontokba interpolált adatokban job-

ban érvényesülnek az éghajlat jellemzői, vagyis a mérőhálózat egyenetlen elhelyezkedéséből adódóan a mérésekkel kevésbé lefedett területek jellemzői is érvényesülnek az országos átlagban. A számításokhoz az 1901–2015 közötti időszak homogenizált, interpolált napi rácsponti csapadék adatait használtuk. A változások nyomon követéséhez több, napi csapadékösszegegen alapuló indikátort kiszámoltunk évi és évszakos skálán is minden rácspontban, majd ezek átlagával képeztük az országos átlag értékét. Az országos átlagos index sorokat grafikonokon, míg a változás térbeli eloszlását térképeken szemléltettük. A feltüntetett változásokat az idősorokhoz illesztett lineáris trend alapján számoltuk.

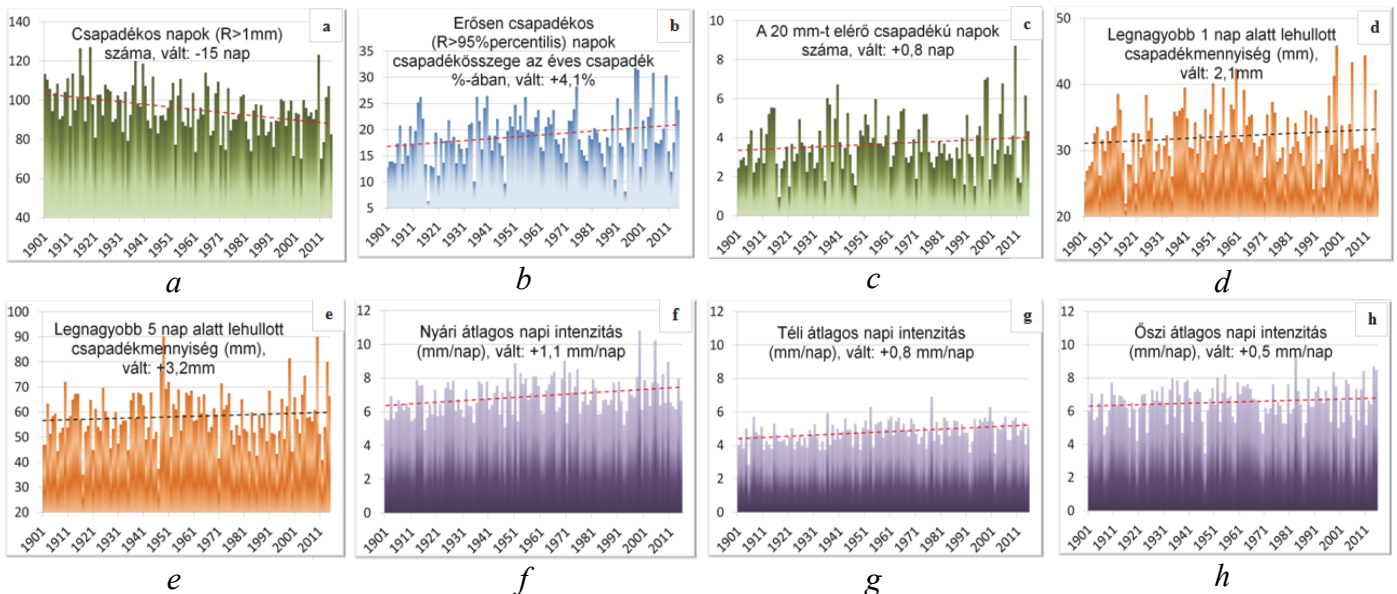
**Eredmények.** A szokásosnál csapadékosabb vagy szárazabb események, periódusok előfordulásának gyakoriságát néhány kiválasztott extrém csapadékindexekkel jellemezhetjük. A hosszú indexsorok (*1. ábra*) közül a csapadékos napok (napi csapadékösszeg > 1 mm) számának csökkenése és az erősen csapadékos napokon lehullott mennyiség aránya az évi összegben (napi csapadék összeg > 95%-os percentilis) index mutat szignifikáns változást 90%-os megbízhatósággal. 1901 óta, országos átlagban több mint kéthetes a csapadékos napok számának a csökkenése, 4%-os az erősen csapadékos napok csapadékának növekedése az éves összegben, a 20 mm-t meghaladó csapadékú napok esetében pedig enyhe növekedés mutatkozik, országos átlagban közel egy nap az emelkedés mértéke. A maximális 1 napos és 5 napos csapadékösszegek tendenciája is pozitív, de a változás nem éri el a szignifikáns mértéket. Ugyanakkor fontos

kiemelni, hogy a legnagyobb értékek mindkét index esetén, az időszak végén fordultak elő, jellemzően 1990 után. A napi csapadékintenzitás növekedése nyáron és télen a legnagyobb, a nyári növekedés mértéke 1,1 mm/nap, télen 0,8 mm/nap, ősszel pedig 0,5 mm/nap. Az átlagos napi intenzitás növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik.

Néhány extrém csapadékindex változásának térbeli eloszlását térképeken is ábrázoljuk (2. ábra). A térképeken feltüntetett mintegy fél évszázados változások azonban csak szűk területen szignifikánsak. A 2. ábra az 1961–2015 időszakban megfigyelt változásokat szemlélteti.

A csapadékos napok számának változásában a kontinentalitás hatása mutatkozik meg (2.a ábra). A Tisza vonalától nyugatra csökkenés, míg keletre inkább növekedés dominál. A Bakony térségben és a Viharsarkokban több a csapadékos nap, míg az ország középső

sát, ezzel együtt a visszatérési idejük csökkenését valószínűsítik. Ezt a feltételezést ellenőriztük Budapest-belterület automata mérései alapján egy igen emlékezetes özvívyszerű esőzést okozó 2015. augusztusi esemény kapcsán. 2015. augusztus 17-én, egy nyugat, délnyugat felől érkező ciklon meleg nedves szállítószalagjának köszönhetően több helyen hullott rövid idő alatt kiadós csapadék az országban, többek között a főváros térségében is. A városias környezet, a kiterjedt burkolt felületek, a csatornák korlátos befogadó képessége súlyosbítja egy ilyen heves esemény hatását. A 3. ábrán követhetők az esemény során lehullott 10 perces részösszegek Budapest-belterület automata állomás adatai alapján. A csapadéktevékenység nem sokkal 18 óra előtt kezdődött, ezt követően igen intenzív csapadékhullást rögzített a műszer. A 17:50 és 18:00 közötti részösszeg 19,4 mm-nek, az ezt követő 10 perces részösszeg pedig 19,9 mm-nek adódott. A csapadéktevékenység 19 óra után csillapodott.



