LÉGKÖR

59. évfolyam

2014. 3. szám



80 éves a balatoni viharjelzés

80 ÉVES A BALATONI VIHARJELZÉS

Koszorúzás az évforduló alkalmából Hille Alfréd, a viharjelzés kezdeményezője és Zách Alfréd, az obszervatórium építtetője emléktáblájánál, a Siófoki Viharjelző Obszervatóriumban, 2014. július 8.



Rácz András helyettes államtitkár és V. Németh Zsolt a környezetügyért, agrárfejlesztésért és hungarikumokért felelős államtitkár koszorúz



Buda István elnökhelyettes és Radics Kornélia elnök, mögöttük Rácz András HÁT, Péliné Németh Csilla őrnagy, Hernádi Balázs alezredes és Fejes Edina



Kovács László alezredes, MH-GEOSZ, tiszteleg a nagy elől, Hille Alfréd emléktáblája előtt



Németh Ákos, az MMT főtitkára és Dunkel Zoltán, a Társaság elnöke helyezi el a megemlékezés virágait

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárási események leírásának közlése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárási 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*** címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábrák is tartoznak, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, szívesen fogadunk *kiegészítésül* PDF-fájlt is.

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

LÉGKÖR
59. évfolyam
2014. 3. szám

Felelős szerkesztő:
Dunkel Zoltán
a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:
Bartholy Judit
Bihari Zita
Haszpra László
Hunkár Márta
Sáhó Ágnes
Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon
Térey János olvasószerkesztő
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Radics Kornélia
az OMSZ elnöke

Készült:
HM Zrínyi NKft.
nyomdájában
800 példányban

Felelős vezető:
Dr. Bozsonyi Károly
ügyvezető

Évi előfizetési díja 1760 Ft
Megrendelhető az OMSZ
Pénzügyi és Számviteli Osztályán
1525 Budapest Pf. 38.
E-mail: ***legkor@met.hu***

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON: Kilátás a Siófoki Viharjelző Obszervatórium tornyából Bartha Imre szolgálata alatt (*Horváth Ákos felvétele***)**
80 éves a balatoni viharjelzés, *képek a koszorúzásról* 98
Szerzőink figyelmébe 98
Haszpra László és Péliné Németh Csilla kitüntetése 100

TANULMÁNYOK
Zsikla Ágota: **A 2014. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról** 101
Kovács Attila, Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Gabriella és Rázsi András: **A 850 hPa-os nyomási szint léghőmérsékletének vizsgálata Miskolc fölött ECMWF ERA-interim reanalízis adatok alapján** 106
Szelepcsényi Zoltán, Kis Anna, Skarbit Nóra és Breuer Hajnalka: **Életzóna-térképek alkalmazása az éghajlatváltozás vizualizációjára** 111
Kis Anna, Pongrácz Rita és Bartholy Judit: **Magyarországra becsült csapadéktrendek: hibakorrekció alkalmazásának hatása** 117
Balczó Márton és Lajos Tamás: **Városi terek szélviszonyai és légszennyezettsége** 121
Szilárd Barbara: **A város környezeti adottságai, a városi klíma emberre gyakorolt hatásai** 127

KÖZLEMÉNYEK
Szepesi Dezső: **Túlélhető-e a balatoni tornádó?** 105
Somfalvi-Tóth Katalin: **Kislexikon** 116
Haszpra László: **Minek nevezzelek?** 131
Tóth Róbert és Tamáskovits Károly: **Pontos észleléssel az 5 éves tervért!** 133
Dunkel Zoltán: **Magashegyvidéki megfigyelő állomás speciális programmal** 135

KRÓNIKA
Vincze Enikő és Kovács Tamás: **2014 nyarának időjárása** 137
Varga Miklós: **Történelmi arcképek – Berényi Dénes** 139

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE: Storm Warning Observatory, Siófok
Instructions to authors of *LÉGKÖR* 98
80 years old the Balaton Lake strom warning, *pictures from wreathing* 98
Award of László Haszpra and Csilla Péliné Németh 100

STUDIES
Ágota Zsikla: **About the Storm Warning Season at Lake Balaton and Velence in 2014** 101
Attila Kovács, Zsófia Erdődiné Molnár, Gabriella Kovács and András Rázsi: **Analysis of Air Temperature at 850 hPa Pressure Level above Miskolc based on the ECMWF ERA-Interim Database** 106
Zoltán Szelepcsényi, Anna Kis, Nóra Skarbit and Hajnalka Breuer: **Applying Life Zone Maps to Visualize Climate Change** 111
Anna Kis, Rita Pongrácz and Bartholy Judit: **Projected Trends of Precipitation for Hungary: The Effects of Bias Correction** 117
Márton Balczó and Tamás Lajos: **Wind Conditions and Air Quality in Urban Squares** 121
Barbara Szilárd: **The Urban Environmental Conditions, the Effects of Urban Climate for Humans** 127

COMMUNICATIONS
Dezső Szepesi: **Can Anybody Survive a Balaton-Tornado?** 105
Katalin Somfalvi-Tóth: **Pocket Encyclopaedia** 116
Haszpra László: **How to Name You?** 131
Róbert Tóth and Károly Tamáskovits: **With Accurate Observation for the 5-Year Plan!** 133
Zoltán Dunkel: **Mountain Observation Station with Special Programme** 135

CHRONICLE
Enikő Vincze and Tamás Kovács: **Weather of Summer 2014** 137
Miklós Varga: **Historical Portraits – Dénes Berényi** 139

HASZPRA LÁSZLÓ ÉS PÉLINÉ NÉMETH CSILLA KITÜNTETÉSE

Fazekas Sándor földművelésügyi miniszter az államalapító Szent István ünnepe, 2014. augusztus 20-a alkalmából adományozott **Magyar Érdemrend Tisztikeresztje** kitüntetést adta át **Haszpra Lászlónak**, az ELTE Meteorológiai Tanszék címzetes egyetemi docensének, az Országos Meteorológiai Szolgálat tudományos tanácsadójának – és nem mellékesen az MMT Választmányi tagjának, valamint a Légkör szerkesztőbizottsági tagjának –, a légszennyező anyagok terjedésének és kémiai átalakulásának vizsgálatában elért kimagasló eredményei, valamint oktatói és publikációs tevékenysége elismeréseként.



Fazekas Sándor földművelésügyi miniszter gratulál



A gomblyuk kitűző és a szalagsáv, Magyar Érdemrend Tisztikereszt

Haszpra László, az Országos Meteorológiai Szolgálat szakmai tanácsadója, a Magyar Meteorológiai Társaság választmányi tagja, 1954. október 14-én **s**zületett Szegeden**.** Tudományos kutató. Egész pályafutása, szakterülete a levegőkémiához kötődik. Elsődleges kutatási témái a légköri fotokémiai oxidánsok és prekurzoraik vizsgálata, valamint az üvegházhatású gázok légköri viselkedésének tanulmányozása. Számos hazai és külföldi publikáció, könyv fűződik nevéhez. 1996-ban szerezte meg a PhD tudományos fokozatot az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, míg az MTA doktora címet 2006-ban érte el. Kutatói tevékenysége mellett az oktatásban is közreműködik. Címzetes egyetemi tanár. Több szakmai szervezetnek a tagja, többek között a Doktori Tanács póttagja, a Meteorológiai Tudományos Bizottság szavazati jogú tagja. Az Időjárás és a Légkör szerkesztő bizottsági munkájában is közreműködik. Munkásságát eddig is több alkalommal tüntették ki, 2011-ben Schenzl Guido-díjat (vidékfejlesztési miniszter), 2006-ban Pro Meteorologia emlékplakettet (környezetvédelmi és vízügyi miniszter), míg 1990-ben megosztott Akadémiai Díjat kapott.



Hende Csaba honvédelmi miniszter állami ünnepünk, 2014. augusztus 20-a alkalmából a **Szolgálati Érdemjel ezüst fokozat**át adományozta **Péliné Németh Csilla őrnagynak**, a MH Geoinformációs Szolgálat állományából – aki nem mellékesen az MMT Nap- és Szélenergia Szakosztályának titkári feladatait is ellátja. Németh Csilla 1999-ben szerzett meteorológus és csillagász diplomát az Eötvös Loránd Tudományegyetemen katonai ösztöndíjasként. A diploma megszerzése után a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálatánál kezdett el dolgozni, meteorológusként. Jelenleg az MH GEOSZ Meteorológia Támogató Osztály osztályvezető helyettese. A szélklíma-változással foglalkozó doktori disszertációját készül benyújtani.

A kitüntetetteknek további sikerekben gazdag, eredményes munkát kívánunk!

A 2014. ÉVI BALATONI ÉS VELENCEI-TAVI VIHARJELZÉSI SZEZONRÓL

ABOUT THE STORM WARNING SEASON AT LAKE BALATON AND VELENCE IN 2014

Zsikla Ágota
OMSZ Viharjelző Obszervatórium, Siófok, Vitorlás utca 17., *zsikla.a@met.hu*

Összefoglalás. Az Országos Meteorológiai Szolgálat minden évben viharjelző szolgálatot lát el a Balatonon és a Velencei-tavon a vízen tartózkodók biztonsága érdekében. A viharjelzési szezon április 1-je és október 30-a között tart. Az alábbi cikkben a 2014-es viharjelzési szezon időjárási eseményeit és kiadott viharjelzéseit tekintjük át.

Abstract. At Lake Balaton and Velence there is a storm warning service operated by Hungarian Meteorological Service. The storm warning service is responsible for the safety of people at both lakes. If strong or stormy wind expected, storm warnings are issued on first or second level. The duration of the storm warning season is seven months: from 1st April until 30th October. This paper is about the eventful weather of the season in 2014 and about the length of warning periods.



A balatoni viharjelzés főhadiszállása az OMSZ Siófoki Viharjelző Obszervatóriuma a tó felől



A tudósításokban gyakran szerepel a Balatonvízének hőmérséklete Siófoknál. A hőmérő helyzetét jelző bója



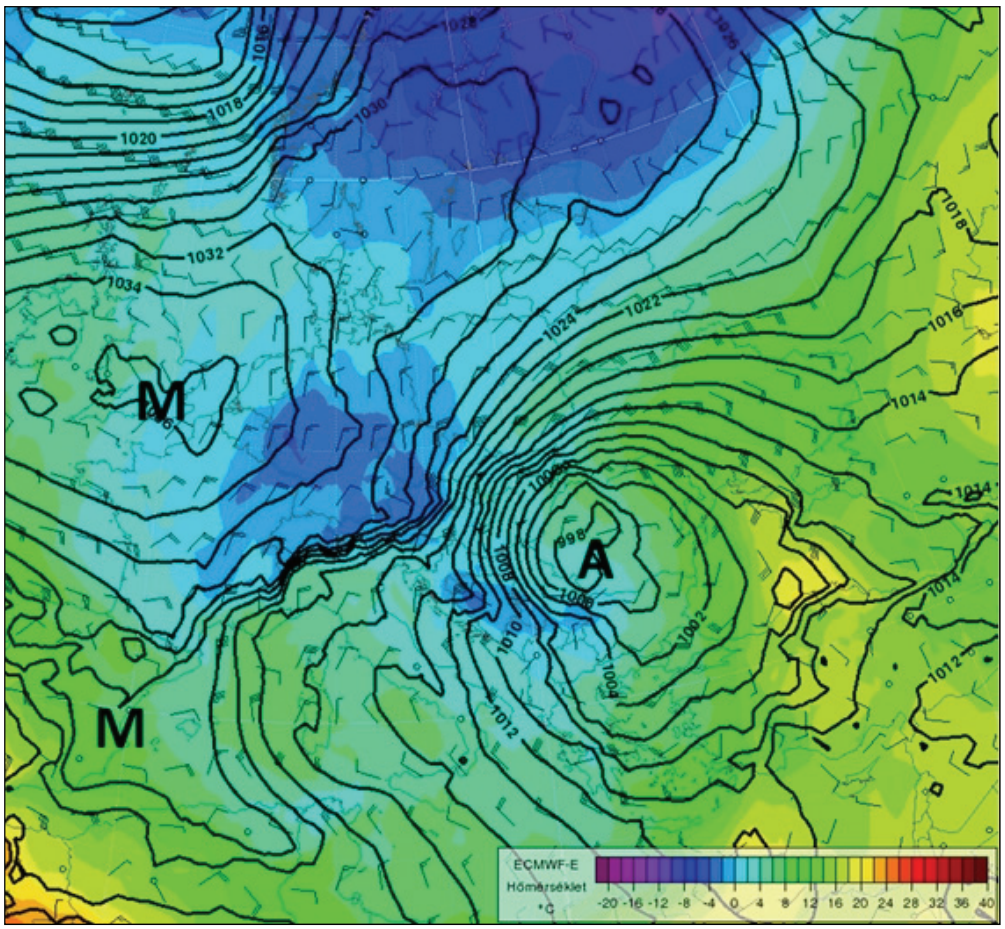
A felhőnéző szobra előtt OMSZ elnökök, korábbiak és a jelenlegi: Buda István, Czelnai Rudolf, Radics Kornélia, Bozó László, Dunkel Zoltán



A megemlékező ünnepség résztvevői Radics Kornélia előadását hallgatják

Bevezetés. 2014-ben ünnepeltük a balatoni viharjelzés elindításának 80. évfordulóját. A viharjelzés *Hille Alfréd* repülő ezredes, meteorológus kezdeményezésére kormányzati döntés alapján 1934. július 8-án indult el. A jelzéseket az akkori Légügyi Hivatal meteorológusai adták ki. A nevezetes napra 2014. július 8-án előadásokkal és koszorúzással emlékezett az OMSZ és a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálata Siófokon. Radics Kornélia, az OMSZ elnöke köszöntötte a résztvevőket és kiemelte a balatoni viharjelzés és az időjárási veszélyjelzés fontosságát. V. Németh Zsolt, a Földművelésügyi Minisztérium államtitkára köszönetet mondott a meteo-

rológusoknak, vízirendőröknek, katasztrófavédőknek és az együttműködésben résztvevő civil szervezeteknek a tó biztonságáért végzett munkájukért. Kovács László alezredes, az MH Geoinformációs Szolgálat szolgálatvezető helyettese, bevezető előadásában méltatta *Hille Alfréd* életútját. A viharjelzés történeti áttekintése után a közelmúltban végbement változásokról, meteorológiai fejlesztésekről Horváth Ákos, az Obszervatórium vezetője tartott előadást. Horváth Gyula, a Megfigyelési Főosztály vezetője a távérzékelésben és a meteorológiai adatgyűjtésben bekövetkezett hatalmas fejlődést mutatta be. Dobai Sándor, az RSOE *(Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület)* elnöke, a viharjelző rendszer üzemeltetésében és korszerűsítésében végzett munkájukról szólt, bemutatta a kezdeti rakétás korszakot felváltó fényjelző készülékeket, kiemelve az idei szezonban a keleti medencébe telepített korszerű LED technológiára alapuló fényjelző berendezéseket. Horváth László, a Balatoni Vizirendészeti Rendőrkapitányság vezetője ismertette a vizibiztonság növelése érdekében folytatott tevékenységüket és bemutatta az új mentőhajókat. Az előadásokon a sajtó képviselői is jelen voltak. Ezt követően koszorúzásra került sor az Obszervatórium falán lévő emléktáblánál *Hille Alfréd*, a viharjelzés megindítója és *Zách Alfréd,* az Obszervatórium építtetője előtt tisztelegve. Koszorút helyezett el V. Németh Zsolt államtitkár és Rácz András helyettes államtitkár a Vidékfejlesztési Minisztérium képviseletében. Az emléktáblát ugyancsak megkoszorúzta Siófok város polgármester-helyettese, a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke, Dunkel Zoltán, a HM Geoinformációs Szolgálata nevében Kovács László alezredes. Az Országos Meteorológiai Szolgálat nevében Radics Kornélia elnök és Buda István elnökhelyettes helyezték el a megemlékezés koszorúit.



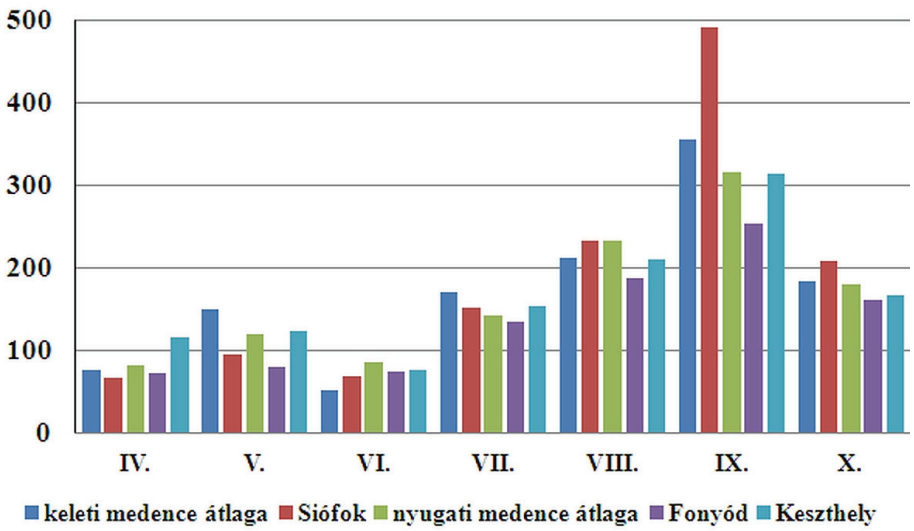
1. ábra: Az Yvett ciklon elhelyezkedése Dél-Kelet-Európa felett 2014.05.15-én 06 UTC-kor. Izobár struktúra, 850 hPa-os hőmérséklet és a 925 hPa-os szélmező (a légnyomás 2 hPa-onként analizálva)

A viharjelzési szezon időjárásának főbb jellemzői. A 2014-es szezon a gyakori ciklonaktivitásnak köszönhetően az átlagosnál csapadékosabb időt hozott. Az elmúlt évekhez képest hűvösebb, de a sokévi átlaghoz hasonlítva összességében a Balaton nyugati részén annak megfelelő, keleten inkább kissé az átlagos feletti (<110 %) hőmérsékletű szezonról beszélhetünk.

Ugyanakkor a szélviszonyok tekintetében a szezont a megszokottól kevésbé szelesnek érezhettük. Tény, hogy a keleti medence átlagos szélsebessége 6 százalékkal maradt alatta az előző 10 év átlagának, míg a Tihanytól nyugatra eső balatoni állomásokból számolt 2014-es szezonátlag megfelelt a tízévi átlagsebességnek.

A havonkénti vizsgálódás már kimutatja, hogy a május kiemelkedően szeles hónap volt, míg a szezon további része általában a megszokottól gyengébben szeles lett.