1. ábra. A csapadékos napok száma (a), erősen csapadékos napok csapadékösszege az éves csapadék %-ában (b), a 20 mm-t elérő csapadéku napok száma (c), a legnagyobb 1 nap, illetve 5 nap alatt lehullott csapadékmennyiség (d-e) és a nyári, téli és őszi átlagos napi csapadékintenzitás (f-g-h), 1901-2015 között

területein csökkenő és növekvő tendenciát egyaránt láthatunk, helyenként 10 napos növekedést, máshol pedig több mint 8 napos csökkenést mutatnak a sorok. A legnagyobb egynapos összeg változását megjelenítő térképen (2.b ábra) látható, hogy az Alpokalján és a Somogyi-dombság területén 10 mm körüli a csökkenés, szemben az északkelet magyarországi és az alföldi területeken mutató közel 8 mm-es növekedéssel. A nyári napi csapadékos napok száma, más néven intenzitás (a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa) országos átlagban 1 mm-rel növekedett (2.c ábra). Az ország középvonalától északra fekvő területeken jellemző inkább a növekedés, a főváros térségében és a Dunántúli-középhegység területén a növekedés eléri a 2 mm-t. Csökkenő tendenciát leginkább Dél-Dunántúlon és az Északi-középhegység egyes részein láthatunk.

**Rövidülő visszatérési idők.** A nyári csapadék intenzitásának növekedése a heves események gyakoribbá válá-

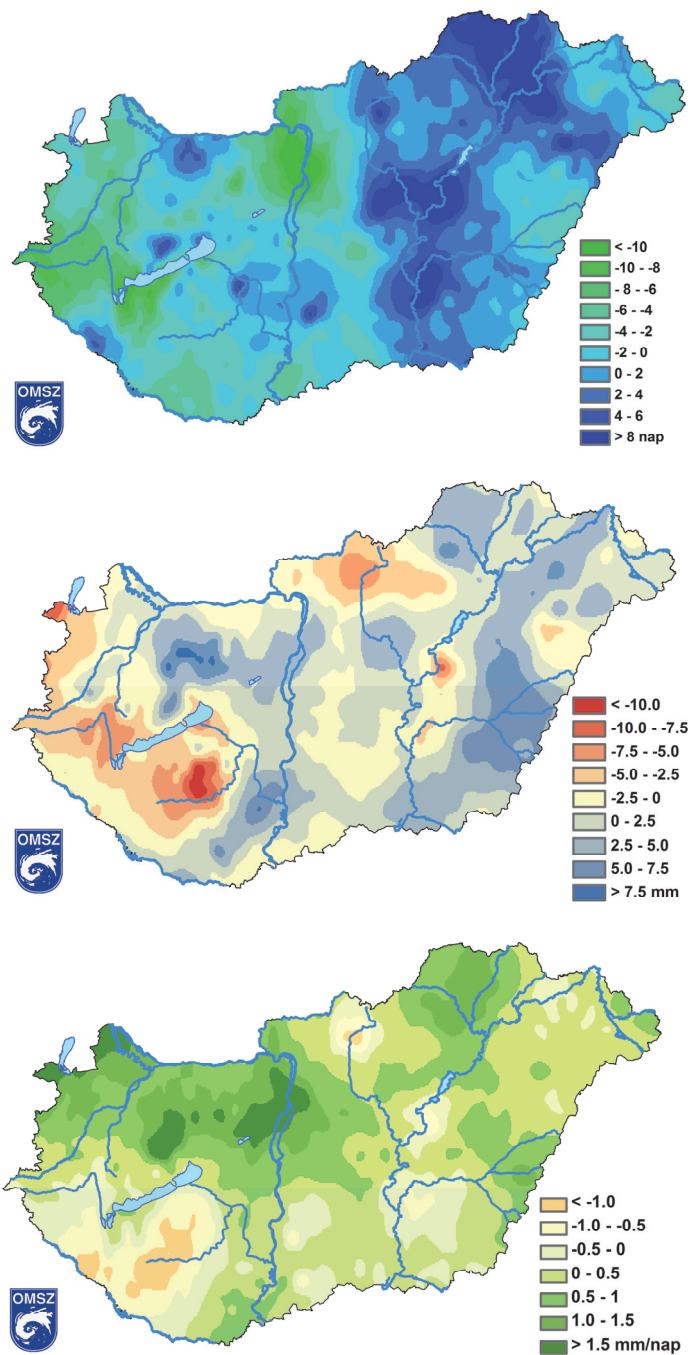
A legnagyobb órás összeg 83,3 mm-t tett ki az esőzés során. A budapesti átlagos, augusztus havi csapadékösszeg 52 mm, tehát ennek több mint másfélszerese hullott egyetlen óra alatt. A napi összeg pedig 115,4 mm-t tett ki, ami a 25. legnagyobb augusztusi érték országosan 1901 óta.

Az éghajlatváltozás és a szélsőséges éghajlati események összefüggésének egy szemléletes megfogalmazása, hogy a korábban emberöltőnként egyszer előforduló események gyakoribbá váltak. Ezt az állítást bizonyítja az alábbi visszatérési periódus becslés, amit két időszakra végeztünk el. Az első az itt bemutatott 2015. augusztus 17-ei esemény nélkül, az 1961-2014 időszak adatai alapján készült, míg a második illesztés az említett eseménnyel együtt történt. Az 1. táblázat két időszak mérései alapján ad becslést a 2, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200 évente átlagosan egyszer előforduló napi összegre. A visszatérési értékek becslését általánosított szélsőérték eloszlás függvény (GEV) illesztésével végeztük. A korábban 50



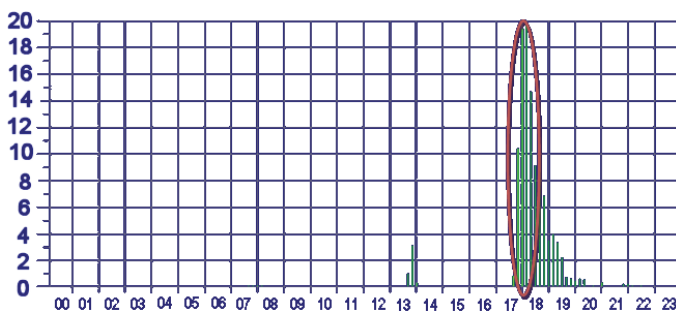
1. táblázat: Budapest-belterület állomás napi csapadékösszegeinek visszatérési értékei (mm), az általánosított szélsőérték eloszlás függvény (GEV) paramétereinek maximum-likelihood becslése alapján

Visszatérési idő	2	4	5	10	20	50	100	200
1961–2014	35,1	43,9	46,7	55,6	65,3	79,6	91,8	105,4
1961–2015	35,2	45,0	48,3	59,4	72,4	93,3	112,6	135,8



2. ábra. Csapadékos napok számának változása (a), a maximális napi csapadékmennyiség változása (b), a nyári csapadékin-tenzitás változása (c), 1961–2015 között

évente átlagosan egyszer előforduló 79 mm körüli érték visszatérési periódusa megfeleződött, alig több mint 20 év a legutóbbi intenzív esemény figyelembe vételével.



3. ábra. Az automata által rögzített 10 perces csapadékmennyiség (mm) Budapest Belterület állomáson 2015. augusztus 17-én

**Konklúzió.** Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált adatokon végzett tendencia elemzések szerint a múlt század eleje óta bizonyos csapadékkal kapcsolatos szélsőségek gyakoribbá váltak. Országos átlagban több mint kéthetes a csapadékos napok számának a csökkenése, 4%-os az erősen csapadékos napok csapadékanak növekedése az évi összegben. A napi csapadékin-tenzitás növekedése nyáron és télen a legnagyobb, a nyári növekedés mértéke 1,1 mm/nap, télen 0,8 mm/nap. Az átlagos napi intenzitás növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik. Az utóbbi három évtizedet jellemző globális és hazai éghajlati változások és az egymást követő évek szélsőséges csapadékviszonyai is indokolják az éghajlati állapot folyamatos nyomon követését a jövőben is, reprezentatív, ellenőrzött, homogenizált, mérésekre alapozva.

**Irodalom**

Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., and Vazquez-Aguirre, J. L., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.* 111, D05109; doi 10.1029/2005JD006290.

Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., Willett, K. M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A. M. G., Kruger, A. C., Marengo, J., Peterson, T. C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A. S., Sekele, S. S., Srivastava, A. K., Trewin, B., Villarroel, C., Vincent, L. A., Zhai, P., Zhang, X. and Kitching, S., 2013: Updated analysis of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *J. Geophys. Res.* 118, 2098–2118.

Klein Tank, A. M. G. and Konnen, G.P., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99. *J. Climate* 16, 3665–3680.

Szentimrey, T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03, Hungarian Meteorological Service, pp. 64

Szentimrey, T. and Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). *Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology*, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.

## BESZÁMOLÓ A IV. ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIÁRÓL SUMMARY OF 4<sup>TH</sup> MEDICAL METEOROLOGY CONFERENCE

Fülöp Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1023 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., [fulop.a@met.hu](mailto:fulop.a@met.hu)

**Az Orvosmeteorológiai Konferencia története.** Az 1950-es Magyar Meteorológiai Társaság Közgyűlésén döntött az első társasági munkatervről, ekkor alakult meg az Orvosmeteorológiai Szakosztály dr. Kérdő István vezetésével. A Szakosztályt többek közt Schulhof Ödön, Kérdő István, Predmerszky Tibor és Örményi Imre lelkesedése és kitartó szakmai munkája tartotta életben. Azt, hogy az orvosok és a meteorológusok között egyaránt növekedett az érdeklődés a téma iránt, mi sem bizonyítja jobban mint, hogy 1951-ben megszervezték az első Orvosmeteorológiai Tanfolyamot. Ezzel egy időben egy második Orvosmeteorológiai Tanfolyam szervezését is elhatározták, melyre 1956-ban került sor. Később, 1963. május 16-17-én megrendezésre került az I. Orvosmeteorológiai Konferencia. A szervezésben az MMT Orvosmeteorológiai Szakosztálya aktívan részt vett, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulattal együtt. A sikereken felbuzdulva aztán 1966-ban Nemzetközi Biometeorológiai Konferenciát szerveztek Budapesten, ahol a Magyar Meteorológiai Társaság társ-szervező volt. A fenti jeles kutatók nyomdokaiba már nem léptek lelkes követők és az MMT Orvosmeteorológiai Szakosztálya fokozatosan veszített kezdeti lendületéből, majd később meg is szűnt. Ötven év szünet után 2013-ban felélesztette az MMT Agro-és Biometeorológiai Szakosztálya az Orvosmeteorológiai Konferenciát, ami azóta két évente sikeresen megrendezésre kerül. A IV. Orvosmeteorológiai Konferenciát 2017. március 2-án tartotta meg a Magyar Meteorológiai Társaság. Három ülészakban hallgathattunk érdekes és friss kutatási eredményeket a biometeorológia különböző területeiről.

**History of Hungarian Medical Meteorology Conferences.** When the General Assembly of Hungarian Meteorological Society in 1950 decided about the first work schedule Medical Meteorology Department was established under leadership of István Kérdő. Enthusiasm's and persistent vocational work of Ödön Schulhof, István Kérdő, Tibor Predmerszky and Imre Örményi kept the department alive for long time. The interest was growing equally for the topic between the doctors and the meteorologists. It is proven the best that first Medical Meteorological Seminar was organized in 1951. This time the organisation of second Medical Meteorological Seminar was decided. It was held in 1956. Later, 16-17 May 1963 was organised the I. Medical Meteorology Conference. It was so successful that in 1966 an International Biometeorological Conference was organized in Budapest where Hungarian Meteorological Society was a companion organizer. Enthusiastic followers did not follow in the above illustrious researchers' footsteps already and it from his MMT Medical Meteorological Department initial impetus lost gradually came to an end later then. In 2013 after fifty years of pause MMT Agro- and Biometeorology Department revived Medical Meteorology Conference that since then biennially successfully organised. The IV<sup>th</sup> Medical meteorology conference was held 2 March 2017 by Hungarian Meteorological Society. We could have listened to interesting and fresh research results in three sessions from the different areas of biometeorology.