Hasonlóan a tavalyi évhez, 2014-ben is hét napon jeleztek a műszerek 90 km/h-t meghaladó szélsebességet a Balatonnál. A hétből öt májusban, egy júliusban, egy pedig októberben fordult elő. A legnagyobb vihart idén az *Yvette* ciklon okozta. A ciklon, kedvező feltételek között, május 13-án kezdett kialakulni a Földközi-tenger középső medencéjében egy hidegfront betörését követően. A légörvény gyorsan mélyült, közben centruma a Balkán-félszigetre, majd legfejlettebb fázisában 15-ére Románia, illetve Erdély fölé helyeződött. A ciklon hátoldalán, a Dunántúl térségében viharos szelet kiváltó ritkán előforduló nagy légnyomáskülönbség alakult ki, mely Sopron és Budapest között meghaladta a 10 hPa-t is. *(1. ábra)*. 2014. május 14-én már délutántól, estétől a Balatonnál gyakran fordultak elő a 90 km/h sebességet meghaladó széllökések. 15-én ezek állandósultak és több helyen már 100 km/h-t is meghaladó erős széllökések alakultak ki. 2014. május 15-én Balatonmáriafürdő és Fonyód térségében átmenetileg a 120 km/h-t is meghaladta a szélerősség (Balatonőszöd: 126 km/h, Balatonmáriafürdő: 122 km/h). Tizenhatodikától a légörvény töltődni kezdett, de még ekkor is előfordult a Balatonnál kisebb területen 90 km/h feletti széllökés. A ciklon erőssége és fennmaradása sokban hasonlított a szinte napra pontosan négy évvel korábbi, károkozó *Zsófia* ciklonhoz. A belőle kihulló csapadék azonban a Balaton térségében jellemzően kevesebb volt: most nem érte el a 30 mm-t sem. 2014-ben a szezon két legmelegebb hónapja az 1961-1990-es évek átlagához képest az április és az október lett. Ekkor a havi középhőmérséklet 1,6-2,5 fokkal haladta meg az éghajlati normál értékeket. A sokévi átlaghoz képest a május lett a leghűvösebb hónap. A szezon átlaghőmérséklete Keszthelynél 16,5, Siófoknál 17,9 fok volt (a sokévi átlag 16,0, illetve 16,4 °C). A Balatonnál az év legmelegebb napja június 11-ére esett. Keszthelyen a mért maximális hőmérséklet 33,7 °C volt, Siófokon ettől eltérően július 20-án állt be a maximum 33,5 °C-kal. Ez jóval elmaradt a 2013-as maximumhoz képest, amikor augusztusban a legmagasabb értéket Fonyódnál regisztrálta az automata 39,3 °C-kal, de Keszthelyen 38,4 és Siófokon is 38,0 °C volt. 2014-ben a hőségnapok száma is viszonylag kevés lett. Májusban és szeptemberben általában 30 °C alatt maradt a hőmérséklet csúcsértéke. Egyedül Siófokon mértek májusban egyetlen napon 30 fokot elérő hőmérsékletet. A teljes időszakot tekintve ugyancsak Siófokon volt a legtöbbször (összesen 18-szor) 30 °C-t elérő vagy meghaladó napi maximum hőmérséklet. A Balaton többi részén jellemzően a mérések szerint csak 12-15 ilyen nap adódott. Ezzel szemben 2013-ban a hőségnapok száma 26-28 nap volt. A tó vize 2014. június 11-én melegedett fel legjobban, Siófoknál az esti órákban 29,1 °C-ot mérhettünk.



2. ábra: 2014. Havi csapadékösszegek a sokéves átlag százalékában (1961-1990)

A legszélsőségesebben alakuló időjárási elem a csapadék volt. Ebben a hét hónapban az átlagos csapadékmennyiségnek (1961-1990) legtöbb helyen legalább 160%-a hullott le, ami a keleti medencében területi átlagban kb. 600 mm-t, tőle nyugatra 650 mm-t (középső és nyugati medence) jelentett. Csak az április és a június volt viszonylag szárazabb hónap. A többi hónapban a csapadékösszeg általában meghaladta, többnyire jelentősen túllépte a sokévi átlagokat *(2. ábra)*. Közülük is kiemelkedett az augusztus, amikor az elvárt összeg több mint kétszerese, és a szeptember, amikor pedig Balaton-szerte átlagosan több mint háromszorosa hullott le. Szeptemberben az ország legtöbb csapadékot kapó területe a Közép- és a Délnyugat- Dunántúl volt. Átlagosan a Balatonnál a keleti medence térségében 156, a középső és a nyugati medence térségében összesen 160 mm csapadék volt. A balatoni települések közül kiemelhető Siófok, ahol 211,6 mm eső hullott (az 1961−1990-es átlag itt 43,1 mm, az 1984−2013-as átlag 51,5 mm). Szeptemberben itt még ennyi csapadékot nem mértek. A csapadék változékonyságát mutatja, hogy az 1984−2013 közötti 30 évben ötször volt 100 mm-t meghaladó összeg szeptemberben, hat alkalommal viszont összesen csak 5−12 mm hullott.

A csapadék a nyári és az ősz eleji időszakban is intenzív záporokból, zivatarokból hullott. Az egész szezonra nézve a zivataros napok száma a keleti medence térségében 65, nyugaton 49 nap lett. Ez keleten majd kétszerese, nyugaton több mint kétszerese a 2013-as évben észlelt zivataroknak. Szeptemberben már ilyen számban nem szoktak előfordulni zivatarok, most a keleti medence térségében 6, nyugaton 7 napon észleltek zivatart. A csapadéknak kedvező időjárás nagyobbrészt annak köszönhető, hogy a Földközi-tenger medencéjében augusztusra nem alakult ki az erre az időszakra jellemző

anticiklonális időjárás. A térségben folyamatosan sekély ciklonok helyezkedtek el, amelyekben jelentős nedvesség halmozódott fel. A térség szárazföldi területein a kihulló csapadék folytán a talaj telítődött nedvességgel, amit a növényzet visszapárologtatott a légkörbe. A szeptemberi nagy csapadék legalább háromnegyed része a hónap első felében hullott két ciklonaktivitásnak köszönhetően. Elseje és negyedike között Olaszország−Földközi-tenger középső medencéje, majd DK-Európa volt a ciklon centruma. A 10−15-ei időszakban pedig Ausztria −Horvátország−Szlovénia−Magyarország fölött húzódott a centrum. Az utóbbi esetben a hosszú itt tartózkodás, a sok nedvesség, tartós labilitás és a fölénk helyeződő magassági futóáramlás együttes fennállása egyes területeken a záporos csapadékot adó ciklonkarok mellett hosszú ideig fennmaradó zivataros aktivitást is eredményezett. A zivataros csapadék tartósabban érintette a keleti medence térségét. Ennek köszönhetően Siófokon a szeptember 10−15. közötti 5 napban pl. 151,9 mm csapadék hullott. Október 22-e körül is előfordult még, hogy nagyobb területen az egy nap alatt lehulló csapadékmennyiség megközelítette, vagy meg is haladta a sokévi egyhavi átlagot. Az idei szezonban a Balaton vízszintjét végig 110 cm fölött tartották a szakemberek. A legcsapadékosabb hónapban, szeptemberben az elsejei 119 cm-ről huszadikára – a megkezdett leeresztés ellenére – már 135 cm-re emelkedett a vízállás. Egyben ez az érték volt a szezon legmagasabb vízállása. Ezt követően szeptemberben stagnálás, majd októbertől lassú csökkenés következett be. A folyamatos vízleeresztés eredményeképpen a hónap végére 126 cm-re csökkent a vízszint. A szeptemberi és októberi viharok során a hullámzás és a tartós szél okozta vízszint kilengés miatt többször is védekezni kellett elsősorban a Balaton déli partján.

A viharjelzések összesítése. A Balatonnál és a Velencei-tónál a viharjelzések összesített fenntartási ideje a tavalyihoz mérten kis mértékben csökkent, mely alapvetően a Balatonnál az elsőfokú, a Velencei-tónál a másodfokú viharjelzések rövidebb fenntartásának köszönhető. A Balaton nyugati medencéjében 2042, a középső medencében 1885, a keleti medencében 1851, a Velencei-tónál 1370, a Tisza-tónál 1242 órán át volt érvényben valamilyen fokozatú viharjelzés *(1. táblázat)*. A fenntartási értékek a Balaton középső és a keleti medencéjében csökkentek a leginkább, több mint száz órával.

1. táblázat: A 2014-es szezonban kiadott balatoni viharjelzések összesítése

Balaton medencék	fok	kiadott viharjelzések száma							összesen	IV−X. darab
		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.		
Nyugati	I. fok	20	24	17	25	22	11	14		133
	II. fok	11	15	7	23	18	11	5		90
Középső	I. fok	19	23	18	29	21	12	9		131
	II. fok	10	19	9	25	20	11	5		99
Keleti	I. fok	17	22	18	27	21	15	8		128
	II. fok	10	19	10	22	23	11	3		98
Balaton medencék	**fok**	**fenntartott órák száma**							**összesen:**	**IV−X. óra**
		IV.	**V.**	**VI.**	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**		
Nyugati	I. fok	189	201	240	247	197	147	124		1345
	II. fok	132	172	39	94	82	123	56		698
Középső	I. fok	136	187	216	191	175	168	102		1174
	II. fok	128	179	47	101	96	107	54		711
Keleti	I. fok	123	185	217	175	195	176	101		1171
	II. fok	132	168	50	97	93	83	56		680

A Balatonra kiadott másodfokú viharjelzések fenntartási ideje a keleti medencében a teljes időszaknak 13,2, a középső medencében 13,8, a nyugati medencében 13,6, míg a Velencei-tónál a 6,5 százalékára terjedt ki. Ez a Balaton esetében az előző évihez képest 54–79 órával magasabb érték. A Velencei-tónál ugyanakkor 62 óra csökkenés mutatkozik. Az elrendelt másodfokú viharjelzések száma a jellemzően zivataros szezon miatt átlagosan 22-vel több lett. Az átlagosan fenntartott idő viszont csökkent: a Balatonnál a 2013-beli 8,6 óráról 2014-re 7,25 órára.

A Tisza-tónál a másodfokú viharjelzések fenntartási ideje a teljes időszak 5,4 százalékára terjedt ki. Ez az előző évihez képest 118 óra emelkedést jelent.

Az idei viharjelzési szezon egyik újdonsága volt az OMSZ által fejlesztett *METEORA* nevű mobil alkalmazás, amely az érvényben lévő időjárási figyelmeztetések és riasztások kijelzése mellett többek között alkalmas arra is, hogy a tavi viharjelzés érvényben lévő fokozatáról, illetve annak változásáról tájékoztassa a felhasználót.

TÚLÉLHETŐ-E A BALATONI TORNÁDÓ?

CAN ANYBODY SURVIVE A BALATON-TORNADO?

Szepesi Dezső
szd12506@ella.hu

Összefoglalás. Egykori balatoni viharjelzőként emlékezik meg a szerző ebben az írásban egy viharos, de szerencsésen túlélt helyzetről.

Abstract. This paper commemorates a stormy but luckily survived situation written by a former storm signaller of Lake Balaton.

Mi túléltük a hidegfront orrán keletezett tornádót, tehát két vízihullával kevesebbet kellett kiemelni ötvenegy évvel ezelőtt az 1963. július 8-án a Balatonra törő és a szokásos három napig tartó óriásvihar utáni napokban. Ha valaki érzékelni akarja az akkori helyzetet a vízen, javaslok egy egyszerű kísérletet. Az autópályán 120-130 km-es sebességnél dugja ki a kezét az ablakon és tartson egy vizes kötéldarabot. Próbálja a sebességet addig fokozni, ameddig a vizes kötélzet fülsiketítően fütyülni nem kezd.

Hát ezt éltük át Papp Zsuzsa rajzolóval, aki életében először ült vitorlásban, és 1963. július 8-án, szép hétfői napon szolgálat után eljött velem csónakázni a Siófoki Obszervatórium tornya előtt himbálózó, teljesen felszerelt kalóz vitorlással.



Balatoni nyár 1963-ban

Az utolsó aktuális térképet még megrajzolta, magam analizáltam ki, s ezen, közeledő veszélyre utaló jel nem látszott. Gyerünk vitorlázni!

A tó közepére érve elsötétült az ég, ránk tört iszonytató erővel a korábban még az országhatáron kívül leselkedő, magyar talaj közeli adaton még nem látható hidegfront. A mannschaft *(csapat, legénység)* tapasztalatlansága miatt a nagyvitorla reffelésére *(vitorlafelület csökkentése)* nem volt lehetőség, az 1 m-nél is nagyobb hullámok dobálták a hajót, csak a kormánylapáttal való folyamatos manőverezésre volt lehetőség. Hat-nyolc órán keresztül folyamatosan rá kellett menni a szélre, illetve attól néhány fokkal jobbra, hogy a felvett sebességgel kissé haladva ismételni lehessen a manővert.

Körülöttünk több vitorlás felborult, mentésre gondolni sem lehetett, végül sötétedésre beértünk a Bakony szélárnyékába, ahonnan közepes sebességgel érkeztünk Almádi kikötőjébe. Felmentünk az akkor még működő meteorológiai üdülőbe, vasalóval kiszárítottuk csuromvizes melegítőinket. Mivel a hajóforgalom 3 napig szünetelt, körben vasúton érkeztünk vissza Siófokra. Hála a Jóistennek és a Balatonra megfelelőképpen tervezett kalóznak. Talán a vízi rendészeti statisztikákban meg lehet találni, akkor hány vitorlázót sikerült kimenteni, illetve hány áldozatot már élettelenül kiemelni.

Tänczer Tibornak, a Viharjelzés korábbi vezetőjének kiegészítése: „….a szóban forgó helyzet nem tipikus eset volt. Emlékszem egy olyan helyzetre, amikor a szombathelyi 4 m/s-os északi szélre és gyenge, de a süllyedést követő nyomásemelkedésre riasztottam, és a Balatonon 20 m/s-os széllel jött meg a hidegfront. 1963. július 8.-án Balatonszemesen 28 m/s-os széllökés és az 1,8 m-es hullámmagasság mindennél nagyobb volt. A helyzet későbbi értékelése alapján egy igen gyors lefolyású frontgenezis ment végbe a Dunántúlon. A folyamat felgyorsulását jelzi, hogy a hidegfront a következő napra már elérte a Fekete-tenger térségét.”

Sajnos az eset mélyebben már nem analizálható, mivel a MET OFFICE által jelenlegi, az időjárás minden vonatkozására kiterjedő térképek áradata 50 évvel ezelőtt még nem létezett, csak faxon érkező hazai észlelésekre lehetett térképre rajzolás után támaszkodni.

A 850 HPA-OS NYOMÁSI SZINT LÉGHŐMÉRSÉKLETÉNEK VIZSGÁLATA MISKOLC FÖLÖTT ECMWF ERA-INTERIM REANALÍZIS ADATOK ALAPJÁN

ANALYSIS OF AIR TEMPERATURE AT 850 HPA PRESSURE LEVEL ABOVE MISKOLC BASED ON THE ECMWF ERA-INTERIM DATABASE

Kovács Attila[1], Erdődiné Molnár Zsófia[1], Kovács Gabriella, Rázsi András[1]
[1]OMSZ, Miskolci Veszélyjelző és Szolgáltató Iroda, 3533 Miskolc, Kerpely A. u. 12.
kovacs.av@met.hu, molnar.zs@met.hu, kvgabi@freemail.hu, razsi.a@met.hu

Összefoglalás: Az operatív szinoptikus gyakorlatban az egyik legfontosabb légköri paraméter a 850 hPa-os szint hőmérséklete, ennek segítségével lehet frontzónákat azonosítani, légtömegeket elkülöníteni, és kulcsszerepe van a felszíni maximumhőmérséklet előrejelzésében. Tanulmányunkban az Európai Középtávú Előrejelző Központ által létrehozott ERA-Interim adatbázist fölhasználva egy Miskolc közeli rácspont 850 hPa-os főizobárszint 00 UTC-s hőmérséklet napi adatsorának időbeli változásait vizsgáljuk 1979 és 2013 között.

Abstract: In operational synoptic practice one of the most important atmospheric parameters is the temperature of 850 hPa level. One may identify front lines and separate air masses by the help of it, and it has a key role in the forecast of the surface maximum temperature too. In our study we used the ERA-Interim database created by European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. We examined the temporal changes of the daily data series of 00 UTC temperature of 850 hPa isobar level for a grid point near Miskolc from 1979 to 2013.

Bevezetés. A felszíni hőmérséklet előrejelzésében kiemelt szerepe van a 850 hPa-os főizobárszint hőmérsékletének. Bár utóbbi mennyiség nem határozza meg egyértelműen az előbbit, az összefüggés különösen a nyári félév felszíni maximumhőmérsékletével nagyon szoros. Ugyanakkor az operatív szinoptikus gyakorlatban egész évben az egyik legfontosabb légköri paraméter a 850 hPa-os szint hőmérséklete, illetve ennek változása. Ez a nyomási szint nagyjából 1,5 km-es magasságban helyezkedik el, sokszor közvetlenül a határréteg fölött. Térbeli eloszlásának vizsgálata segít frontzónákat azonosítani, légtömegeket elkülöníteni.

A felszín közeli, 2 m-es hőmérsékletről nagyon sok mérési adattal és az ezekből készített statisztikával rendelkezünk, ez érdekel bennünket leginkább, hiszen itt élünk. Ugyanakkor növekvő érdeklődésre tart számot a fölöttünk lévő légoszlop meteorológiai állapota és hosszabb távú változása. Mérési adatok a magasabb légrétegekből a felszínhez képest nagyságrendekkel kisebb mértékben állnak rendelkezésünkre, ezért jó lehetőséget kínál az ECMWF ERA-Interim adatbázisa mindezek vizsgálatára. Tanulmányunkban ezt az adatbázist fölhasználva egy Miskolc közeli rácspont 850 hPa-os főizobárszintje hőmérsékletének időbeli változásait, statisztikáit, évi járását és hosszútávú trendjeit vizsgáljuk.

Az adatbázis. A Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) honlapján elérhető ERA-Interim adatbázis a legutolsó globális légköri reanalízis, melyet az ECMWF készített. Az 1979-től adatokat tartalmazó adatbázist a korábbi, az ERA-40 reanalízis helyettesítésére hozta létre az ECMWF. Az adatasszimilációs rendszer 4-dimenziós variációs analízissel (4D-VAR) készült 12 órás időbeli, nagyjából 125 km-es horizontális felbontással és 60 vertikális szinttel *(Dee et al..,* 2011*.)*. Az adatbázisból egy Miskolc közeli rácspontra állítottuk elő a 850 hPa-os szint hőmérsékletének 00 UTC-s napi adatsorát 1979. január 1-től 2013. december 31-ig.