**Összefoglaló az előadások sokaságából.** Az egész nap tartó rendezvény első ülészakában az öngyilkosságok szezonális fluktuációjáról hallottunk előadást. (Zonda Tamás, Bozsonyi Károly, Bálint Lajos és Fülöp Andrea: Magaslégköri hatások a magyarországi öngyilkosságokra). Régen ismert, hogy az öngyilkosságok száma a késő tavaszi–kora nyári hónapokban a legmagasabb, míg a hideg, borongós téli időszakban a legalacsonyabb. A pontos ok mindmáig ismeretlen. Korábbi kutatások nyomán indokoltnak tűnt a magaslégköri hatások és az öngyilkosság kapcsolatának vizsgálata. A cél az volt, hogy magasban érkező egyes különböző légtömegfajták által hordozott tulajdonságok hatásait kimutassák. A modellezés során gyenge illeszkedés ( $R=0,055$ ), de erős szignifikancia ( $p=0,000$ ) adódott. Az oksági mechanizmus pontos azonosítása azonban további elemzést igényel.

Pintér Ádám, a Meteo Klinika képviselőjében (Pintér Ádám, Pintér Ferenc, Czeibert Kálmán) A műszeres mérési módszerek kutyák időjárás érzékenységének vizsgálatára címmel tartott előadást.

Megtudhattuk, hogy a légkör a kutyákra is jelentős hatást gyakorol. Szoros kapcsolat áll fenn a kutyák epilepsziás rohamainak jelentkezése és bizonyos időjárási paraméte-

rek között. Ugyanakkor a kutyák időjárás-érzékenysége egyedfüggő – mindez nagyfokú hasonlóságot mutat a humán időjárás-érzékenységgel. A Meteo Klinikán kidolgozott műszeres mérési módszerekkel megállapított MeteoProfil® a kutyák esetében is eredményesen alkalmazható, és ehhez kapcsolódóan egy viselhető műszer is kidolgozásra került, amelynek segítségével ez a fajta időjárás-érzékenység az ő esetükben is objektív módon vizsgálhatóvá válik.

Számos tagból álló kutató csoport (Dr. Folyovich András PhD, dr. Biczó Dávid, dr. Al-Muhanna Nadim, dr. Jarecsny Tamás, dr. Radics Péter, dr. Pintér Ferenc, Pintér Ádám, Fejős Ádám, Fisher Antal, prof. dr. Bereczki Dániel PhD MsC) az Ischaemias stroke és szívinfarktus télen – A fellépés és kimenetel összehasonlítása légköri paraméter alapján címmel tartott előadást a János Kórházból. Az akut ishaemias stroke (AIS), a szívinfarktus (AMI) és a peripherias érbetegség mindegyike az érrendszer betegsége. Ismert ugyanakkor több eltérő jellemzőjük. Mind a neurológiai, mind a kardiológiai sürgősségi ellátás érdeke, hogy találjon olyan előre jelezhető tényezőket, melyek a szervezetre gyakorolt kedvezőtlen hatásuk révén befolyással lehetnek a megbetegedések számára és kimenetelére. Munkájuk előzménye volt, hogy egy meteorológiai paramétréről, az ekvivalens potenciális

hőmérséklet (EPT) értékéről sikerült bizonyítani, hogy a 30 évi átlagtól való jelentős eltérése (ún. anomális periódus) kedvezőtlen hatással van a stroke kimenetére. Az EPT a különböző térségből érkező légtömegek karakterizálására alkalmas. Ezt vizsgálták most szívinfarktussal kapcsolatban, egyúttal összehasonlítást tettünk az AIS-kal. A Kárpát-medence légköri adottságai miatt ezúttal is a megbízhatóan feldolgozható téli hónapokat elemezték. Mind az AIS, mind az AMI esetében érzékelhető volt az események téli – szakirodalomból ismert – halmozódása, következményesen magasabb mortalitása. Eredményeik szerint az anomáliás EPT időszakok azonban sokkal inkább befolyásolták az AIS események felléptét és kimenetelét, mint az AMI-ét. Szignifikáns kapcsolat csak az AIS kedvezőtlenebb kimenetelével van.

Dr. Nagy Katalintól A klímaterápia jelentősége a XXI. században címmel hallhattunk előadást. A klímaterápia évszázadok óta fontos része volt a gyógyításnak. A klimatikus gyógyhelyek a múlt század első felében nagy népszerűségnek örvendtek. A betegségek etiológiájának



*A résztvevők egy előadást hallgatnak.*

megismerésével, az orvostudomány és a gyógyszerészet ugrásszerű fejlődésével, a rohanó élettempóval a klímaterápia, kissé érdemtelenül a háttérbe szorult. Gyógyhelyi orvoslás néven foglalhatjuk össze az egy-egy klimatikus gyógyhelyen elérhető egészségügyi szolgáltatások összességét. A klímaterápia akkor hatékony, ha bizonyos betegségek pusztán a klíma hatására gyógyulnak meg, vagy enyhülnek a tünetek. A klímaterápia fontos eleme a nyugodt pihenés és a természetes tényezőkhöz való alkalmazkodás (kímélő és ingerklímák). A barlangkezelések speciális klímakezelések, melyeket légúti és mozgásszervi betegségek kezelésére használnak. A bizonyítékon alapuló gyógyítás, az evidence based medicina korában számos tanulmány jelent meg egyes klimatikus gyógyhelyeken folyó gyógyításról, pl. a Holt-tengeri klíma psoriasisra és egyéb bőrbetegségekre kifejtett hatásáról, vagy a Bad Gasteinben folyó barlangi klímakezelésekről, az alpin klíma jótékony hatásáról. Egyes, elsősorban légúti és bőrbetegségek klímaterápiás kezelés után jelentős enyhülést mutatnak. Hazánkban Mátraházán található nagy hagyományokra visszatekintő légúti bete-

geket kezelő magashegyi klímaterápiás gyógyhely. Az alföldi klíma az ingerklímák közé tartozik az UV sugárzás, a nagy hőingadozás, a csekély páratartalom miatt. Több elismert magyar gyógyfürdő található az Alföldön, ahol a kezelés indikációjának felállításakor a gyógyvíz összetételén és hatásain kívül a klimatikus tényezőket is célszerű figyelembe venni.