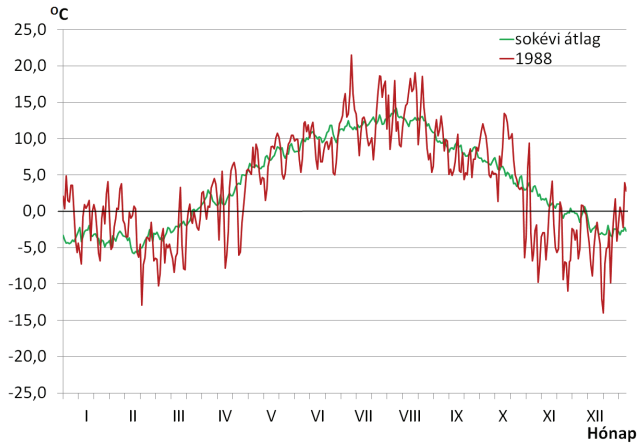
Napi adatok. Az *1. ábrá*n a 35 év napi átlagainak adatsora látható, illetve példaként az 1988-as év napi adatai, amelyek viszonylag jól követik ezt a sokévi átlagot, de természetesen tartalmaznak nagy kiugrásokat is.

Az átlagokat tekintve (*2. ábra*) a 850 hPa hőmérséklete február 16-án a leghidegebb, és augusztus 4-én a legmelegebb. Az átlag november 19-től március 24-ig 0 fok alatt van, ezen belül pedig február második harmadában -5 fok alatti. A nyári hónapokban június legelejének kivételével 10 fok fölötti.

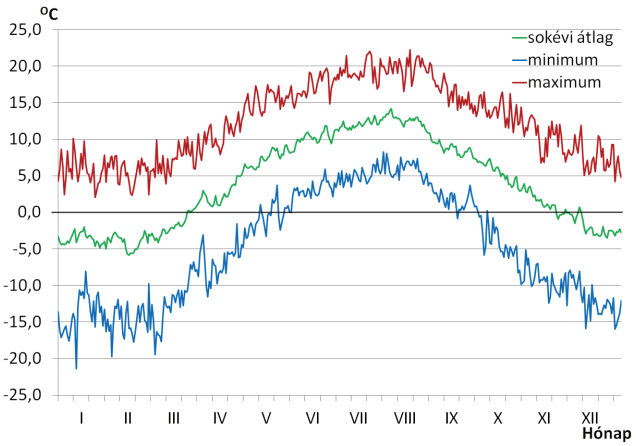
Érdekes megfigyelni, hogy július második felében és augusztusban a 35 év során előfordult leghűvösebb napokon a 850 hPa hőmérséklete hasonló vagy még alacsonyabb is a legmelegebb decemberi, januári és februári értékeknél. Nyáron kisebb a különbség a legmelegebb és a leghidegebb napok 850 hPa-os hőmérsékletei között, mint télen, és ebben a tekintetben a 850 hPa-os hőmérséklet hasonlóan viselkedik, mint a 2 m-es, vagyis a felszíni hőmérséklet, hiszen a felszíni hőmérsékletnek is nagyobb az abszolút hőingása a téli időszakban.

A -20 fok alatti 850 hPa-os hőmérséklet 00 UTC-kor csak egyszer fordult elő a 35 év során (*1. táblázat*), 1987. január 13-án. 20 fok fölötti 850 hPa-os hőmérséklet július 18. és augusztus 30. között fordult elő. A legmagasabb érték, 22,2 fok, 2008. augusztus 16-án volt. Itt azonban meg kell jegyeznünk, hogy csak a 00 UTC-s adatokat vizsgáltuk, tehát ezek az értékek kissé eltérhetnek, ha sűrűbb időbeli felbontású adatsorból indulunk ki.

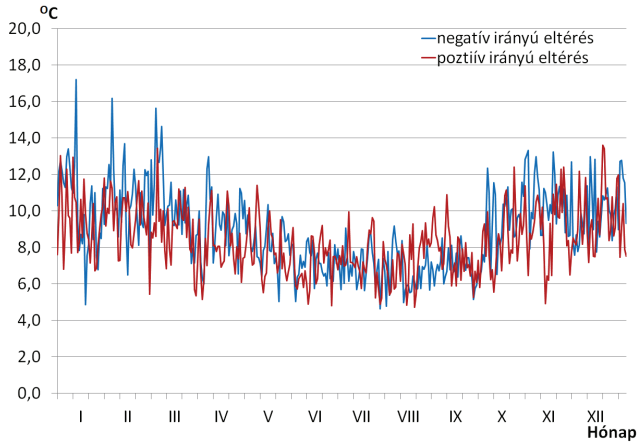
Ahogyan azt az előrejelzői tapasztalatok alapján el is várjuk, a 850 hPa-os szint hőmérséklete átlagtól vett kilen-



1. ábra: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének napi adatok alapján számított átlagos évi menete, valamint egy átlagosnak számító év, 1988. napi adatai



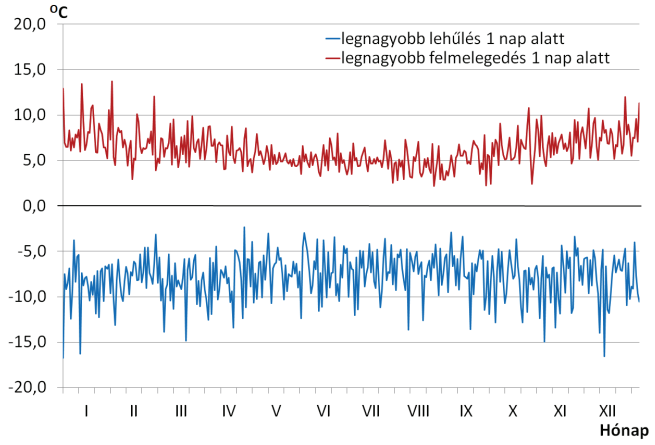
2. ábra: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének napi adatok alapján számított átlagos évi menete, valamint az adott nap előfordult legalacsonyabb és legmagasabb értékek évi menete 1979 és 2013 között



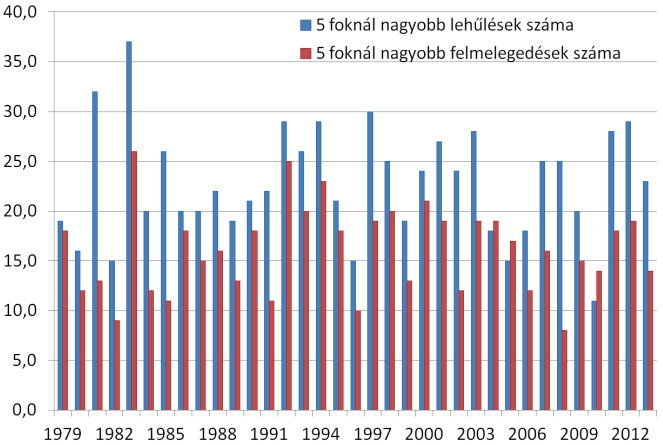
3. ábra: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének napi átlagtól vett maximális pozitív, ill. negatív eltérése 1979 és 2013 között



4. ábra: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének sokévi napi átlagának és 5 napos mozgóátlagának évi menete 1979 és 2013 között a nyári és téli napforduló bejelölésével



5. ábra: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének 1 nap alatt előfordult legnagyobb lehűlése és felmelegedése 1979 és 2013 között



6. ábra: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének 1 nap alatt előfordult 5 Celsius foknál nagyobb mértékű lehűléseinek és felmelegedéseinek évi esetszámai 1979 és 2013 között

gésének jellegzetes éves menete van (*3. ábra*): a téli félévben a legnagyobb, maximuma a tél második felében van (abszolút maximum: 17,2 fok, január 13.). Ekkor alakulnak ki a legnagyobb hőmérsékletkülönbségek Európa peremterületei között, s egy erőteljes déli ill. északkeleti áramlás során térségünkben akár 30 Celsius fokos különbség is adódhat. Legalacsonyabb értékeit nyáron, ill. a sokszor nagyon csendes szeptemberben találjuk.

Érdekesség és a tapasztalatokkal is egybevág, hogy télen a nagyobb értékek negatív irányban vannak, azaz az átlagtól a legnagyobb mértékben a hideg levegő hőmérséklete tér el. Ez nagy valószínűséggel az északkeletről érkező szibériai eredetű légtömegekkel hozható összefüggésbe. Nyáron viszont, bár a télinél kisebb mértékben, de pont fordítva van: a meleg léghullámok hőmérséklete jobban tér el az átlagtól, mint a hidegbetöréseké.

A *4. ábrán* megfigyelhető, hogy a nyári napforduló után még bő egy hónapig többnyire folyamatosan, fokozatosan növekszik a 850 hPa-os hőmérséklet átlaga, és maximumát augusztus elején éri el. Augusztus közepétől az átlag meredeken csökken december elejéig. Az első téli hónaptól a hűlés lelassul, a minimumot február közepén, közel két hónappal a téli napforduló után éri el. Márciustól egy áprilisi megtorpanással együtt gyors növekedés jellemzi.

1. táblázat: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének szélsőségei 1979 és 2013 között

abszolút minimum	-21,4 ^{O}C
abszolút maximum	22,2 ^{O}C
abszolút hőingás	43,6 ^{O}C

A maximális lehűlések a felmelegedéseknél jóval nagyobb mértékűek *(2. táblázat)*, ugyanakkor csak kissé változnak az év során. A legnagyobb előfordult lehűlések télen találjuk, 15 fokot meghaladó értékekkel, de nyáron is bőven sorjáznak a 10 fokot meghaladó lehűlések.

2. táblázat: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének 1 nap alatt előfordult legnagyobb lehűlése és felmelegedése 1979 és 2013 között

évszak	lehűlés, ^{O}C	felmelegedés
tavasz	14,8	9,9
nyár	13,6	8,0
ősz	15,0	10,8
tél	16,7	13,7

Érdekesség 1987. január 12-14. hőmérséklet változása. Ugyanis 12-én -5,1 Celsius fok volt a 850 hPa-os nyomási szint hőmérséklete, 13-án -21,4, 14-én pedig már -7,9 fok. Egyik napról a másikra bő 16 fokos lehűlés, majd másnapra 13 fokos melegedés következett be.

3. táblázat: A 850 hPa izobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének 1 nap alatt előfordult 5 illetve 10 Celsius foknál nagyobb mértékű változásának (lehűlés és felmelegedés) átlagos esetszáma 1979 és 2013 között

Időszak	10 Celsius foknál nagyobb hőmérséklet változás 24 óra alatt		5 Celsius foknál nagyobb hőmérséklet változás 24 óra alatt	
	Lehűlés	Felmelegedés	Lehűlés	Felmelegedés
január	0,23	0,14	2,60	2,66
február	0,09	0,09	2,17	1,86
március	0,20	0,00	2,06	1,80
április	0,26	0,00	1,49	1,11
május	0,17	0,00	1,86	0,66
június	0,17	0,00	1,20	0,57
július	0,11	0,00	1,43	0,46
augusztus	0,06	0,00	1,54	0,34
szeptember	0,11	0,00	1,43	0,71
október	0,20	0,03	2,23	1,71
november	0,23	0,03	2,37	1,69
december	0,20	0,06	2,43	2,51
Tavasz	0,63	0,00	5,40	3,57
Nyár	0,34	0,00	4,17	1,37
Ősz	0,54	0,06	6,03	4,11
Tél	0,51	0,29	7,20	7,03
Év	2,0	0,3	22,8	16,1

Éghajlatunk sajátja, hogy akár egy nap alatt is hatalmasat változzon a fölénk érkező légtömegek hőmérséklete. Ez a táptalaja a médiában előszeretettel hangoztatott és immár sajnálatosan elterjedt, a „felkonfokban" jópofának és érdekesnek tűnő, de inkább szenzációhajhász megfogalmazások, miszerint már az időjárás sem olyan, mint régen, hiszen ma már nincs átmenet az évszakok között. Az egy nap alatt bekövetkezett maximális felmelegedéseknek évi menete van *(5. ábra)*. Télen, különösen januárban és februárban fordulnak elő nagy, 10 Celsius fokot meghaladó értékek, de 15 fokot megközelítő felmelegedésre is volt példa 24 óra alatt. A nyári időszakban ennek mértéke 5 fok körülire csökken.

Első látásra félrevezető lehet a *3. táblázat* tanulmányozása. Nagyon alacsonyak ugyanis az értékek, ettől többet várnánk. Azonban ha meggondoljuk, hogy pl. egy markáns hidegfront átvonulásakor a prefrontális meleg maximum, majd a front utáni hideg levegő minimuma nem valószínű, hogy pontosan igazodik a 00 UTC-s mintavételünkhöz, sokkal inkább az a helyzet, hogy ezt figyelembe se veszi. Így mintavételünk fázisai nem esnek egybe a front két oldalán a maximális hőmérsékletkülönbséggel. Ezért valószínűleg nagyobb az 5, ill. 10 fokot

meghaladó mértékű hőmérsékletváltozások átlagos száma a 850 hPa-on egy adott pont fölött.

Azonban mégis vonhatunk le érdekes következtetéseket a fönti adatokból is. A legszembetűnőbb az április viselkedése. Ugyanis ekkor fordulnak elő leggyakrabban a nagyobb lehűlések (10 Celsius fokot meghaladó lehűlés átlagosan minden 4. évben), míg a kisebb (>5 Celsius fok) lehűlések gyakorisága relatíve alacsony. Nem véletlen, hogy az áprilist bolondos hónapnak nevezik, mert ahogy látjuk, nem kifejezetten gyakori a lehűlés, de ha van, akkor az meglehetősen markáns.

Azon napok évi esetszámai, amikor 00 UTC-kor a 850 hPa-os hőmérséklet 15 ^{o}C fölött alakul, 1979 óta egyértelmű és jelentős növekedést mutatnak *(7. ábra)*. Érdekes megfigyelni a meredeken emelkedő trendet is: ez az esetszám 1979 és 1999 között 3 évben haladta meg a 20 napot, míg 2000 és 2013 között 3 évben nem érte el a 20 napot.

A 20 ^{o}C fölötti 00 UTC-s 850 hPa-os hőmérsékletek meglehetősen ritkán fordulnak elő, van úgy, hogy éveken át egyáltalán nem, de e napok esetszámai is növekedést mutatnak 1979 óta.

4. táblázat: A 850 hPa izobárszint hőmérsékletének 00 UTC-s napi adatokból számított havi, évszakos és éves átlagai, az előfordult leghidegebb és legmelegebb időszak, ezek különbsége, valamint az időszakos adatok szórása 1979 és 2013 között

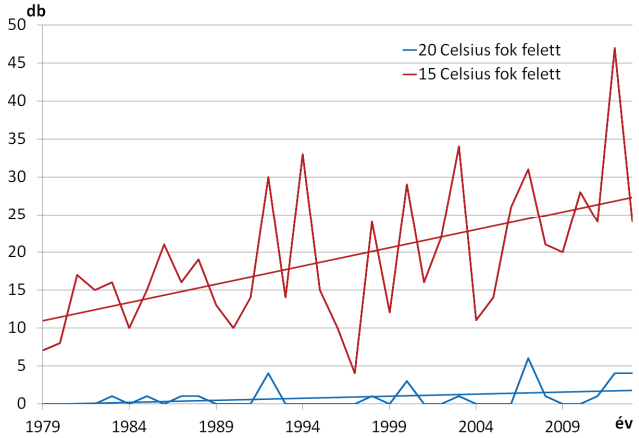
időszak	átlag-hőmérséklet (^{O}C)	előfordult leghidegebb hónap, évszak, év (^{O}C)	előfordult legmelegebb hónap, évszak, év (^{O}C)	előfordult legmelegebb és leghidegebb hónap, évszak, év eltérése (^{O}C)	havi, évszakos, évi átlagok szórása
január	-3,6	-8,1	-0,6	7,5	2,1
február	-4,1	-10,0	0,6	10,6	2,4
március	-1,8	-7,8	1,7	9,5	2,1
április	2,6	-2,2	6,5	8,7	1,9
május	7,4	3,5	11,1	7,6	1,6
június	10,2	7,6	12,7	5,1	1,3
július	12,1	9,1	14,8	5,7	1,5
augusztus	12,3	9,2	16,7	7,5	1,3
szeptember	8,4	4,6	12,0	7,4	1,8
október	5,0	1,2	8,4	7,2	1,7
november	0,8	-4,1	4,3	8,4	2,1
december	-2,3	-6,4	1,2	7,6	1,8
Tavasz	2,7	0,0	4,7	4,7	1,2
Nyár	11,6	9,5	13,6	4,1	1,0
Ősz	4,8	3,0	7,3	4,3	1,1
Tél	-3,3	-7,0	-0,6	6,4	1,4
Év	3,9	2,5	5,0	2,5	0,7

Korábbi megfigyeléseinkkel egybevág, hogy a tél a legváltozékonyabb évszak, ekkor fordulnak elő leggyakrabban erős lehűlések és felmelegedések is. Kíváncsiak voltunk arra is, hogy megfigyelhető-e a vizsgált harmincöt év során valamiféle trend az egy nap alatt bekövetkező 5 foknál nagyobb változások évi esetszámaiban *(6. ábra)*, hiszen az éghajlatváltozás egyfajta mérőszáma lehet a hirtelen nagy változások gyakoribbá válása. A lehűlések és a felmelegedések évi esetszámai egyaránt nagy változékonyságot mutatnak az egyes évek során. Átlagosan másfélszer annyi egy nap alatt bekövetkező 5 fokot meghaladó lehűlés fordul elő egy évben, mint ugyanilyen mértékű felmelegedés. Azonban sem a lehűlések sem a felmelegedések tekintetében nem sikerült semmilyen trendet megállapítani a 35 év során, egyik irányú változás évi esetszámai sem nőttek, de nem is csökkentek.

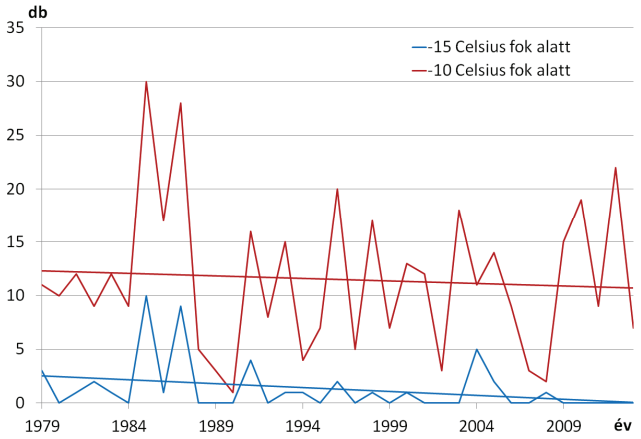
Az, hogy egy adott évben hány napon fordul elő 00 UTC-kor -10 ^{o}C alatti 850 hPa-os hőmérséklet, meglehetősen nagy változékonyságot mutat *(8. ábra)*. Például 1985-ben 30, 1990-ben viszont csak 1 ilyen nap fordult elő.