Szombathelyről Puskás János professzor tartott előadást a Lehetséges-e összefüggés a hallgatók születési dátuma és az időjárási frontok között? címmel. Az orvosmeteorológiai kutatások ráirányították a figyelmét arra, hogy az időjárási hatások az emberekre jelentős befolyással bírnak. A vizsgálatok célja az volt, hogy megtalálják a lehetséges összefüggést a Szombathelyen tanuló egyetemi hallgatók születési ideje és az időjárási frontok típusai között. A fronttípusok meghatározásakor Puskás 9 típust különített el. A vizsgálatokban az időjárási frontoknak a Nyugat-magyarországi Egyetem Savaria Egyetemi Központjának három karán tanuló hallgatók születési idejével való összevetése történt. A vizsgált időszakban – 1974.



*Megbeszélés az előadás után.*

január 1. és 1992. június 30. között – összesen 4275 hallgató született a 2773 napon. A 18,5 éves időszakban történt születek számát a fronttípusok szerint csoportosították. Ebben az időszakban (2773 nap) összesen 914 olyan nap volt, amikor valamilyen időjárási front fordult elő. Az egyes fronttípusokhoz tartozó napi születek számából meghatározták a születek napi átlagát. A szignifikancia szinteket az egyes fronttípusokhoz tartozó születek száma és az összes többi értéke között számították, t-próbával. A vizsgálatok eredménye szerint a különböző fronttípusok esetén eltérően változott a születek napi átlaga a frontmentes napokhoz tartozóhoz viszonyítva. Az időjárási frontok közül két típus esetében (4. tartózkodó melegfront és a 7. közelítő meleg- és hidegfront) volt tapasztalható, hogy az összes többi adathoz képest 95 %-os szinten, szignifikánsan eltért a kapott érték.

Kúti Zsuzsanna és Puskás János a Frontérzékeny középiskolások címmel tették közzé kutatásukat. Ma már a fiatalok körében sem ismeretlen a frontérzékenység. Az



egyre gyakoribb és erősebb időjárási frontok sok napot megkeseríthetnek az arra érzékenyek számára: fejfájást, rossz közérzetet, fáradtságérzést okozhat. A panaszok kiváltó okai a légköri változások. Frontérzékeny emberekben a sejtpolaritás eltolódást és a légköri nyomásváltozást a szervezet nem tudja kompenzálni. A stresszes, feszült emberek gyakrabban frontérzékenyek. A frontérzékeny tanulók teljesítménye is csökkenhet a frontok idején. A frontérzékenységet vizsgálathoz a Kérdőfele frontérzékenységi tesztet használták. A teszteredmények feldolgozása után a tanulók visszajelzést kapnak. Az eredmények ismeretében a diákok érzékenységének egészségügyi következményére csoportonként ismeretterjesztő foglalkozások tematikájának kidolgozásra kerül sor, majd ezek elsajátíttatására, mellyel elkerülhetik vagy csökkenthetik a front hatás negatív következményeit. Ezen problémakörre alkotott módszereket beépítik az oktató-nevelő munkákba is azzal a céllal, hogy a környezeti hatás előfordulásakor elkerülhető, de legalább csökkenthető legyen a diákok ebből a tényezőtől keletkező teljesítményromlása.

Dr. Trájer Attila Az *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) kárpát-medencei terjedését befolyásoló klimatikus tényezők és a klímaváltozás hatása a faj jövőbeli elterjedésére a térségben címmel tartott előadást. Az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*) az egyik legjelentősebb inváziós szúnyog faj a világon. A Dengue-, Chikungunya-, Zika-láz és más, súlyos megbetegedéseket okozó fertőzés vektora. Magyarországon csak az elmúlt két-három évben jelent meg és várható, hogy a jövőben terjeszkedni fog a Kárpát-medencében is. Vizsgálatunk célja az volt, hogy feltárjuk, hogy a déli Pannon ökorégió és a Balkán északi határának találkozásánál jelenleg húzódo elterjedési peremterület klimatikus sajátosságai miként magyarázzák a faj előfordulását az említett régiókban. 2014-ben saját gyűjtést is végeztek, hogy kiegészítsék az ázsiai tigrisszúnyog elterjedésével kapcsolatos ismereteiket, ugyanakkor bevontak elemzésükbe más szerzők adatait is. Eredményeiket összefoglalva a következőket állapították meg:

- (1) a száraz, kontinentális telek jelentik a legfontosabb elterjedést limitáló tényezőt,
- (2) a faj a nedves telekkel jellemezhető mediterrán hegyvidéki területeken fordul elő,
- (3) a faj várható évenkénti generációs száma nem marad el az észak-balkáni potenciális generáció számoktól, ami azt jelenti, hogy jelen elterjedésének meghatározásában ez a tényező nem játszik szerepet térségünkben.

A faj jövőbeli terjedésének Magyarországon klimatikus természetű akadálya nincs. A klímaváltozás várható hatásait figyelembe véve a faj meghonosodása a 21. század végéig valószínű az ország egyes területein.