A nagy szórás ellenére is megállapítható, hogy e napok évi előfordulása 1979 és 2013 között kismértékű csökkenő tendenciát mutat. Szintén csökkenés figyelhető meg ezen időszak alatt a -15 ^{o}C alatti napok előfordulásában.

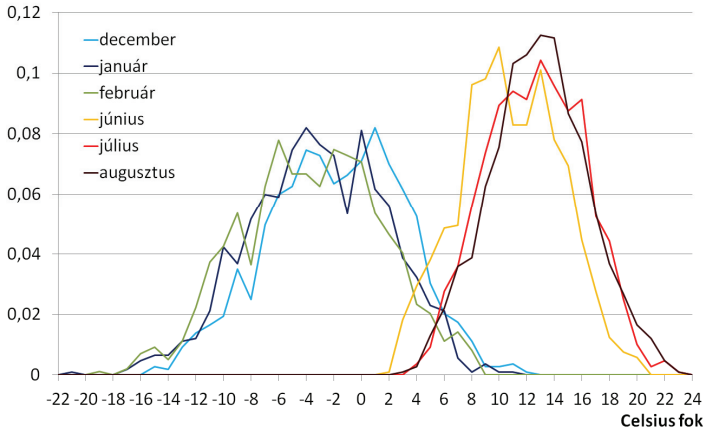
Havi adatok. A legmelegebb hónap 1992 augusztusa, míg a leghidegebb 1985 februárja volt 1979 és 2013 között *(4. táblázat)*. Ezen kívül említést érdemel még 1987 márciusa, mely a leghidegebb március volt a 35 év alatt, de azon a télen is ez bizonyult a leghidegebb hónapnak.



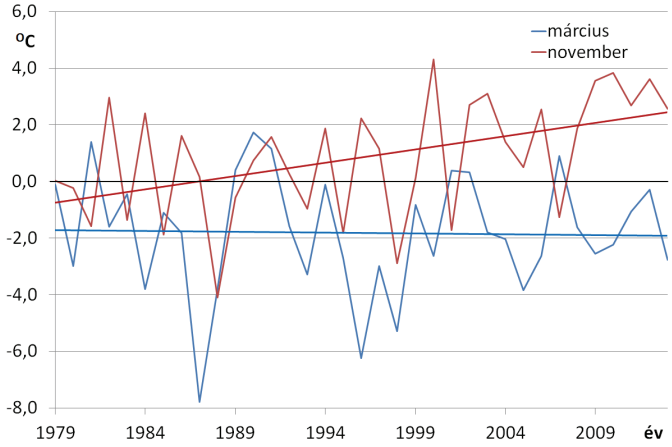
7. ábra: 1979 és 2013 között azon napok éves esetszáma és lineáris trendje, amikor 00 UTC-kor a 850 hPa izobárszint hőmérséklete 15 ill. 20 °C fölötti



8. ábra: 1979 és 2013 között azon napok éves esetszáma és lineáris trendje, amikor 00 UTC-kor a 850 hPa izobárszint hőmérséklete -15 °C és -10 °C alatti



9. ábra: A 850 hPa izobárszint hőmérsékletének 00 UTC-s napi adatokból számított átlagos relatív gyakorisága a téli és a nyári hónapokban 1979 és 2013 között



10. ábra: A 850 hPa izobárszint napi 00 UTC-s hőmérséklete alapján számított március és november havi átlagai és az erre illesztett lineáris trendek 1979 és 2013 között

A hőmérséklet tekintetében legváltozékonyabb hónap a február, majd a január, a március és a november, míg az évszakok közül a tél. Az egyes évek havi átlaghőmérsékletei között igen nagy különbségek alakulhatnak ki. A 35 év során előfordult legmelegebb és leghidegebb havi átlagok közötti különbség februárban meghaladja a 10 Celsius fokot, mely kétszerese a legalacsonyabb, júniusi értéknek! Egyes évek átlagai között márciusban és áprilisban is közel 10 fokos különbség fordulhat elő. A havi átlagok abszolút hőingása 26,7 Celsius fok.

5. táblázat: A 850 hPa izobárszint napi 00 UTC-s hőmérséklete alapján számított havi, évszakos és éves átlagok lineáris trendjei 1979 és 2013 között

időszak	lineáris trend, (°C/10 év)
január	0,30
február	0,22
március	-0,06
április	0,80
május	0,47
június	0,50
július	0,75
augusztus	0,51
szeptember	-0,14
október	0,04
november	0,94
december	0,10
Tavasz	0,40
Nyár	0,59
Ősz	0,28
Tél	0,14
Év	0,37

A 850 hPa-os főizobárszint 00 UTC-s hőmérsékletének átlagos relatív gyakoriságát vizsgálva *(9. ábra)* megállapítható a téli hónapok nagyobb változékonysága, az értékek nagyobb szórása, míg nyáron a görbék jóval csúcsosabbak. Télen a leggyakoribb érték -2, nyáron +13 Celsius fok körül alakul. Érdekes megfigyelni, hogy mindkét évszakban egyforma gyakorisággal fordul elő +6 Celsius fok körüli érték.

Hosszú távú változások. 35 év az éghajlatváltozás vizsgálathoz meglehetősen rövid időszak, mégis tartogat néhány érdekességet ezen adatok vizsgálata is (*5. táblázat*). Ugyanis az emelkedés egyértelmű. A legjobban a november hőmérséklete emelkedett ebben az időszakban (2,8 °C 35 év alatt), amit talán az utolsó 6 év átlagon felüli értékei „vittek el” ennyire *(10. ábra)*. E közben a szeptember és a március gyenge lehűlő trendet mutat.

Irodalom

Dee, D. P. et al., 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 137: 553–597

ÉLETZÓNA-TÉRKÉPEK ALKALMAZÁSA AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VIZUALIZÁCIÓJÁRA

APPLYING LIFE ZONE MAPS TO VISUALIZE CLIMATE CHANGE

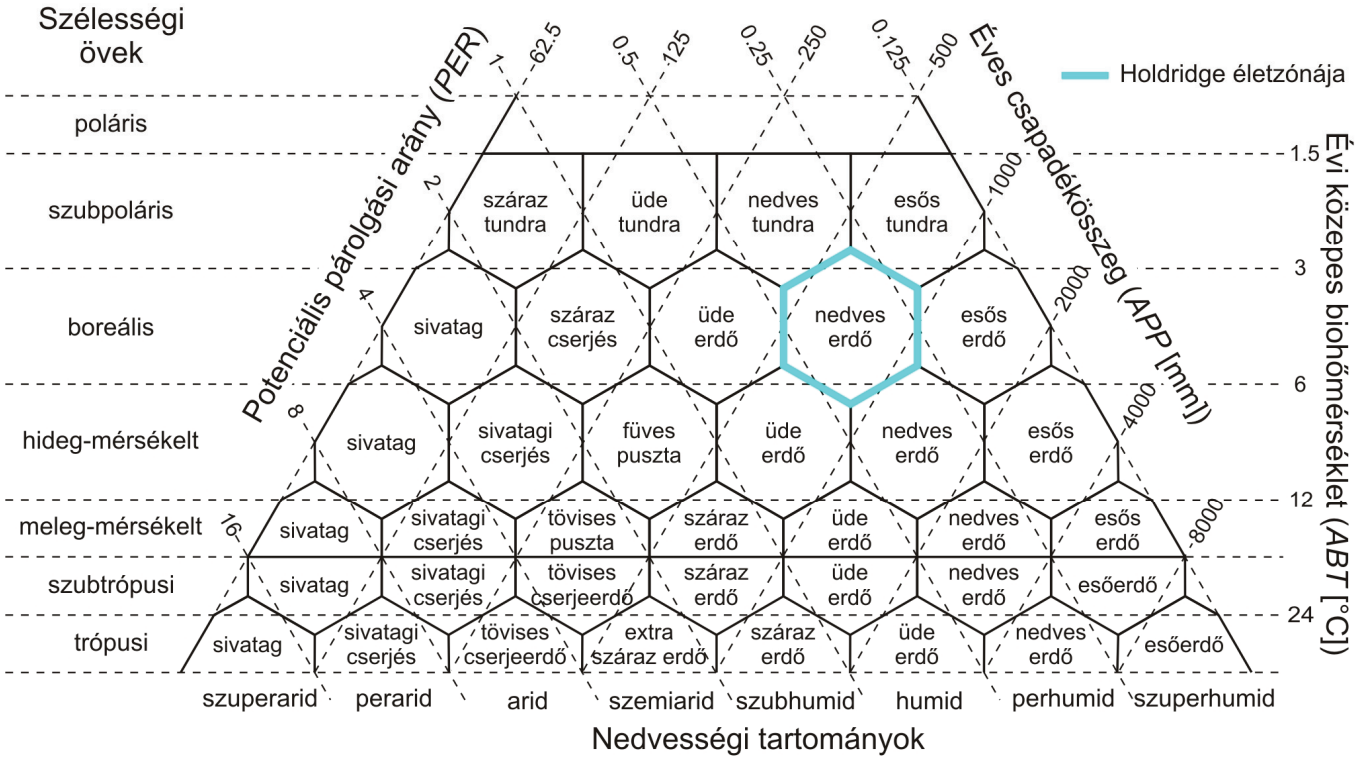
Szelepcsényi Zoltán[1], Kis Anna[2], Skarbit Nóra[3], Breuer Hajnalka[2]

[1]SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék; 6722 Szeged, Egyetem u. 2–6.,[2]ELTE Meteorológiai Tanszék; 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, [3]SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék; 6722 Szeged, Egyetem u. 2–6.
szelepcsenyi@geo.u-szeged.hu, kisanna@nimbus.elte.hu, skarbitnora@gmail.com, bhajni@nimbus.elte.hu

Összefoglaló. Cikkünkben azt vizsgáljuk, hogy a vegetáció területi eloszlásában bekövetkező módosulások alkalmasak-e a megváltozott éghajlati viszonyok közérthető illusztrálására. A kutatást kérdőív segítségével valósítottuk meg, amelyhez ún. életzóna-térképeket használtunk fel. Eredményeink szerint a vegetáció – ilyen egyszerű módon – becsült változása alkalmas lehet arra, hogy a laikusok számára megkönnyítse a klímaváltozás értelmezését. A kérdőívet kitöltők jelentős hányada alkalmasnak tartotta az életzóna-térképeket az éghajlatváltozás vizualizációjára. Az életzóna-térképek érthetőségét ellenőrző kérdésekre adott helyes válaszok aránya átlagosan 81% volt.

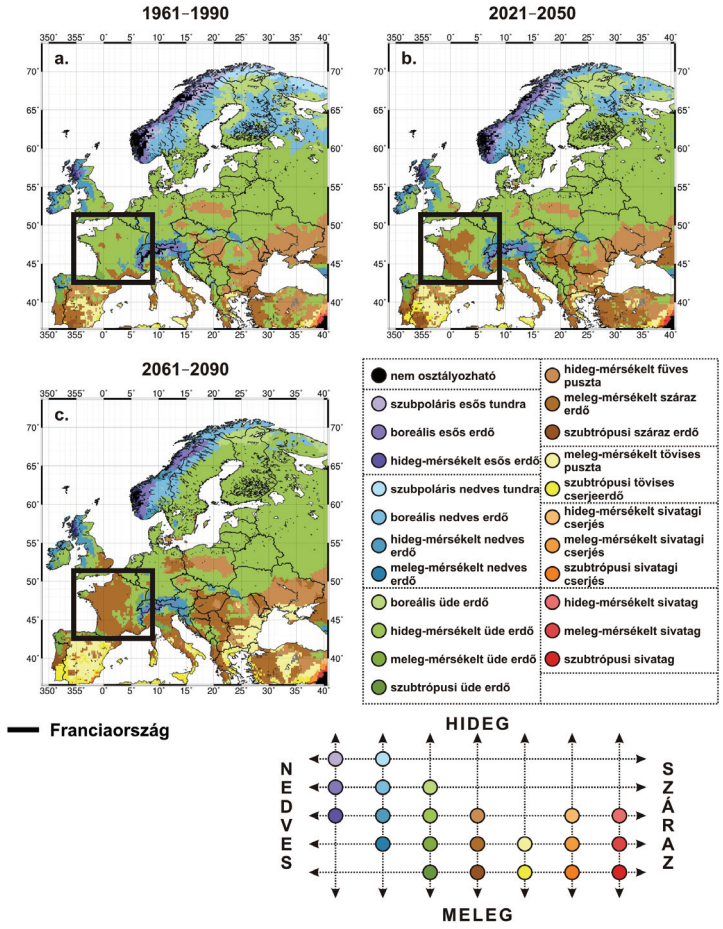
Abstract. In this paper we analysed, whether changes in the spatial distribution of vegetation are appropriate for illustrating climate change. For the investigation questionnaire survey was applied, in which life zone maps were used. According to our results change of vegetation, which is simulated in a simple way, can be an effective visualization tool for disseminating climate change. Most of the responders claimed that life zone maps are suitable to visualize climate change. The average percentage of the correct answers for those questions, which were applied to test the clarity of life zone maps, was 81%.

Bevezetés. Manapság egyre több fórumon merül fel annak igénye, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos ismereteket az eddigiekhez képest újabb, érthetőbb formában mutassuk be. Ha a XXI. század végére, Magyarországra becsült – minden évszakban legalább 2,5 °C-os – hőmérsékletemelkedés és várható csapadékváltozás *(Bartholy et al. 2007)* helyett azt hangsúlyozzuk, hogy azok együttesen milyen ökológiai következményeket idézhetnek elő, a lakosság talán valósabb problémaként értékelheti az éghajlatváltozás hatásait. Emiatt gondoltuk úgy, hogy Európa jövőben várható éghajlatát valamely biofizikai klímaklasszifikációs módszerrel érdemes kiértékelnünk. A biofizikai éghajlat-osztályozási modellek ugyanis a vegetáció és az éghajlat között fennálló szoros kapcsolatot használják fel az éghajlat tipizálására. E modellek közül a három talán legismertebb *Köppen* (1936),

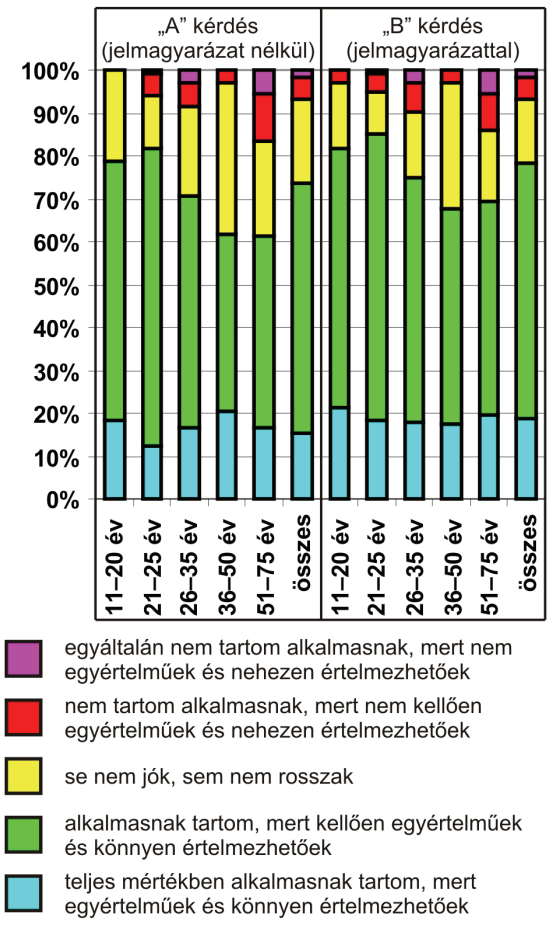


1. ábra: A Holdridge-féle háromszögdiagram Holdridge (1967) alapján.

Holdridge (1947, 1967) és *Thornthwaite* (1948) módszere. Holdridge életzóna rendszere viszonylag egyszerű, azonban igen sokrétű, ugyanis az egyes klímatípusokat amellyel adott éghajlati feltételek mellett konstruálható vegetációtípusokat lehet meghatározni. Modelljéhez három klímaindexet definiált: évi közepes biohőmérséklet



2. ábra: Európa életzóna-térképei az 1961–1990-es (a.), a 2021–2050-es (b.) és a 2061–2090-es (c.) időszakokra a hét kiválasztott ENSEMBLES szimuláció átlagos hőmérséklet- és csapadékmezői alapján (a kérdőívben szereplő 6. feladat példáján keresztül).



3. ábra: A kérdőív kitöltőinek véleménymegoszlása (%) korosztályok szerint arra vonatkozóan, hogy mennyire tartják alkalmasnak az életzóna-térképeket az éghajlatváltozás érzékeltetésére. A kérdést két ízben iktattuk be kérdőívünkbe: a jelmagyarázat feltüntetése előtt („A” kérdés) és után („B” kérdés).

szemléletes módon a potenciális vegetáció segítségével definiálja. Feltételezésünk szerint ez lehetővé teszi, hogy a modellel kapott ún. életzóna-térképek a lakossági tájékoztatásban is hasznosulhassanak. Kutatásunk során tehát azt vizsgáltuk, hogy a laikusok számára megfelelő információtöbblettel szolgálnak-e, vagy sem az életzóna-térképek az éghajlatváltozás vizualizációja során. Ezt online kérdőíves felmérés segítségével valósítottuk meg, amelyhez *Jylhä et al.* (2010) hasonló jellegű kutatása jelentett iránymutatást. *Jylhä et al.* (2010) ugyancsak kérdőíves felmérés keretei között vizsgálta Köppen éghajlatosztályozási módszerének disszeminációs célokra való alkalmazhatóságát. Úgy találták, hogy az éghajlati körzeteket bemutató térképek megfelelően alkalmazhatóak a tömegtájékoztatásban, esetükben a térképek értelmezhetőségét mérő kérdésekre adott helyes válaszok aránya átlagosan 86 százalék volt.

Holdridge életzóna rendszere. *Holdridge* (1947, 1967) egy olyan geometriai modellt (*1. ábra*) dolgozott ki, *(ABT),* évi csapadékösszeg *(APP)*, potenciális párolgási arány (*PER*). Az indexek meghatározása csupán a hőmérséklet és a csapadék napi vagy havi idősorait igényli. A módszer teljes körű leírását és egy lehetséges módosítását *Szelepcsényi et al.* (2014) cikkében találjuk meg.