Dávid Réka Ágnes azóta már végzett BSc szakdolgozó

Az UV sugárzás magyarországi eloszlásának vizsgálata és a népesség UV sugárzással kapcsolatos tájékozottságának feltérképezése címmel tartott előadást munkájából. Az UV sugárzás különböző hullámhosszokon különböző módon hat az élő szervezetre, továbbá a biológiai rendszerek is eltérően reagálnak a különböző hullámhosszúságú sugárzásokra is. Gondos odafigyelésre lenne szükség az egészségügyi hatások miatt, melyek éppen úgy lehetnek negatívak, mint pozitívak is. Napjainkban a médiának nagy hatalma van, így fontos kérdés, hogy az ultrabolya-sugárzás káros vagy éppen kedvező hatásait hogyan lehetne kommunikálni a közéletben. A káros hatások csökkentésére ismert lehetőségeket is taglalták, hiszen a mindennapi ember ismereteinek nagy részét innen, a médián keresztül szerzi be. A népesség UV sugárzással kapcsolatos tájékozottságának felmérésére választott vizsgálati módszer egy kérdőív készítése és a beérkező válaszok feldolgozása volt.

Szmodics Dávid, azóta szintén végzett hallgató A heveny ischaemias („vértelen”) stroke meteorológiai kockázati tényezői címmel tartott előadást. Eredményei szerint egyes meteorológiai elemek mindenképpen szerepet játszanak a stroke kialakulásában. Ha nem is közvetlenül, de az azok által létre jövő helyzeteken keresztül közvetetten. A vizsgálat során számított, hogy a vizsgált alanyok milyen idősök, mi a nemük, milyen az életvitelük és hogy milyen környezetben élnek. Illetve az sem mindegy, hogy van-e esetleg az illetőnek eleve egészségügyi problémája, szívbetege, szívelégtelensége például. A megelőzésért életmódbeli változtatások javasoltak. Más szociológiai hatások is emelhetik a stressz szintet, így növelve az esélyt a betegség kialakulására (pl. a hét melyik szakaszában vagyunk, ünnepek, óráátállítás). A nyugdíjas korúak veszélyeztetettebbek, de az egészségtelenül táplálkozó, dohányzó és keveset sportoló fiatalok sem védettek az időjárás szervezetre gyakorolt hatásaival szemben. A legalább 65 éves személyek körében több a stroke eset. A meteorológiai és orvosi adatok közötti kapcsolat kutatása nem hozott eredményt. Kiderült, hogy az extrém magas esetszámot milyen szociológiai tényezők okozhatták. A kockázati tényezők kiszámítása azonban szolgáltatott némi információt a frontok kockázatairól különböző nemű és korú csoportokra vonatkozóan.

Fülöp Andrea Örményi Imre biometeorológiai munkásságáról emlékezett meg előadásában. Dr. Örményi Imre számos biometeorológiai kutatásban vett részt. Több tudományos oldalról vizsgálta, hogy az egészséges és a beteg szervezetre hogyan hat az időjárás. Nagy magabiztossággal mozgott ezen a tudományos határterületen. Kidolgozott saját vizsgálati módszereket, melyekkel magyarázni próbálta a légkörnek a szervezet reakcióképességére gyakorolt hatását. Számos könyv, publikáció és kiadvány került ki kezei közül a témában.

## 2017 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF SUMMER 2017

Bíróné Kircsi Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., [kircsi.a@met.hu](mailto:kircsi.a@met.hu)

**Összefoglalás.** Három komoly hőhullámmal, több új napi rekorddal, olykor heves szélviharokkal, felhőszakadásokkal, jégesővel telt a sokévi átlaghoz képest melegebb, és némileg szárazabb idei nyár. Az évszak középhőmérséklete országos átlagban 22 °C volt, 1,7 fokkal haladta meg az 1981–2010-es normálértéket. A Dunántúlon és a déli országrészben a nyári hőmérséklet 2,5–3°C-kal volt magasabb a sokévi átlagnál. A nyári csúcshőmérséklet 41,4 °C, melyet augusztus 4-én Békéssámszonban mértünk, míg augusztus 24-én a Nógrád megyei Zabaron 2,6 fokkal hűlt a levegő. Országos átlagban 7 forró nap – amikor 35 fok felett van a napi maximum – volt, mely 5 nappal több, mint az 1981–2010-es átlag. A legtöbb (19) forró napot Baja Csávoly és Pitvaros állomásokon jegyeztük. A hőségnapok átlagos száma 38 nap volt, a legtöbb Sellye állomás környezetében: itt 57 napon haladta meg a napi legmagasabb hőmérséklet a 30 fokot. A háromhavi csapadékmennyiség országos átlagban 163,8 mm volt, ami a sokévi átlag 83 százaléka, mivel 30 mm-rel kevesebb esett a szokásosnál. Nyáron a legtöbb csapadékot (343,8 mm) Csarodán, míg a legkevesebbet (86 mm) Dávodon jegyeztük fel. A legtöbb csapadékos nap (39) Sopron környékén adódott. Bükkzsércen és Csarodán 2 napon is 50 mm-nél több csapadék hullott. A legtöbb zivataros napot (35) Peresznye állomáson jegyeztük. A gyakori derült időjárás miatt a nyári napfénytartam és a globálsugárzás összeg az ország egészén magasabbnak adódott az előző évekhez képest.

**Június.** Az OMSZ hálózatában mért adatok alapján a középhőmérséklet országosan 21,4 °C-nak adódott. Ez a hónap az 1901-től kezdődő sorban a 4. legmelegebb. Hasonlóan meleg volt 1964 (21,45 °C) és 2007 (21,5 °C), míg 2003-ban az átlag a 22 °C-ot is meghaladta. Idén a legalacsonyabb átlagok az észak-magyarországi hegyvidéken adódtak. A hőmérséklet itt 16–20 °C között alakult. A legmelegebb Budapest környéke és a tőle délre a Dunavölgye, illetve Csongrád és Békés megye volt, 21 °C feletti átlaggal. Átlagosan 25 nyári nap volt, s 9 hőségnap. Mind a nyári, mind a hőségnapok száma (10 és 5) több, mint az 1981–2010-es normálérték. A hónap végén, egy nyugat-európai ciklon előoldalán délies áramlással, több fokkal melegebb levegő érkezett térségünkbe, és fokozódott a hőség. Június 22–28. között másodfokú hőségriasztást adtak ki.