Adatok. Ahhoz, hogy létrehozzuk az online kérdőívhez szükséges életzóna-térképeket, havi hőmérséklet- és csapadékmezőkre volt szükségünk. Esetünkben ezeket az éghajlati mezőket Skarbit Nóra meteorológus hallgató állította elő diplomamunkájának *(Skarbit* 2014*)* keretében. A vizsgálatokhoz az ENSEMBLES projekt *(van der Linden és Mitchell 2009)* hét regionális klíma-szimulációját használtuk fel. A kiválasztott szimulációk mindegyikére igaz a következő három állítás: a) az 1951–2100-as időszakra, Európa egészére állnak rendelkezésre; b) 25 km-es horizontális rácsfelbontással készültek; c) az A1B kibocsátási szcenárióra *(Nakicenovic és Swart* 2000*)* vonatkoznak. Továbbá a szimulációkhoz alkalmazott regionális klímamodellek kezdeti- és peremfeltételeit két kü-

lönböző globális klímamodell (ECHAM5: *Roeckner et al.* 2003, ARPEGE: *Déqué et al.* 1998) szolgáltatta. Az életzóna-térképek elkészítéséhez azonban nem közvetlenül a nyers adatokat használtuk fel, a szimulált adatsorok először egy hibakorrekciós eljáráson *(Formayer és Haas* 2009, *Skarbit* 2014*)* estek át. A korrekció során referenciaként az E-OBS rácsponti megfigyelési adatbázist *(Haylock et al.* 2008*)* használtuk. Végül a korrekciót követően a hét szimuláció mindegyikét felhasználva származtattuk mind a havi csapadékösszegek, mind a havi középhőmérsékletek átlagos mezőit a következő három időszakra nézve: jelen (1961–1990), közeljövő (2021–2050) és távoli jövő (2061–2090).

Kérdőív. A kutatás első lépéseként a korábban megállapított átlagos éghajlati mezőket felhasználva, Holdridge modelljét alkalmazva három életzóna-térképet *(2. ábra)* határoztunk meg. Ezután 12 olyan állítást fogalmaztunk meg, amelyekről eme életzóna-térképek segítségével – véleményünk szerint – könnyen eldönthető, hogy helyesek-e vagy sem. Az egyértelműség kedvéért az állításokban szereplő földrajzi helységeket az aktuális térképeken feltüntettük, ezzel is csökkentve az előképzettségből fakadó egyenlőtlenségeket. A válaszadás során a „*Nem tudom eldönteni.*" opciót is beiktattuk, hogy a válaszadónak ne kelljen kötelezően állást foglalnia, és ezzel is jelezhesse az életzóna-térképekkel szembeni elégedetlenségét. Továbbá kérdőívünkbe egyéb, a módszer értékelésére, véleményezésére irányuló kérdéseket is beépítettünk. Végül az összeállított kérdőívet „Tömegkommunikáció – éghajlatváltozás – életzónák" címen Google űrlapként hoztuk létre, amelyet elsősorban közösségi oldalakon keresztül népszerűsítettünk. Továbbá e-mailben kértünk segítséget a kérdőív terjesztéséhez a következő csoportok tagjaitól: hazai egyetemeken/főiskolákon klimatológiát és biogeográfiát oktató tanárok, földrajz szakos gimnáziumi és szakközépiskolai tanárok, természet- és környezetvédelmi civil szervezetek vezetői.

A kérdőív 12 – az életzóna-térképek értelmezhetőségét mérő – feladatból és 4 további – a módszer értékelésére vonatkozó – kérdésből állt. A kitöltőnek elsőként a nemét, az életkorát és a legmagasabb iskolai végzettségét kellett megadnia. Ezt követően az 1–4. állításokról kellett eldönteni, hogy igazak-e vagy sem. Ezeknél a feladatoknál kizárólag az életzóna-térképek álltak rendelkezésre segítségül, a hozzájuk tartozó jelmagyarázat nem volt feltüntetve. A 4. feladat után következett az „A" kérdés („Mennyire tartja alkalmasnak az életzóna-térképeket az éghajlatváltozás érzékeltetésére?"), amelyet 1-től 5-ig terjedő skálán kellett pontozni. Majd az 5–12. feladatokat kellett megoldani – a térképek jelmagyarázatának segítségével –, aztán a „B" kérdésre (amely azonos az „A" kérdéssel) kellett választ adni. Végül még két állítást („C" és „D") kellett pontozni ugyancsak 1-től 5-ig terjedő skálán, amelyek arra vonatkoztak, hogy a kérdőívet kitöltő milyen mértékben alapozta válaszait az életzóna-térképekre, illetve azok használata nélkül is képes lett-e volna válaszolni a kérdésekre.

Eredmények. A vegetáció és az éghajlat kapcsolata már évszázadok óta ismeretes. Ezt az összefüggést az éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek széleskörű terjesztésére azonban hazánkban még nem alkalmazzák. Az általunk összeállított kérdőív segítségével tesztelhetjük feltevésünket, miszerint a vegetáció területi eloszlásában bekövetkező módosulások alkalmasak lehetnek a megváltozott éghajlati viszonyok közérthető illusztrálására.

Az *1. táblázatban* az életzóna-térképek érthetőségét ellenőrző feladatok állításait, továbbá a helyes válaszokat és a helyes választ adók arányát láthatjuk. Az eredményeket a térképhasználat szempontjából kettéosztottuk: „Térképet használónak" tekinthetjük azokat, akik a „C" állításra („Válaszaim kizárólag a térképeken alapultak.") 4–5 pontot adtak, míg az 1–3 pontot adókat „Térképet nem használóknak" tekintettük. A helyes válaszok aránya átlagosan a térképet használók között volt magasabb (86 %), a térképet nem használók ennél mintegy 10 %-kal gyengébben teljesítettek (75 %). A válaszok összegzése után tehát arra jutottunk, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdések megválaszolásához segítséget nyújtottak az életzóna-térképek. A 1–4. és 5–12. feladatok átlagos eredményeit összevetve megállapíthatjuk, hogy a térképhasználók esetén kb. 3 %-kal javult a helyes válaszok aránya a jelmagyarázat feltüntetésének köszönhetően, míg a térképet nem használók esetén – elvárásainknak megfelelően – nem okozott változást a jelmagyarázat megadása.

Az 5–12. feladatok közül négy (6., 8., 11. és 12. állítás) kifejezetten az életzónákkal volt kapcsolatos, míg másik négy kérdés (5., 7., 9. és 10. állítás) esetében arra ösztönöztük a válaszadót, hogy az éghajlati viszonyok megváltozását az életzóna-módosulásokból olvassa ki. Az életzónákra vonatkozó kérdések esetében a térképet nem használó válaszadók jelentős mértékben rosszabbul teljesítettek. E kérdések esetében a térképet használók helyes válaszainak aránya átlagosan 84,46 % volt, míg a térképet nem használók esetében ez az érték csupán 66,55 %-nak felelt meg. Ez utóbbi azzal magyarázható, hogy az életzónákkal kapcsolatosan háttértudása a kérdőívet kitöltőknek valószínűsíthetően nem volt – minthogy maga a módszer még kevésbé ismert hazánkban. A 8. feladat példáján keresztül pedig egyértelműen megállapítható, hogy a térképek jelentős segítséget nyújtottak a válaszadás során: a térképet nem használók helyes válaszainak aránya mindössze 58,45 % volt, míg a térképhasználók körében ugyanez az érték közel 84 %-nak adódott.

A helyes válaszok aránya egyébként a 9. feladat („A távoli jövőben Magyarországon melegebb éghajlati viszonyok fognak uralkodni, mint napjainkban.") esetén bizonyult a legmagasabbnak: az összes válaszadót tekintve 94,83% válaszolt helyesen és még a térképet nem használók esetén is 90% feletti volt ez az arány *(1. táblázat)*. Ebből arra következtethetünk, hogy a lakosság tudatában van annak, hogy becslések szerint hazánkban a XXI. század végére a jelenleginél melegebb éghajlati körülmények valószínűsíthetőek.

Eredményeink szerint az ellenőrző kérdésekre adott válaszokat kevéssé befolyásolta az iskolázottság. A helyes válaszok aránya 80,67 % volt a diplomások (legmagasabb iskolai végzettség: BA/BSc alapképzésben, MA/MSc mes-

terképzésben vagy osztatlan képzésben szerzett fokozat) körében, és 81,07 % a nem-diplomások (legmagasabb iskolai végzettség: általános iskola 8 osztály, szakmunkásképző/szakiskola, gimnázium/szakközépiskola) esetén. Az 1–4. feladatok során a diplomások helyes válaszainak aránya volt magasabb három állítás esetén is, míg az 5–12. feladatok megválaszolásakor a nem-diplomások teljesítettek jobban a 6. és 7. kérdéstől eltekintve. Ez talán azzal magyarázható, hogy az életzóna-térképek jelmagyarázatának hiányában a diplomások a háttértudásukra

A 4. és 12. feladatokat követően a válaszadóknak pontoznia kellett, hogy mennyire tartják alkalmasnak az életzóna-térképeket (a jelmagyarázat használata nélkül illetve annak használatával) az éghajlatváltozás érzékeltetésére. A *3. ábrán* e vélemények százalékos eloszlását láthatjuk, a korosztályok függvényében. A térképek jelmagyarázatának megadása előtt a 26 év alattiak kb. 80 %-a, a 26–35 évesek mintegy 70 %-a, a 35 éven felülieknek pedig csupán 60%-a tartotta alkalmasnak az életzóna-térképeket a klímaváltozás vizualizációjára (az összes ki-

1. táblázat: Az életzóna-térképek érthetőségét ellenőrző feladatok állításai. Az 1. oszlopban a 12 állítást, a 2. oszlopban az adott feladatokhoz tartozó helyes válaszokat láthatjuk. A 3. oszlopban a helyes válaszok arányát tüntettük fel az összes válaszadót figyelembe véve. A 4. és 5. oszlopokban pedig a „térképet használók" (a „C" állítás esetén 4–5 pont), illetve a „térképet nem használók" (a „C" állítás esetén 1–3 pont) helyes válaszainak arányát láthatjuk.

állítások	helyes válaszok	helyes válaszok aránya		
		Összes válaszadó (290 fő)	Térképet használók (148 fő)	Térképet nem használók (142 fő)
1. A távoli jövőben (2061–2090) Magyarország nagy részén ugyanaz az életzóna-típus lesz megfigyelhető, mint napjainkban (1961–1990).	hamis	76,55	78,38	74,65
2. Németország éghajlata a közeljövőre (2021–2050) jelentősen módosulni fog napjainkhoz (1961–1990) képest.	hamis	71,38	80,41	61,97
3. Tekintsük Magyarország éghajlatát a távoli jövőben (2061–2090)! Az alábbi négy lehetőség közül válassza ki azt a területet, ahol a jelenlegi (1961–1990) klíma leginkább megegyezik Magyarország jövőbeli éghajlatával! (a. Dánia; b. Nyugat-Törökország; c. Bosznia-Hercegovina; d. Nyugat-Ukrajna)	b.	84,14	89,19	78,87
4. Dél-Európa jelenlegi életzóna-típusai a jövőben északi irányba fognak tolódni.	igaz	85,86	86,49	85,21
5. A távoli jövőben (2061–2090) Spanyolország számos régiója szárazabb lesz a jelenleginél (1961–1990).	igaz	94,14	95,27	92,96
6. Franciaországban a jövőben egyre nagyobb lesz a kiterjedése a meleg-mérsékelt száraz erdő életzóna-típusnak.	igaz	91,38	97,30	85,21
7. Görögországban a jövőben nedvesebb éghajlati viszonyok lesznek jellemzőek.	hamis	89,31	92,57	85,92
8. Dél-Franciaországban a közeli jövőben (2021–2050) a szubtrópusi tövises-cserje erdő életzóna-típus fog megjelenni.	hamis	71,38	83,78	58,45
9. A távoli jövőben (2061–2090) Magyarországon melegebb éghajlati viszonyok fognak uralkodni, mint napjainkban (1961–1990).	igaz	94,83	98,65	90,85
10. Lengyelországban a közeli jövőben (2021–2050) jelentősen hűvösebb éghajlati viszonyok lesznek jellemzőek, mint jelenleg (1961–1990).	hamis	71,03	74,32	67,61
11. A Kola-félszigeten napjainkban (1961–1990) jelentős területeket foglal el a szubpoláris nedves tundra életzóna-típus, azonban a távoli jövőre (2061–2090) teljesen eltűnik a területről, helyét boreális nedves és üde erdő életzóna-típusok veszik át.	igaz	75,17	81,76	68,31
12. Finnországban a távoli jövőben (2061–2090) a boreális nedves erdő életzóna-típus lesz uralkodó.	hamis	64,83	75,00	54,23
átlag		80,83	86,09	75,35
szórás		10,33	8,51	13,11

alapozták válaszaikat, míg a 4. feladat után a válaszadók már nagyobb figyelmet fordítottak a térképekre, amelyek viszont iskolázottságtól függetlenül ugyanúgy értelmezhetőek. Az életzóna-térképek alkalmazhatóságára vonatkozó kérdések („A" és „B" kérdés) esetén nem volt statisztikailag szignifikáns különbség a két csoport válaszai között. A „B" kérdésre adott átlagos pontszám a diplomások körében 3,84, míg a nem-diplomások esetén 3,95 volt.

töltőt tekintve kb. 73 % volt ez az érték). A jelmagyarázat megadása után minden korosztály magasabb pontszámot adott erre a kérdésre, az összes választ figyelembe véve a kitöltők kb. 79 %-a tartotta részben vagy egészben alkalmas eszközöknek az életzóna-térképeket. Mindkét esetben a fiatalabb korosztály (26 év alatt) adott magasabb pontokat; a 12. feladat után több mint 80%-uk tartotta egyértelműnek és könnyen értelmezhetőnek az életzóna-térképeket. A jelmagyarázat megadása után az

50 év feletti kitöltők közül jelentősen (10 %-kal) többen találták megfelelő eszközöknek az életzóna-térképeket, azonban az 1–2 pontot adók aránya nem változott.

A *2. táblázatban* a „C" és „D" állításokra adott pontok százalékos eloszlását láthatjuk. A „C" és „D" állításokra adott válaszok között fennálló negatív korreláció (−0,5) 99,9 %-os szinten szignifikánsnak bizonyult. A „C" állítással („Válaszaim kizárólag a térképeken alapultak.") a válaszadók 51 %-a egyetértett, illetve teljes mértékben egyetértett, míg 12,4 %-a nem vagy egyáltalán értett egyet vele. Azaz minden 10 válaszadóból legalább 8 részben vagy egészben az életzóna-térképekre támaszkodott a kérdőív kitöltése során. A helyes válaszok aránya 69,91 % volt azon válaszadók esetében, akik a „C" állítással nem vagy egyáltalán nem értettek egyet (1–2 pontot adtak az állításra), míg ugyanerre a kérdésre 4–5 pontot adók között 86,1 %-os volt a helyes válaszok aránya. Tehát azok, akik válaszaikat kizárólag a térképekre alapozták, általánosságban jobb eredményeket értek el, mint azok, akik a kérdőív kitöltése során nem csak az életzóna-térképekre hagyatkoztak. Azok, akik azt állították, hogy a kérdésekre a térképek használata nélkül is képesek lettek volna válaszolni („D" állítás esetén 4–5 pont), 72,35 %-ban válaszoltak helyesen. Ugyanez az érték azokra vonatkozóan, akik állításuk szerint a térképek nélkül nem tudtak volna válaszolni („D" állítás esetén 1–2 pont), 83,41 % volt.

Elemzéseink szerint a diplomások csupán 45,9 %-a alapozta válaszait kizárólag a térképekre („C" állítás esetén 4–5 pont), míg a nem-diplomások körében 58,5 % volt ez az arány. A „C" állításra adott átlagos pontszám a nem-diplomások körében volt magasabb (rendre 3,45 és 3,83), és a válaszok 90 %-os szinten statisztikailag szignifikánsan különböztek egymástól. Azok a diplomások, akik úgy ítélték meg, hogy a térképek használata nélkül is képesek lettek volna válaszolni a kérdésekre („D" állítás esetén 4–5 pont), 70,3 %-ban válaszoltak helyesen; míg a nem-diplomások, akik bevallottan válaszaikat a térképekre alapozták („C" állítás esetén 4–5 pont), 85,39 %-ban feleltek helyesen az ellenőrző kérdésekre.

2. táblázat: A „C" („Válaszaim kizárólag a térképeken alapultak.") és a „D" („A kérdésekre a térképek használata nélkül is képes lettem volna válaszolni.") állításokra adott válaszok (1 – egyáltalán nem értek egyet; 2 – nem értek egyet; 3 – részben egyetértek; 4 – egyetértek; 5 – teljes mértékben egyetértek) kétdimenziós, százalékos eloszlása

		C					°
		1	2	3	4	5	Σ
	1	0,34	0,00	1,03	3,10	7,93	12,41
	2	0,00	0,34	7,93	7,24	7,93	23,45
D	3	0,00	3,10	19,66	12,41	7,24	42,41
	4	0,34	4,14	5,52	3,45	0,69	14,14
	5	2,41	1,72	2,41	0,00	1,03	7,59
°	Σ	3,10	9,31	36,55	26,21	24,83	

A „D" állításra, miszerint „*A kérdésekre a térképek használata nélkül is képes lettem volna válaszolni*." a nők és a férfiak által adott pontszámok a kétmintás Kolmogorov-Szmirnov próba alapján 90 %-os szinten szignifikánsan különböztek. A fenti állításra adott átlagos pontszám a nők esetében 2,66, a férfiaknál pedig 3,04 volt: azaz a nők számára nagyobb segítséget jelentettek az életzóna-térképek a válaszadás során.

Konklúzió. Összességében elmondható, hogy a válaszadók iskolai végzettsége, háttértudása kevésbé befolyásolta a kérdésekre adott válaszok helyességét, mint a válaszadás folyamata (térképhasználók és térképet nem használók eredményeinek eltérése). Ebből is kitűnően látszik, hogy előképzettség hiányában is megfelelően alkalmazhatóak az életzóna-térképek az ismeretterjesztésben.

A válaszadók többsége – mintegy 79 %-a – alkalmasnak találta az életzóna-térképeket az éghajlatváltozás vizualizációjára. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy felmérésünk nem reprezentálja Magyarország teljes lakosságát. Az életzóna-térképek értelmezése során pedig problémát vethet fel az is, ha valaki hibásan úgy gondolja, hogy azt a régiót, ahol nem figyelhető meg életzóna-átmenet, az éghajlatváltozás semmiképpen sem érintheti majd (pl. Fehéroroszország, *2. ábra)*. Az ebből fakadó értelmezési problémákat esetleg a módszer részletes leírásával, a Holdridge-féle háromszögdiagram bemutatásával küszöbölhetjük ki. Fontos továbbá még megemlíteni – miként *de Castro et al.* (2007) is hangsúlyozza – azt a négy tényezőt, amit mindig figyelembe kell venni, ha valamely éghajlat-osztályozási módszert alkalmazzuk a várható klímaváltozás alapján modellezett vegetáció-módosulások kiértékelésére. Először is, a jövőre vonatkozó klíma-szimulációk meglehetősen bizonytalanok. Másodszor, az éghajlat és a vegetáció közötti kapcsolat az idő során módosulhat; nem feltétlen lesz ugyanolyan, mint napjainkban (evolúciós adaptáció). Harmadszor, a vegetáció eloszlásában történő változások visszahatása az éghajlatra – a felszín tulajdonságainak megváltozása által – nincs figyelembe véve a vizsgálat során. Végül, az éghajlat–vegetáció sémák csak véges számú klasztereket tekintenek, nem reprezentálják a teljes jelenlegi növényi diverzitást.

Összefoglalás, következtetés. Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy az ún. életzóna-térképek megfelelően alkalmazhatóak-e az éghajlatváltozással kapcsolatos klímaszimulációs eredmények disszeminációja során. A kutatást online kérdőíves felmérés segítségével valósítottuk meg. A kérdőív az életzóna-térképek értelmezhetőségét mérő feladatokat, valamint a módszer véleményezésére irányuló kérdéseket/állításokat tartalmazott. A kérdőívet mintegy 290 fő töltötte ki.

A két kérdőív eredményeinek értékelése során arra a következtetésre jutottunk, hogy az életzóna-térképek megfelelő eszközök lehetnek a klímaváltozás közérthető bemutatására. Úgy tapasztaltuk, hogy az éghajlati viszonyok becsült változása könnyen értelmezhető az életzóna-térképek segítségével. Így azt az álláspontot képviseljük, hogy tömegtájékoztatásban is megfelelően alkalmazhatóak ezek a térképek. Állításunkat támasztja alá, miszerint az életzóna-térképek értelmezhetőségét mérő kérdésekre adott helyes válaszok aránya átlagosan 81 %

volt, amely csak kissé marad el a *Jylhä et al.* (2010) hasonló jellegű kutatása esetén tapasztaltétól (86 %).

Köszönetnyilvánítás. Szelepcsényi Zoltán publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A felhasznált regionális klíma-szimulációkat az ENSEMBLES projekt *(http://ensembles-eu.metoffice.com)* keretében állították elő, melyet az EU FP6 program támogatott. Az E-OBS adatbázis alapját képező állomási adatokat az ECA&D projekt *(http://eca.knmi.nl)* bocsátotta rendelkezésre. Továbbá a szerzők köszönetet mondanak mindenkinek, aki a kérdőív kitöltésével és/vagy annak népszerűsítésével hozzájárult a kutatás sikerességéhez.

Irodalom

Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy., 2007: Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research* 5(1), 1–17.

de Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K., Tuomenvirta, H., 2007: The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of regional climate models. *Climatic Change* 81(Suppl.), 329–341.

Déqué, M., Marquet, P., Jones, R.G., 1998: Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model. *Climate Dynamics* 14(3), 173–189.

Formayer, H., Haas, P., 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In: Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project). 5–15.

Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research* 113, D20119, 12 p.

Holdridge, L.R., 1947: Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105(2727), 367–368.

Holdridge, L.R., 1967: Life zone ecology. Tropical Science Center. San Jose, Costa Rica, 206 p.

Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Ruosteenoja, K., Niemi-Hugaerts, H., Keisu, K., Karhu, J.A., 2010: Observed and Projected Future Shifts of Climatic Zones in Europe and Their Use to Visualize Climate Change Information. *Weather, Climate and Society* 2(2), 148–167.

Köppen, W., 1936: Das geographische System der Klimate. In: Köppen, W., Geiger, R. (Eds.): Handbuch der Klimatologie. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1–44.

Nakicenovic, N., Swart, R., 2000: Emissions Scenarios. A special report of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 570 p.

Roeckner, E., Bäuml, G., Bonaventura, L., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kirchner, I., Kornblueh, L., Manzini, E., Rhodin, A., Schlese, U., Schulzweida, U., Tompkins, A., 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM5. PART I: Model description. Technical Report, Max Planck Institute for Meteorology, MPI-Report 349, 140 p.

Skarbit, N., 2014: Európa éghajlatának alakulása a XX. és a XXI. században Feddema módszere alapján. Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest, 59 p.

Szelepcsényi, Z., Breuer, H., Sümegi, P., 2014: The climate of Carpathian Region in the 20th century based on the original and modified Holdridge life zone system. *Central European Journal of Geosciences* 6(3), 293–307.

Thornthwaite, C.W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38(1), 55–94.

van der Linden, P., Mitchell, J.F.B., 2009: ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 160 p.

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38, *toth.k@met.hu*

E-OBS adatbázis <röv., ang.> *ENSEMBLES Observations*, rácspontokra meghatározott meteorológiai adatok, amelyek díjmentesen letölthetők a *http://www.ecad.eu* honlapról. *(Kis, A., Pongrácz, R. és Bartholy. J.: Magyarországra becsült csapadéktrendek: hibakorrekció alkalmazásának hatása)*

Reynolds-szám <ang.> dimenzió nélküli mennyiség, a tehetetlenségi és a súrlódási erő hányadosa,

$$\mathrm{Re} = \frac{\mathbf{v}.l}{\nu},$$

ahol **v** az áramló közeg jellemző sebessége, l jellemző hosszméret, ν a kinematikai viszkozitási együttható. A tapasztalatok szerint lamináris áramlás a Re<2320 tartományban alakul ki. Re>2320 esetén az áramlás turbulens. Azt a ~t, melynél a turbulens áramlás kialakul, *kritikus* ~nak nevezik. Osborne Reynolds (1842–1912) angol fizikusról neveztek el. *(Balczó, M. és Lajos, T.: Városi terek szélviszonyai és légszennyezettsége)*

Schmidt szám <ném.> dimenzió nélküli mennyiség, a kinematikus viszkozitás és a diffúziós együttható hányadosa,

$$Sc = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho D},$$

ahol ν a kinematikai viszkozitási együttható, D a diffúziós együttható, ρ a sűrűség. Ernst Heinrich Wilhelm Schmidt német mérnök (1892-1975) tiszteletére nevezték el. *(Balczó, M. és Lajos, T.: Városi terek szélviszonyai és légszennyezettsége)*

MAGYARORSZÁGRA BECSÜLT CSAPADÉKTRENDEK: HIBAKORREKCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSA

PROJECTED TRENDS OF PRECIPITATION FOR HUNGARY: THE EFFECTS OF BIAS CORRECTION

Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit
ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
kisanna@nimbus.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu, bartholy@caesar.elte.hu

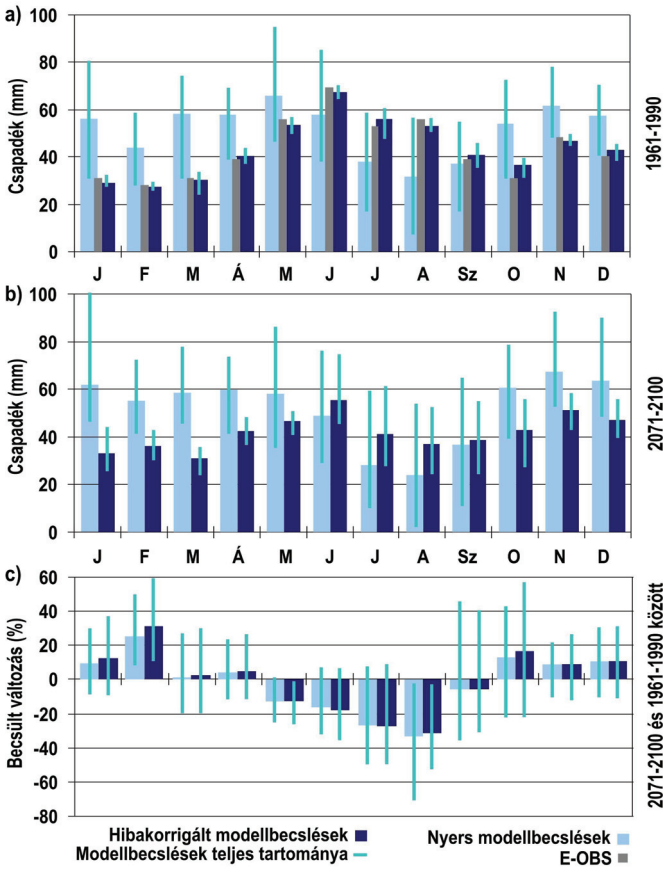
Összefoglaló. Az 1951–2100 időszak csapadéktrendjeit elemezzük Magyarország térségére vonatkozóan regionális klímamodell szimulációkból származó eredeti mezősorok és matematikai statisztikai alapú korrekció alkalmazása után kapott adatsorok felhasználásával. Eredményeink szerint a nyers és a hibakorrigált szimulációk azonos irányú változásokat becsülnek a jövőre (nyáron szárazabb, télen nedvesebb éghajlati körülmények várhatók). A változások mértéke eltérő lehet.

Abstract. Estimated precipitation trends are analysed for Hungary for the period of 1951–2100 using raw and bias-corrected data of regional climate model simulations. Our results suggest that in both cases similar changes are projected (i.e., drier summers and wetter winters); however, these estimated changes are somewhat different in amplitude.

Bevezetés. A csapadék az egyik legfontosabb meteorológiai elem: meghatározó szerepet játszik a talaj vízellátottságában, a természetes vegetáció kialakulásában, a mezőgazdasági termelésben, a folyók vízhozamában. A csapadék túlzott hiánya (aszály) vagy többlete (árvíz, belvíz) komoly természeti-, környezeti-, gazdasági- és egészségügyi károkat okozhat. Magyarországon a 2010. év csapadékösszege 69 %-kal haladta meg az 1971–2000 normálidőszak átlagát *(Móring,* 2011), míg 2011-ben 28 %-kal alulmúlta azt *(Móring*, 2012) – így a pusztító árvizeket követő évben a mezőgazdasági produktivitás csökkenésével kellett megküzdeni, egy korábbi tanulmány *(Faragó et al.,* 2010) szerint. Az esetleges károk megelőzésének, illetve mérséklésének érdekében fontos, hogy megfelelő becsléseket készítsünk a jövőben várható csapadéktrendekre vonatkozóan.

Adatok. A csapadéktendenciák elemzéséhez regionális klímamodellek (RCM) napi csapadékszimulációját használtuk fel, amelyeket az ENSEMBLES projekt (*van der Linden és Mitchell*, 2009) keretében futtattak. A modellek egységesen 25 km-es horizontális rácsfelbontással rendelkeznek és a közepesnek tekinthető A1B forgatókönyvet vették alapul (*Nakicenovic és Swart*, 2000), ám a kezdeti- és peremfeltételeket három különböző globális klímamodell (GCM) szolgáltatta. Az éghajlati rendszer összetettsége miatt a szimulációk nem tökéletesek, sőt, az egyes modellek által becsült változások eltérőek is lehetnek. A várható változások bizonytalanságának érzékeltetésére összesen 11 klímaszimuláció napi csapadékoutputját elemeztük. Vizsgálataink Közép-Kelet-Európa térségére (é. sz. 43,625°–50,625°; k. h. 13,875°–26,375°), az 1951–2100 időszakra fókuszálnak. E cikkben a Magyarországra becsült eredményeinket mutatjuk be részletesebben.

Eredmények. Elemzéseink során elsőként összehasonlítottuk az állomási mérések felhasználásával összeállított rácsponti napi értékeket tartalmazó E-OBS adatbázis (*Haylock et al.*, 2008), a 11 klímaszimuláció eredeti outputjai, valamint a statisztikai alapú hibakorrekció után kapott eredmények átlaga alapján számított magyarországi havi csapadékösszegeket az 1961–1990 referencia időszakra vonatkozóan (*1. ábra*). Eredményeink szerint a

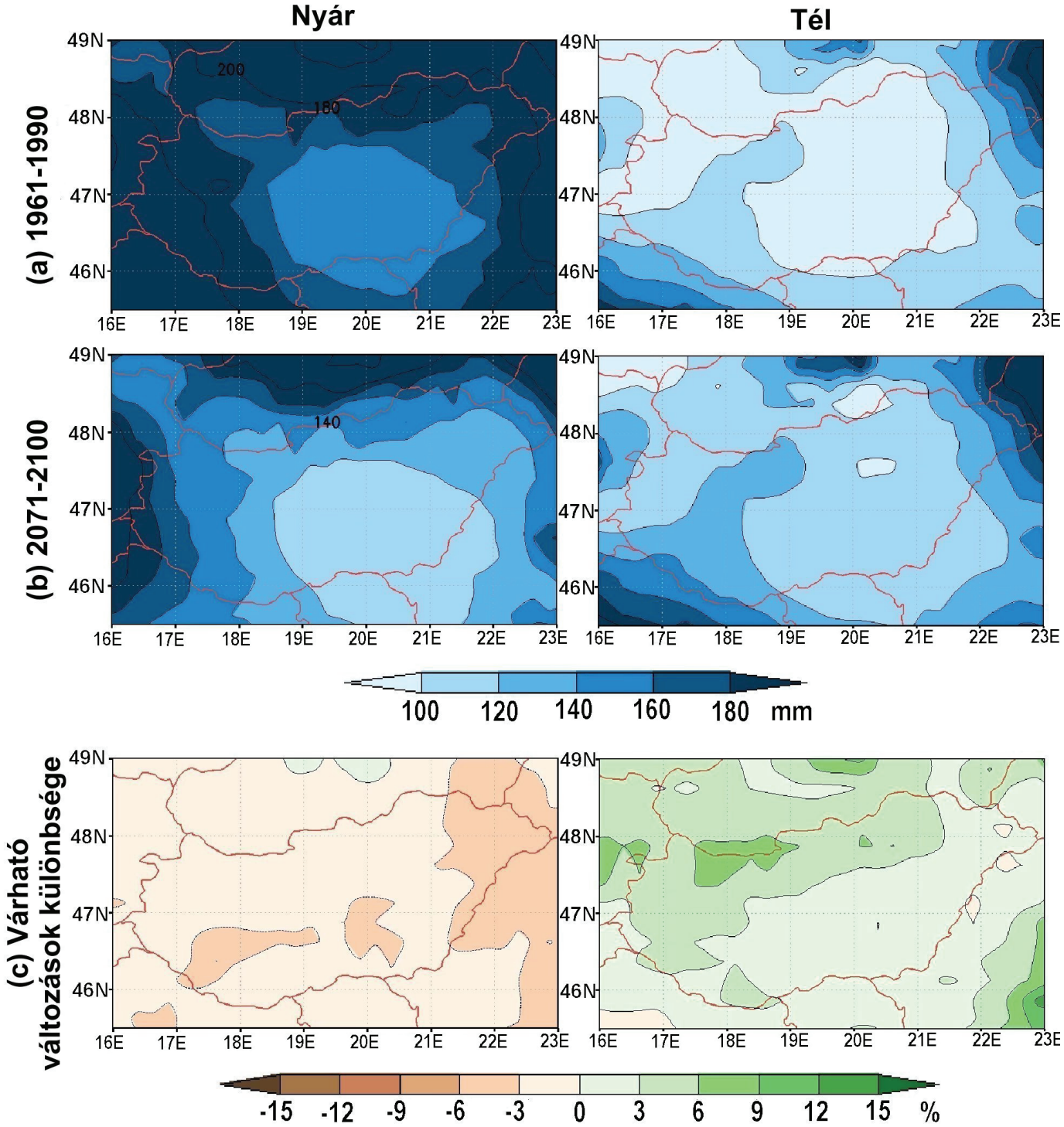


1. ábra: A magyarországi havi csapadékösszegek az E-OBS adatbázis, a nyers és a hibakorrigált szimulációk alapján az 1961–1990 (a) és a 2071–2100 (b) időszakokra vonatkozóan, valamint a becsült változások mértéke (c).

nyers modellszimulációk nyáron alul-, télen, ősszel és tavasszal pedig felülbecslik a havi csapadékösszegeket. Az átlagos eltérés az E-OBS adatbázis alapján számított értékektől télen +58 mm, nyáron –50 mm, ami átlagosan 59 %-os, illetve 28 %-os hibát jelent. Annak érdekében, hogy a valósággal minél jobban egyező csapadék idősorokkal dolgozhassunk, az eltérések kiküszöbölésére az eloszlásfüggvények illesztésén alapuló hibakorrekciós eljárást alkalmaztunk *(Formayer és Haas*, 2009; *Pongrácz et al.*, 2012). A korrigált szimulációs eredmények átlaga

már elfogadhatóan közelíti a megfigyeléseken alapuló csapadékösszegeket, a csapadék évi eloszlása egyezik a mérésekkel, valamint a modellek közötti szórás is jelentősen csökkent a korrekció hatására *(1/a. ábra)*. A 2071–2100-ra becsült havi csapadékösszegek esetén is hasonló megállapításokat tehetünk *(1/b. ábra)*. A várható változások iránya megegyezik az eredeti szimulált csapadékadatok, illetve a hibakorrekció után kapott adatsorok figyelembevételével számítva: májustól szeptemberig csökkenő, októbertől áprilisig növekvő csapadéktendencia valószínűsíthető hazánk területén *(1/c. ábra)*, azaz a jelenlegihez képest a jövőben nyáron szárazabb, télen nedvesebb éghajlati viszonyokra számíthatunk majd.