*A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:*

**36,5 °C, Törökszentmiklós (Jász-Nagykun-Szolnok), június 28.**

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:*

**4,0 °C, Zabar (Nógrád megye), június 2.**

Az idei június kissé szárazabbnak bizonyult. A havi csapadékoszszeg 59 mm, 13%-kal maradt el a sokévi átlagtól. A heves zivatarok, felhőszakadások révén az északkeleti országrész jelentős hányadán, a Kecskemét-Szeged sávban, a Balaton tágabb környezetében helyenként 100 mm feletti csapadékot összegeztünk. Északon a Kisalföld, a Börzsöny, a Cserhát és a Gödöllői-dombság maradt csapadékszegény, míg a déli országrészben a Mohácsi-sík, az Illancs és a Békési-sík. Ezekben a tájakon 30–40 mm volt a havi összeg. Június 6-án egy markáns hidegfront átvonulása erős szellőkéséssel kísért zivatarokkal járt a Balaton térségében, felhőszakadást, jégesőt okozott a Nyírségben. Országos átlagban a legcsapadékosabbnak június 25-e bizonyult, amikor az Alpokalján és a Dunántúlon viharos szellőkéséssel jégeső is előfordult. A csapadékos napok átlagos száma 9 volt, ami elmaradt a szokásostól. A legtöbb (16) csapadékos napot Sümegen jegyeztük, míg a legtöbb zivataros napot (14) Peresznyén.

*A hónap legnagyobb csapadékoszege:*

**141,3 mm, Nagyvázsöny (Veszprém megye)**

*A hónap legkisebb csapadékoszege:*

**20,5 mm, Budapest-Vízafogó, Nempti (Nógrád megye)**

*24 óra alatt lehullott maximális csapadék:*

**97,4 mm, Nyíregyháza-Sóstó (Szabolcs-Szatmár-Bereg), jún. 6.**

**Július.** A havi közép 20–23 °C között alakult, hűvösebb Észak-Magyarország hegyvidéki tájain volt, ahol a normál alatt maradt a hőmérséklet. A legmelegebb területek Csongrád és Békés megyében fordultak elő, 24 °C feletti átlaggal, ami helyenként 2 °C-kal is melegebb volt a szokásosnál. Július 20–23. között II. fokú hőségriadót rendeltek el. A hőhullámnak egy Nyugat-Európa felett kialakult ciklon vetett véget. A hónap végén délies áramlású szaharai levegő árasztotta el a Kárpát-medencét, mely extrém hőhullám augusztus első harmadának időjárására is hatással volt.

25 volt a nyári napok száma, 13 hőségnap fordult elő, ez valamivel több, mint a normálérték.

*A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:*

**38,8 °C, Adony (Fejér megye), július 10.**

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:*

**4,3 °C, Zabar (Nógrád megye), július 14.**

A legtöbb csapadék Borsod-Abaúj-Zemplénben, Szabolcs-Szatmár-Beregben és a Börzsönyben hullott (100–130 mm). A Dunántúlon volt 100 mm körüli mennyiség. Az Alföld jelentős részén csupán 30–40 mm, a Nagyunságban 20 mm alatt marad a havi összeg. Az Alföld középső és déli tájain a megszokottnak alig 40%-a hullott le. Az ország nagy részén a csapadék a sokévi átlag közelében alakult. A legtöbb eső 24-én hullott, a mérőállomások átlaga meghaladta a 21 mm-t.

*A hónap legnagyobb csapadékoszege:*

**164,6 mm, Felsőberekci (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)**

*A hónap legkisebb csapadékoszege:*

**14,9 mm, Újlőrincfalva (Heves megye)**

*24 óra alatt lehullott maximális csapadék:*

**84 mm, Pörböly (Tolna megye), július 24.**

**Augusztus** 2,1 °C-kal volt melegebb az átlagnál. A Dél-Alföldön 25 °C közelében alakult, Észak-Magyarországon viszont helyenként 20 °C alatt maradt. A legnagyobb pozitív eltérés a Bükk és a Mecsek (3–4 °C), illetve a Körös-Maros közére (2,5–3 °C) volt jellemző. A hónap eleji markáns hőhullám több rekordot megdöntött. Elseje és 4. közt harmadfokú hőségriasztás volt az egész országban. A hőhullám során 3-án és 4-én több állomáson 40 °C feletti értéket mértünk. Országos átlagban 6 forró nap fordult elő, 1-gyel több, mint a norma. A legtöbb forró napot (13) Kelebián és Kiskunhalason rögzítettük. A hőségnapok száma 16 volt, duplája a szokásosnak. Nyári nap 24-szer fordult elő.

*A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:*

**41,4 °C, Békéssámszon (Békés megye), augusztus 4.**

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:*

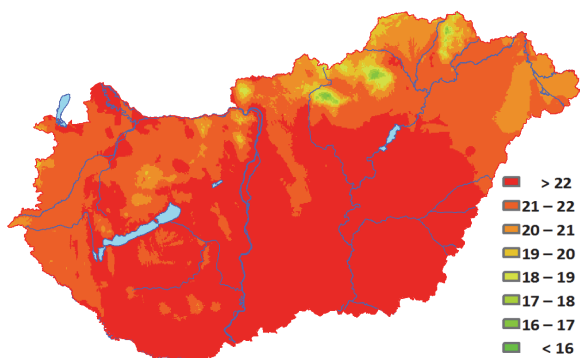
**2,6 °C, Zabar (Nógrád megye), augusztus 24.**

A Felső-Tisza-vidéken, a Gödöllői-dombságban, a nyugati határszélen közel 100 mm eső hullott. Az átlag kétszerese hullott a Felső-Tisza-vidéken, 20–40%-kal több az ország középső területein, a Tisza-tónál, a Körösök mentén. A Zempléni-hegységben, a Nyírségben, Csongrád és Bács-Kiskun megye déli részén alig 15–20 mm volt a havi csapadék. Az országos átlag 45 mm volt, ami a norma 72%-a. A normálérték 30–40%-a érkezett a Göcsej és a Balaton térségébe, valamint a Duna-Tisza köze déli részére. A legtöbb csapadék 6-án érkezett, a napi átlag több mint tízszerese. 10-én Sopron Kuruc-dombon 137 kmh<sup>-1</sup>, másnap Kaposváron 110 kmh<sup>-1</sup>-t meghaladó szélerősséget mértünk. 12-én Csarodán közel 100 mm hullott. A csapadékos napok száma elmaradt az átlagtól. A legtöbb csapadékos nap (9) Sopronban volt. 19 helyen hullott legalább 1 nap 50 mm-t meghaladó csapadék, és fordult