A változások becsült mértéke azonban valamelyest eltér a nyers és a hibakorrekción átesett szimulációs eredmények alapján: a hibakorrigált szimulációk nagyobb mértékű növekedést, illetve csökkenést valószínűsítenek. Ez azzal magyarázható, hogy a nyári alulbecslés korrigálása után a csökkenés mértéke százalékban kifejezve relatíve nagyobb lett, télen pedig a felülbecslés kiküszöbölése által a becsült csapadéknövekedés lett relatív értelemben



2. ábra: A becsült téli és nyári átlagos csapadékösszegek a hibakorrigált szimulációk alapján az 1961–1990 (a) és a 2071–2100 (b) időszakokra vonatkozóan, valamint a becsült relatív változások különbsége a nyers és a hibakorrigált szimulációk alapján (c).

nagyobb. Az E-OBS adatbázis alapján az 1961–1990 időszakban Magyarországon az évszakos csapadékösszeg télen átlagosan 99 mm, nyáron 178 mm volt. Ezek az értékek az Országos Meteorológiai Szolgálat csapadékmérő hálózatának mérései alapján számított évszakos átlagértékektől *(Lakatos és Bihari*, 2011) csupán néhány százalékkal térnek el, tehát országos átlagként elfogadható becsléseknek tekinthetők. A XXI. század végére várható átlagos csapadékösszeg a hibakorrigált szimulációk alapján télen 116 mm, nyáron 133 mm lesz, azaz a korábbi nagyobb éven belüli különbségek jelentősen csökkennek a jövőben. Az eddigi legcsapadékosabb évszakunk – a nyár – jóval szárazabbá, míg a jelenlegi legszárazabb évszakunk – a tél – lényegesen csapadékosabbá válhat a jövőben Magyarországon. Ezek a jövőbeli tendenciák nem csak az A1B szcenárió esetén valószínűsíthetők, hanem a nagyobb, illetve kisebb üvegházhatású gáz koncentrációt feltételező A2 és B2 szcenáriók esetén is *(Bartholy et al.*, 2008).

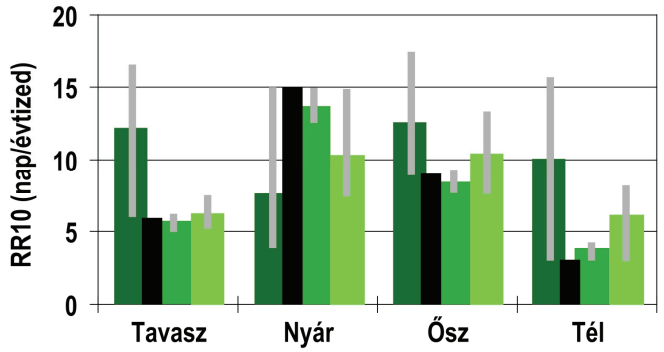
A nyári és téli átlagos becsült csapadékösszegek, valamint a nyers és hibakorrigált szimulációk alapján számított relatív változások különbségének térbeli szerkezetét a *2. ábrán* láthatjuk. A térképeken is jól látszik, hogy az 1961–1990 referenciaidőszakhoz képest a XXI. század végére szárazabb nyarak és csapadékosabb telek várhatók hazánkban. Nyáron, a múltban, a Dél-Alföldön volt a legkevesebb (120–140 mm) az átlagos évszakos csapadékösszeg, míg hazánk északi és nyugati területein akár a 200 mm-t is meghaladta ez az érték *(2/a. ábra)*. A hibakorrekció utáni szimulációs adatok szerint a jövőben a csapadék eloszlásának térbeli szerkezete hasonló marad: a Dél-Alföldről kiindulva az északi és nyugati határvonalak felé tartva egyre több lesz az átlagos nyári csapadékösszeg. Az évszakos csapadékmennyiségek értékében azonban jelentős különbségekre számíthatunk az évszázad végére: a legszárazabb területeken csupán 100–120 mm csapadék várható; 180 mm-t meghaladó átlagos mennyiség pedig már csak az Alpokalja egy kis területén valószínűsíthető *(2/b. ábra)*. A referenciaidőszakban az átlagos téli csapadékmennyiség Magyarország jelentős hányadán nem haladta meg a 100 mm-t; magasabb értékek (100–140 mm) csak az északkeleti tájakon, a Dunántúli-középhegységben és a Dél-Dunántúlon fordultak elő *(2/a. ábra)*. A becslések szerint 2071–2100-ra télen is a referenciaidőszakhoz hasonló térbeli eloszlás várható, ám az átlagos csapadékmennyiség ez esetben is változik. Hazánk szinte teljes területén 100 mm feletti lesz az átlagos téli csapadékmennyiség az RCM-szimulációk szerint, sőt egyes területeken a 160 mm-t is meghaladhatja az évszakos csapadékösszeg *(2/b. ábra)*. A nyers és a hibakorrigált szimulációs adatok felhasználásával számított XXI. század végére becsült változások kis mértékben eltérnek egymástól *(2/c. ábra)*. Nyáron, a statisztikai alapú hibakorrekció után kapott eredmények átlaga mintegy 3 %-kal nagyobb mértékű szárazodó tendenciát jelez hazánkban; a legnagyobb – kb. 4 %-os – eltéréseket az északkeleti és a déli területeken kaptuk. Télen a nyers RCM-szimulációs adatok alapján kisebb mértékű a csapadékmennyiség várható átlagos növekedése, mint a hibakorrekció utáni szimulált csapadékmezők figyelembevételével: az ország jelentős hányadán ez esetben is 2–3 %-os eltérést találtunk. A Dunántúlon, valamint az északi tájakon erőteljesebb – akár 6 %-ot is meghaladó – a valószínűsíthető változások közötti különbség (*2/c. ábra*).

A nyers és a hibakorrekción átesett szimulált csapadékmezők felhasználásával számos csapadékindex *(Karl et al.*, 1999) várható változását számítottuk ki Közép-Kelet-Európa térségére. Eredményeink a csapadékösszegekhez hasonlóan azt jelzik, hogy a becsült változások iránya megegyezik, azonban a változások mértéke valamelyest eltérő. A következőkben a 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának (RR10) és a napi csapadékösszeg 95. percentilisének (R95p) 2071–2100-ra, Magyarországra várható változását mutatjuk be részletesebben.

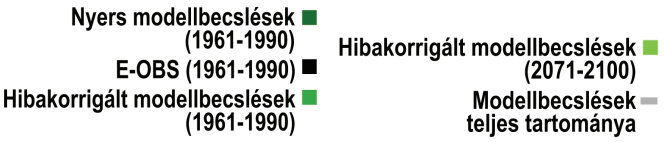
A 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma a becslések szerint átlagosan 68 %-kal fog megnövekedni hazánkban a XXI. század végére *(3. ábra)*. Az 1961–1990 referenciaidőszakban az E-OBS adatbázis alapján az RR10 évtizedenkénti átlagos értéke tavasszal 6 nap, nyáron 15 nap, ősszel 9 nap, télen 3 nap volt. Az RCM-szimulációk nyers csapadék-idősoraiból számított indexértékek ezeket az átlagértékeket nyáron alul-, a többi évszakban pedig jelentősen felülbecsülték (az index évszakos évtizedenkénti átlagértékei rendre 12 nap, 8 nap, 13 nap, 10 nap – a maximális eltérés az E-OBS adatbázisból meghatározott indexértékeihez viszonyítva 7 nap). Az RCM-szimulációk hibakorrekció alkalmazása után kapott idősoraiból számított értékek azonban már jól közelítik a megfigyeléseket: tavasszal 6 nap, nyáron 14 nap, ősszel 8 nap, télen 4 nap a 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok átlagos évtizedenkénti száma, azaz az E-OBS idősorok alapján számított indexértékektől vett maximális eltérés 1 napra csökkent. A korrigált szimulációk felhasználásával a 2071–2100-ra várható értékeket is meghatároztuk. Eredményeink szerint a jövőben több lesz a nagy csapadékú napok száma Magyarországon; nyáron azonban – átlagosan 23 %-os – csökkenés valószínűsíthető. A becslések szerint télen átlagosan 6 napra fog növekedni (+2 nap a referenciaidőszakhoz képest), nyáron pedig átlagosan 10 napra fog csökkenni (–4 nap a referenciaidőszakhoz képest) az RR10 évtizedenkénti értéke. A téli országos átlagos indexértékek bizonytalansági intervalluma 3 és 8 nap/évtized közötti, a nyáriaké 8 és 15 nap/évtized közötti. Az éghajlati becslések idővel növekvő bizonytalansága miatt mind a négy évszakban nagyobb az egyes RCM-szimulációk idősoraiból meghatározott RR10 értékek közötti különbség a XXI. század végén, mint a XX. századi referenciaidőszakban.

A napi csapadék 95. percentilisében *(4. ábra)* is hasonló tendenciákra számíthatunk, mint az RR10 esetén. A legjelentősebb változások télen és nyáron várhatók: az R95p átlagos értéke az RCM-szimulációk hibakorrekció alkalmazásával kapott napi csapadék idősorai alapján nyáron 17 %-kal csökkenni, télen pedig 17 %-kal növekedni fog. A referenciaidőszakban az E-OBS idősorok alapján a 95. percentilis értéke hazánkban tavasszal 7 mm, nyáron 9,8 mm, ősszel 7,4 mm, télen 5,8 mm volt átlagosan. A hibakorrigált szimulációs adatokból számított

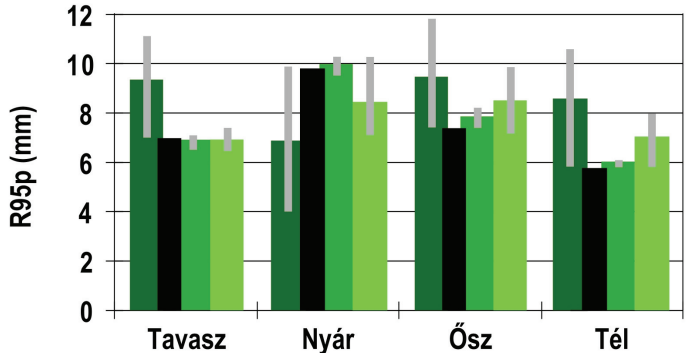
percentilis értékek jól közelítik a referencia adatbázist: a legnagyobb eltérés, amely ősszel fordult elő, is csupán 0,4 mm. Az RCM-szimulációk nyers csapadékoutputjai alapján meghatározott percentilisek – a havi csapadékösszegekhez és az RR10-hez hasonlóan – nyáron alul-, a többi évszakban pedig felülbecslik ezeket az értékeket. Az R95p a nyers szimulált idősorok alapján a négy évszakban rendre 9,4 mm, 6,9 mm, 9,5 mm és 8,6 mm. Az E-OBS adatbázis alapján meghatározott percentilisektől vett legkisebb eltérés is meghaladja a 2 mm-t (ősszel), a legnagyobb különbségek pedig megközelítik a 3 mm-t (télen és nyáron).



3. ábra: A 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának évszakos értékei Magyarországon az E-OBS adatbázis, a 11 nyers és a 11 hibakorrigált szimuláció alapján az 1961–1990 és a 2071–2100 időszakokra vonatkozóan.



Jelmagyarázat a 3. és a 4. ábrához.



4. ábra: A napi csapadék 95. percentilisének évszakos értékei Magyarországon az E-OBS adatbázis, a 11 nyers és a 11 hibakorrigált szimuláció alapján az 1961–1990 és a 2071–2100 időszakokra vonatkozóan.

A jövőre vonatkozó változási trendeket a szisztematikus hibák korrigálása utáni RCM-outputokból határoztuk meg: nyáron átlagosan 8,5 mm-re fog csökkenni a csapadék 95. percentilise (–1,3 mm), míg télen elérheti a 7 mm-t is az R95p értéke a korábbi 5,8 mm-rel szemben. Ősszel szintén növekedni fog a napi csapadékösszegek 95. percentilisének értéke: átlagosan 7,9 mm-ről 8,3 mm-re.

Összegzés. Cikkünkben RCM-szimulációk nyers és hibakorrigált csapadékmezőit vizsgáltuk az 1951–2100 időszakra. A nyers szimulációs értékek gyakran alul-, illetve felülbecsülték a referencia adatbázisból kapott csapadékösszegeket és csapadékindex-értékeket, ám az alkalmazott percentilis-alapú hibakorrekcióval kiküszöböltük ezeket az eltéréseket. A jövőben várható csapadéktendenciák mértéke eltér a korrigált és a korrigálatlan szimulációs adatok alapján; a becsült változások iránya azonban megegyezik. Összességében nyáron szárazabb, télen csapadékosabb éghajlati viszonyok valószínűsíthetők hazánk térségében. Az országos, regionális és helyi szintű hosszútávú alkalmazkodási stratégiák tervezésekor ezt mindenképpen érdemes figyelembe venni.

Köszönetnyilvánítás. Kutatásainkat támogatta a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 és az AGRÁRKLIMA2 (VKSZ_12-1-2013-0001) projekt. A vizsgálatok során felhasznált RCM-szimulációkat az ENSEMBLES projekt keretében állították elő (*http://ensembles-eu.metoffice.com, 505539*), melyet az EU FP6 program támogatott. Az E-OBS adatbázis alapját képező állomási adatokat az ECA&D projekt *(http://eca.knmi.nl)* bocsátotta rendelkezésre.

Irodalom

Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy., Szabó, P., 2008: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. *Időjárás* 112, 249–264

Faragó, T., Láng, I., Csete, L., 2010: Climate change and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts ('VAHAVA Report'). MTA, Budapest, pp. 126

Formayer, H., Haas, P., 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In*: Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project).* http://www.cecilia-eu.org

Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)* 113 (D20119), DOI: 10.1029/2008 JD10201

Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A., 1999: Clivar/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. *Climatic Change* 42, 3–7

Lakatos, M., Bihari, Z., 2011: A közelmúlt megfigyelt hőmérsékleti- és csapadéktendenciái. In: *Klímaváltozás – 2011: Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére (szerk.: Batholy, J., Bozó L., Haszpra, L.).* MTA és ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest, 146–169

van der Linden, P., Mitchell, J.F.B., 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. pp. 164.

Móring, A., 2011: A 2010. év időjárása. *Légkör* 56, 38–42

Móring, A., 2012: A 2011. év időjárása. *Légkör* 57, 38–42

Nakicenovic, N., Swart, R., (eds.), 2000: Emissios Scenarios. A special report of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, UK. pp. 570

Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis, A., Miklós, E., Török, O., 2012: Extrém éghajlati indexek várható tendenciái modell-szimulációk eredményei alapján. *Légkör* 57, 166–169.

VÁROSI TEREK SZÉLVISZONYAI ÉS LÉGSZENNYEZETTSÉGE

WIND CONDITIONS AND AIR QUALITY IN URBAN SQUARES

Balczó Márton, Lajos Tamás
Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Áramlástan Tanszék, 1111 Bp. Bertalan L. u. 4-6.,
balczo@ara.bme.hu

Összefoglaló. Közleményünkben a BME Áramlástan Tanszéken városi átszellőzés és szennyezőanyag-terjedés témakörében végzett vizsgálatokba és azok eredményeibe adunk betekintést, kiragadva a városi tereket, mint a város életének és a belvárosok rehabilitációjának fontos elemét. Egy egyszerű példán ismertetjük a városi tereken megjelenő áramlási struktúrákat és azok szennyezőanyag-terjedésre gyakorolt hatását, majd két esettanulmányban demonstráljuk a felhasznált eszközök – a szélcsatorna modellkísérletek és a MISKAM CFD szimulációk – alkalmazhatóságát tervezett beruházások átszellőzésre és levegőminőségre gyakorolt várható hatásának megítélésében.

Abstract. The article provides insight into urban flow and dispersion studies performed at the Department of Fluid Mechanics of Budapest University of Technology and Economics, with focus on urban squares, recognizing their important role in urban life and in urban redevelopment schemes. The flow structures appearing in a square and their influence on pollutant dispersion are introduced to the reader using a simplified square model. Afterwards, two case studies demonstrate the abilities of wind tunnel modelling and CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation in the assessment of the impact of redevelopment schemes on wind conditions and air quality.

Bevezetés. Az európai belvárosok egyik jellemző elemét képezik a városi terek, amelyeket több vagy minden oldalról épületek határolnak. A városi terek parkoknak, játszótereknek, sportpályáknak, „kiülős" vendéglátó-ipari egységeknek adnak helyet, szabadtéri rendezvények, piacok helyszínéül szolgálnak. Helyenként növényzet teszi kellemesebbé a tereket. Számos esetben nagy forgalmú utak is érintik a tereket, ami jelentős légszennyezettség forrása lehet, elég budapesti példaként a Rákóczi teret, a József Nádor teret említeni. Város-rehabilitációs fejlesztéseknek gyakran eleme – régi üzem- vagy lakóépületek elbontásával – új városi terek létesítése.

A BME Áramlástan Tanszéken az elmúlt években több, a városi terek átszellőzésével és légszennyezettségével kapcsolatos vizsgálatra került sor, ezek keretében korszerű méréstechnika alkalmazásával szélcsatorna méréseket, illetve a MISKAM CFD szoftver segítségével szimulációkat végeztünk.

Ebben a cikkben egy egyszerűsített geometriájú tér vizsgálata során tett megfigyeléseket ismertetjük, majd két esettanulmányt mutatunk be: egy budapesti, az V. kerületi József Nádor tér szélcsatorna- és CFD szimulációs vizsgálatát, amelyet a tér alá tervezett mélygarázs előkészítése keretében készítettünk, valamint tanszékünk Boreas projektjét, amelynek keretében új városi tér létrehozásának hatásait elemeztük CFD szimulációval.

Alkalmazott eszközök. Szélcsatorna-méréseinket a vizsgált városrészek 1:350 és 1:650 léptékű modelljein végeztük, amelyek körlapon helyezkednek el, így a körlap szélcsatornában történő elforgatásával tetszőleges széliránynál vizsgálható a terület. A szélcsatornában a VDI 3783/12 szabvány *(VDI,* 2004) ajánlásai alapján az atmoszférikus határréteghez hasonló áramlást hozunk létre a városrész-modell előtt elhelyezett hosszabb, homogén érdességű ún. előkészítő szakasz, illetve turbulenciagenerátor rácsok alkalmazásával. Az atmoszférikus határréteg-profilt mind az átlag szélsebesség, mind a turbulencia és annak spektrális megoszlása tekintetében lézer-Doppler anemométerrel (LDA) végrehajtott mérésekkel ellenőriztük. A szélcsatorna mérés során a Reynolds-szám a kis modell-lépték miatt nyilvánvalóan nem lehet azonos a valóságossal. A szakirodalom és saját ellenőrző méréseink is mutatják, hogy éles sarkú épületek esetén $Re = 10^4$ felett az áramlás *Re*-szám-független.

A szélsebesség mérésére kétkomponensű, 363 mm fókusztávolságú TSI lézer-Doppler anemométert használtunk, amellyel a modellen vízszintes vagy függőleges síkhálók vagy egyenes profilok mentén az áramlás két vízszintes komponensét (u, v) tudtuk mérni az áramlás megzavarása nélkül. A talajközeli szélviszonyok jellemzésére az LDA méréseknél jóval egyszerűbb homokeróziós módszert (*Livesey et al,* 1990) is felhasználtuk, amellyel a talaj-közeli szélsebesség nagyságát tudjuk közelítőleg meghatározni[1]. Az eredményeket bemutató ábrákon a vízszintes irányú szélsebességvektor nagyságának dimenziótlanított átlagértékét jelenítjük meg: $v_{md} = (u^2+v^2)/u_h$, ahol u_h a zavartalan határréteg-áramlás szélsebessége a h átlagos épületmagasságban.