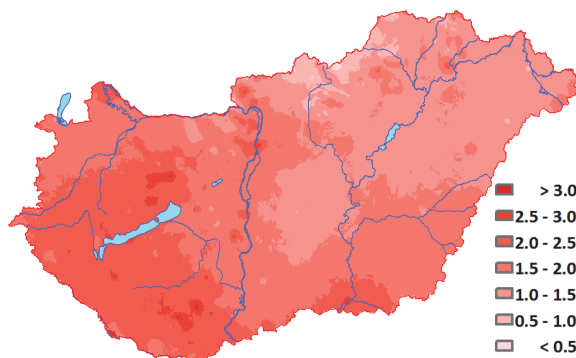
elő jégeső. A legtöbb zivataros napot (8) Bátorliget és Peresznye jelentette.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:  
148 mm, Csaroda (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

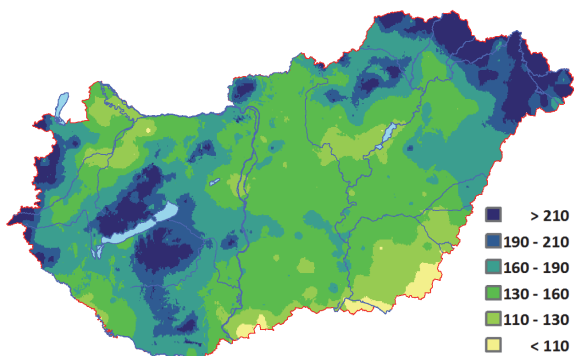
A hónap legkisebb csapadékösszege:  
12,4 mm, Kübekháza (Csongrád megye)  
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:  
99,2 mm, Csaroda (Szabolcs-Szatmár-Bereg), augusztus 12.



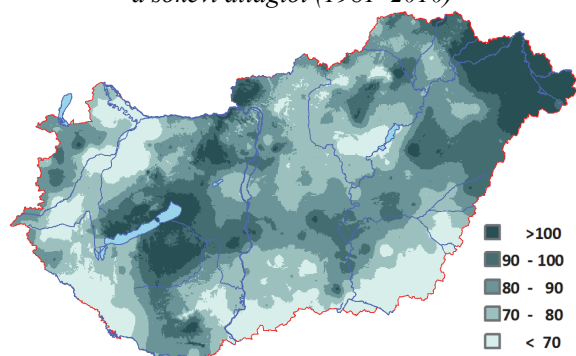
1. ábra: A 2017-es nyár középhőmérséklete (°C)



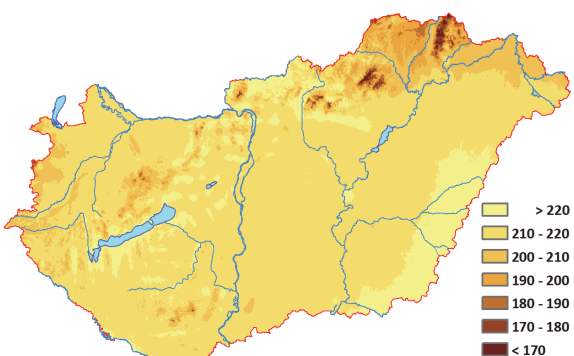
2. ábra: A 2017-es nyár középhőmérsékletének eltérése (°C) a sokévi átlagtól (1981–2010)



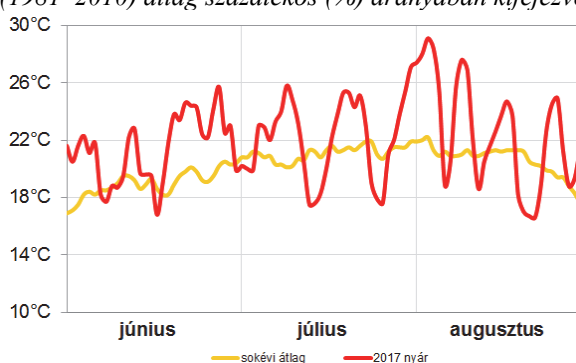
3. ábra: A 2017-es nyár csapadékösszege (mm)



4. ábra: A 2017-es nyár csapadékösszege a sokévi (1981–2010) átlag százalékos (%) arányában kifejezve



5. ábra: A 2017-es nyár globálsugárzás összege (kJcm<sup>-2</sup>)



6. ábra: A 2017 évi nyár napi középhőmérsékletei és a 1981–2010 sokévi átlag (°C)

### 2017. nyár időjárás adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Sugárzás (kJcm <sup>-2</sup> )	Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél
	évszak összes	eltérés	évszak összes	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	r ≥ 1 mm napok	viharos nap
Szombathely	901	164	208,6	21,5	1,9	37,1	08.04	8,0	06.08	223	99	27	8
Nagykanizsa			218,6	21,8	2,4	38,6	08.04	6,4	06.09	151	62	18	10
Pér				21,9		38,2	08.04	6,7	07.14	100	55	17	22
Siófok			217,1	23,4	2,1	38,0	08.04	12,2	06.09	201	115	17	29
Pécs	1025	198	222,6	22,9	2,2	36,0	08.04	11,2	06.09	238	115	14	17
Budapest	1022	193	213,1	22,9	1,8	38,5	08.04	9,6	08.24	151	85	16	6
Miskolc	964	191	200,1	21,7	1,8	38,1	08.04	8,6	08.24	266	121	25	2
Kékestető	934	162	212,8	17,0	2,0	29,4	08.04	7,0	08.20	212	81	25	13
Szolnok	952	137	227,5	22,8	1,7	38,7	08.04	9,2	08.24	119	65	10	8
Szeged	1060	237	223,2	23,2	2,3	39,3	08.04	8,4	08.24	145	80	14	8
Nyíregyháza			220,1	21,5	1,5	37,8	08.04	9,3	08.24	197	111	20	15
Debrecen	1102	275	218,3	22,2	1,8	37,3	08.04	8,1	08.24	176	97	19	9
Békéscsaba			228,2	22,9	2,2	39,3	08.04	8	08.30	144	78	14	9