Szennyező-koncentráció méréseink során, a városrész modellen, a modellezett szennyezőforrás – vonalforrás – helyén nyomgáz-kibocsátó elemeket helyeztünk el, és hossza mentén egyenletesen Q ismert tömegáramú metángázt bocsájtunk ki rajta. A szélcsatorna-mérés során mintavevő berendezéssel a levegőből a modell számos helyén mintát veszünk, és azok metán-koncentrációját (c) lángionizációs detektorral meghatározzuk. Ebből c^* dimenziótlan koncentráció *(Bächlin és Theurer,* 1995) számítható: $c^* = c\, u_h\, h^2\, Q^{-1}$.

Numerikus szimulációinkhoz a Reynolds-átlagolt Navier-Stokes egyenletet egy módosított K-ε turbulenciamo-

[1] Lásd rövidfilmünket a BME Kármán Tódor Szélcsatorna Laboratórium Youtube oldalán: Sand erosion test of a simplified urban square. *http://www.youtube.com/user/karmanwtl*

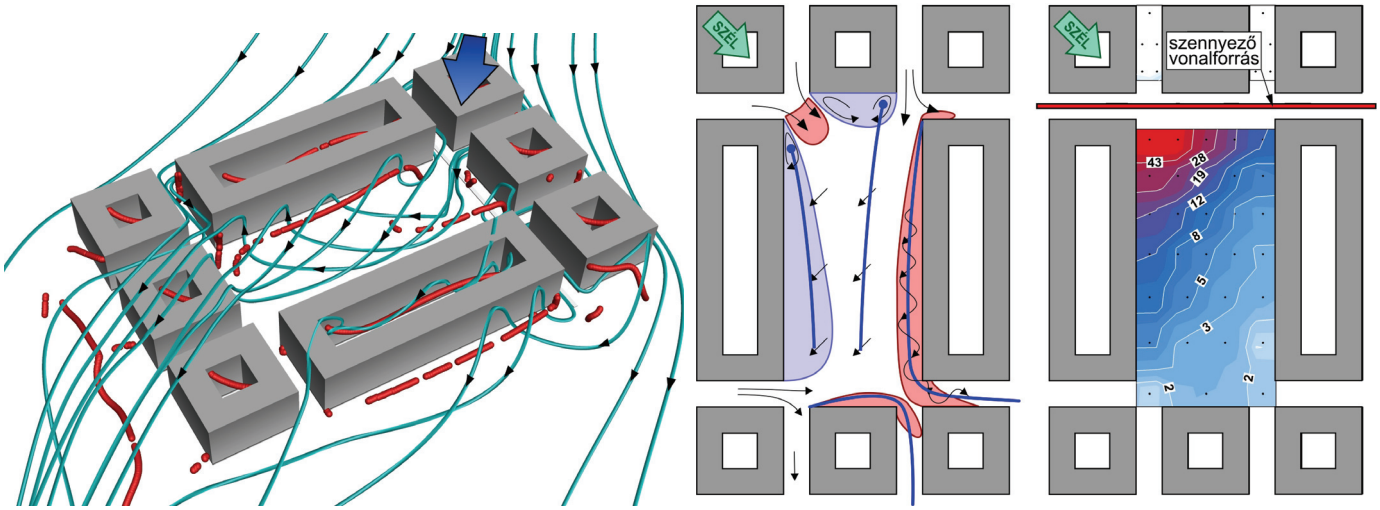
dellel megoldó mikroskálájú MISKAM CFD modellt alkalmaztuk. A modellt részletesen *Eichhorn* (2011) ismerteti. A modell Arakawa-C típusú, derékszögű, változó osztásközű hálót használ. Az épületeket a hálóból való „kiblokkolással" közelítőleg modellezzük. Igény esetén a növényzet, fák hatása is figyelembe vehető, a növényzetet tartalmazó cellákban a mozgás- és turbulencia-egyenletek módosításával. A kiszámított szélmező ismeretében a szennyezőforrásokból passzív skalár terjedése szimulálható a gradiens diffúziós hipotézist alkalmazó terjedési megoldóval. A turbulens Schmidt szám értéke Sc_t = 0.71. A MISKAM modellt számos tesztesethez validálták, egyszerű épületek körüli áramlásokra és szennyezőanyag-terjedésre is. (*Balczó et al*, 2009, *Olesen et al.* 2009, *Eichhorn* és *Kniffka*, 2010). Egy korábbi cikkünkben (*Balczó et al*., 2011) a MISKAM egy Budapest környéki tervezett autóút szakasz légszennyezettségi vizsgálatában történő alkalmazását is bemutattuk.

Amennyiben évi átlagkoncentrációk meghatározása a feladat, az egyes szélirányoknál meghatározott dimenziótlan koncentrációkból és a valódi szennyező-kibocsátásból az évi szélirány- és szélsebesség-gyakorisággal súlyozva kapjuk meg az évi átlag szennyezőanyag-koncentrációt. A szennyező-kibocsátás a járműforgalomból jármű emissziós tényezők segítségével számítható. A háttér légszennyezettség meghatározásához városi háttér-mérőállomások mérési adatait használtuk fel.

Egyszerűsített tér vizsgálata. A városi tereken várható áramlási jelenségek vizsgálatára egyszerűsített térmodellt készítettünk, és ezt 5 jellemző széliránynál vizsgáltuk. A modellen az épületek egyenletesen 30 m magasak, a tér maga 180 × 80 m nagyságú. Példaképpen az átlós széliránynál végzett megfigyelésekről számolunk be. Az *1. ábra* bal oldalán látható a numerikus szimuláció eredménye, amelyet 3D áramvonalakkal és örvénymagokkal szemléltettünk. Az örvénymag, a téren létrejövő örvények forgástengelye a 3D sebességmezőből a deformáció-sebesség tenzor sajátértékei alapján határozható meg (*Sujudi and Haimes,* 1995).

Megfigyelhetjük a téren a komplex 3D áramlást, az épülettömbök szél alatti oldalán kialakuló levárási buborékokban az örvények forgási irányát, és ezek kölcsönhatásaképpen a téren kialakuló spirális örvényt, amely miatt a talajközeli szélsebesség közel merőleges a tetőszint feletti szél irányára.

Az *1. b ábrá*n a téren kialakuló áramlási mezőt sematikusan ábrázoltuk. Világoskék mezővel a kis szélsebességű zónákat, rózsaszín mezővel a nagy szélsebességűeket jelöltük, míg a vastag kék vonalak az örvénymagokat, a fekete nyilak pedig a talajközeli szélsebességet jelzik. Jól látható, hogy a szél felőli utcákon nagy sebességű beáramlás, az épülettömbök nyomában pedig kis szélsebesség alakul ki. A tér szél alatti oldalán, az épületek lábánál patkóörvényhez hasonló, az épületet körülölelő örvények növelik a helyi szélsebességet.



1. ábra: Áramlás és szennyező-terjedés egy egyszerűsített téren, átlós széliránynál. a) 3D áramkép türkiz térbeli áramvonalakkal és piros örvénymagokkal megjelenítve. b) A téren beazonosított áramlási zónák (világoskék mező – kis szélsebességű zónák, rózsaszín mező – nagy szélsebességű zónák, vastag kék vonalak – örvénymagok, fekete nyilak – talajközeli szélsebesség) c) A tér felszínén mért dimenziótlan szennyező-koncentráció eloszlása.

A megfigyelt áramlási struktúrák okozzák a téren mért inhomogén szennyező-koncentráció megoszlást, amit az *1. c ábra* mutat. A tér északi oldalán elhelyezkedő vonalforrás kibocsátotta szennyezőanyagot a teret uraló spirális örvény a keleti oldalról a nyugati tömb felé szállítja, továbbá a keleti fal mentén a patkóörvény is hozzájárul a koncentráció csökkentéséhez. Így a tér két átellenes oldala között többszörös koncentrációkülönbség figyelhető meg.

A téren a legnagyobb koncentráció természetesen a forrás közelében figyelhető meg, ott, ahol a szél felőli utcából érkező nagy sebességű befúvás a szennyezőt a forrásból közvetlenül a tér irányába szállítja. A szél felőli, északi oldalon álló épülettömb mögötti leválási buborékban valamivel kisebb a koncentráció – a leválási buborék

ugyanis felemeli a szennyezőanyagokat (*Lajos et al,* 2008).

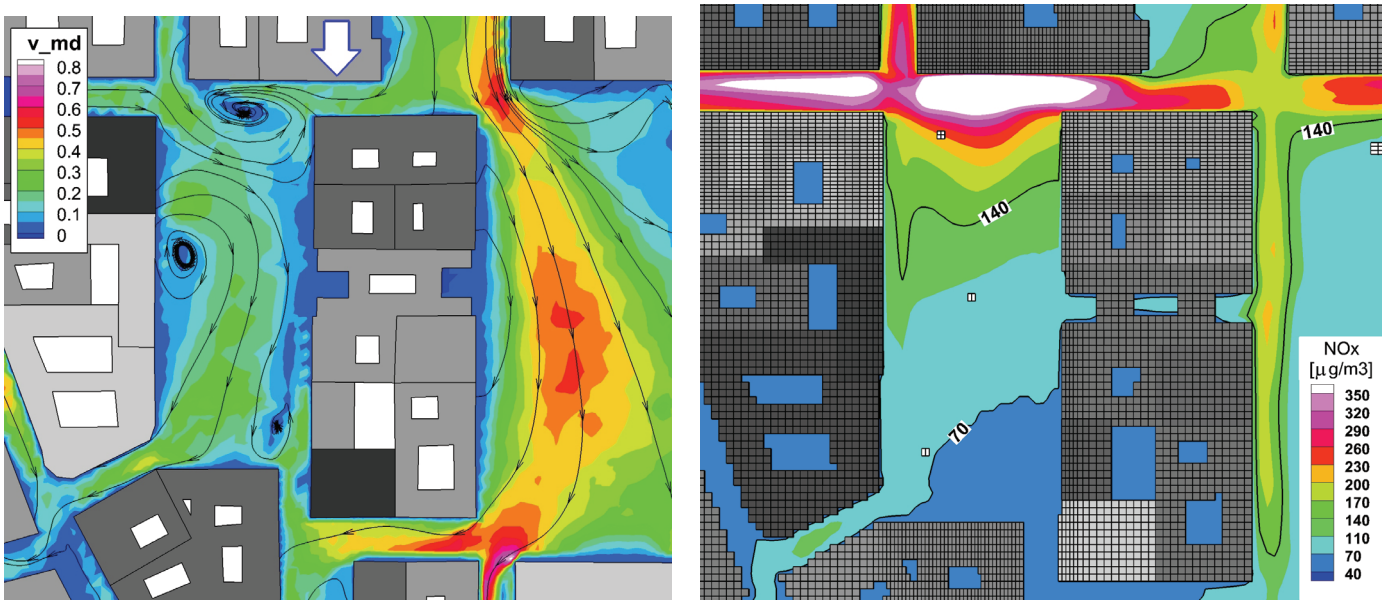
A további szélirányok vizsgálatát követően a következő összegző megállapításokat tettük az egyszerűsített tér áramlási viszonyiról:

– a szél felőli utcákból érkező beáramlás jelentős mértékben járul hozzá a légcseréhez a téren,
– a legnagyobb szélsebességű helyek a szél felőli utcák torkolatában, vagy a szél alatti épülettömbök közelében alakulnak ki,
– a téren az átlagos talajközeli szélsebesség erősen szélirányfüggő: merőleges, hosszirányú megfúvásnál v_{md} értéke 0,3, átlós széliránynál 0,5 körüli,
– a téren megfigyelt talajközeli átlag szélirány jelentősen eltérhet a tetőszint feletti széliránytól, 90, akár 180 fokkal is,
– a csatlakozó utcákban hosszirányú áramlás indulhat meg a téren létrejövő struktúrák hatására, még akkor is, ha a tetőszint feletti szélirány az utca hossztengelyére merőleges.

A fenti megfigyelések gyakorlati jelentősége sokrétű és hasznos lehet egy tér revitalizálását célzó városépítészeti program számára: mivel egy téren a szélkomfort jelentősen változik, így például az uralkodó szélirány ismeretében a kiülős éttermek/kávézók számára kedvezőtlen helyek azonosíthatóak. Meghatározható az is, hogy szélérzékeny sportok (pingpong, tollas) pályatelepítése esetén szükséges-e például szélvédő sövény ültetése.

Érdemes kitérni a téren végzett anemométeres szélmérések reprezentativitására is: amennyiben az anemométer a szokott néhány méteres magasságban van, a tetőszint feletti szél sebességétől és irányától jelentősen eltérő értékeket fog mérni. Ez például az automata légszennyezettség-mérő állomások szélméréseinek értékelésénél, vagy a katasztrófavédelmi célú (baleseti veszélyhelyzet-kezelés során történő) helyszíni, kézből történő méréseknél figyelembe kell venni.

A József nádor tér vizsgálata. A vizsgált egyszerűsített térhez arányaiban hasonló, de attól a csatlakozó utcák számában és elhelyezkedésében különbözik a budapesti József Nádor tér. A környező épületek magassága is változó: 25-40 m közötti, átlagosan h = 28 m. A környéken a legjelentősebb szennyezőforrás a tér északi oldalát érintő József Attila utca gépjárműforgalma, de további mellékutcákon is van számottevő kibocsátás. A vizsgálat célja elsősorban a téren a légszennyezettség CFD szimulációval történő meghatározása volt, de az eredmények validálására végeztünk szélsebesség-eloszlás mérést is



2. ábra: *A József nádor tér átszellőzése és légszennyezettsége. Balra: a dimenziótlan szélsebesség megoszlása és síkáramvonalak 0.5h (15 m) magasságban északi széliránynál (szélcsatorna LDV mérés); jobbra: az éves átlag NO_x koncentráció a téren 2 m magasságban, a 2010-es évre (MISKAM szimuláció).*

szélcsatornában.

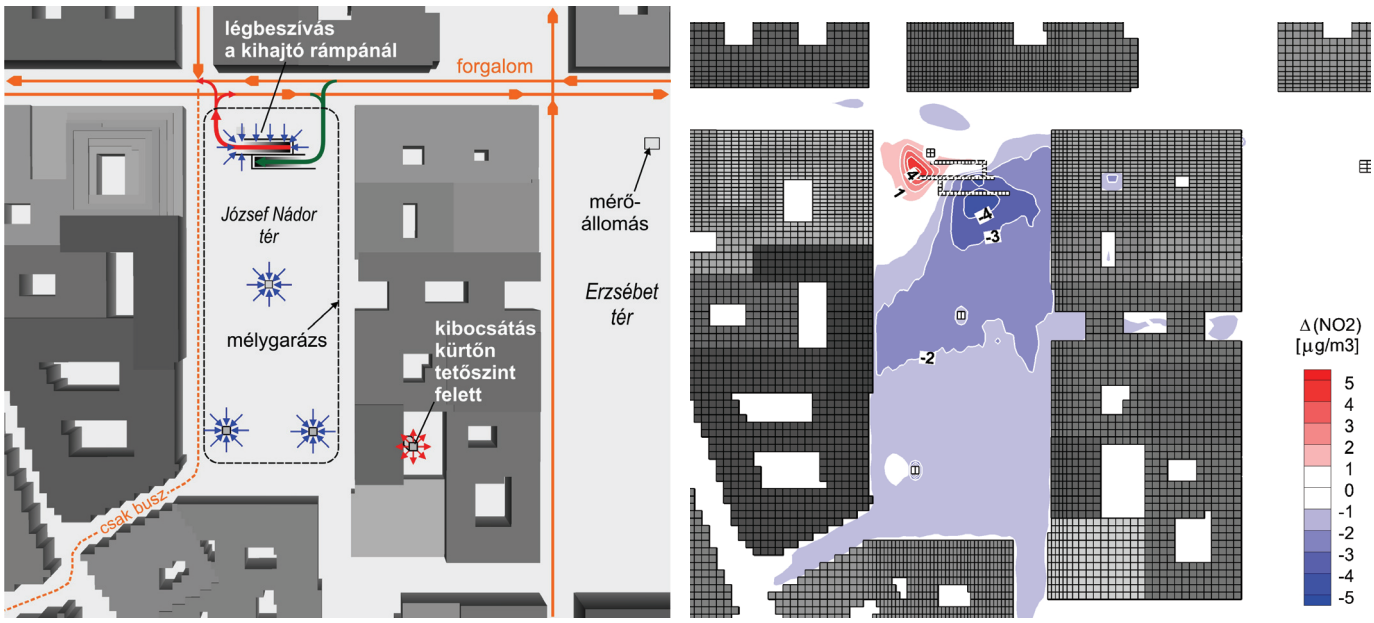
A *2. ábra* bal oldalán északi széliránynál láthatjuk a téren kialakuló szélmezőt, 0,5h magasságban. Az aszimmetrikus beáramlás hatására a téren több nagy örvénystruktúra jelenik meg, amelyek az É-D irányú advekciót módosítják. A szélsebesség viszonylag kicsi, v_{md} = 0,1–0,3 közti, míg a szomszédos, nagyobb Erzsébet téren 0,3–0,4 közötti érték.

A *2. ábra* jobb oldalán a 2010-re vonatkozó évi átlag NO_x szennyező-eloszlást mutatjuk be, amelyet 8 szélirányra végzett MISKAM szimulációk eredményeiből számoltunk. A számítási háló felbontása az ábrán látható, vízszintesen 1,3–2,5 m, függőlegesen 1–1,5 m változó felbontású volt. Az NO_x koncentráció a vizsgálat készítése idején érvényes 70 µg/m^3 évi határértéket a tér déli sarkát leszámítva meghaladja, az északi részen, forrásközelben a túllépés a határérték többszöröse. Az Erzsébet téren a légszennyezettség szintje hasonló.

Hogyan tudjuk csökkenteni a légszennyezettséget a téren? A kérdésre adott általános válasz természetesen az emisszió csökkentése: a járműforgalom csillapítása, valamint a jármű emissziós faktorok csökkentése. Esetünk-

ben azonban – tekintettel a tér alá tervezett mélygarázsra, valamint a tér csekély természetes átszellőzésére – felmerül a garázs szellőzőrendszerének olyan kialakítása, hogy az a mélygarázsokra előírt jelentős, esetünkben 100 000 m^3/h szellőzőlevegő egy részét a tér egy nagy légszennyezettségű helyén szívja el, így a felszíni légszennyezettséget a téren csökkentse. Természetesen ez azt is jelenti, hogy a mélygarázsoknál sokszor alkalmazott egyszerű megoldás, miszerint a garázs elhasznált, szennyezett levegőjét talajszinten bocsátják ki, itt nem alkalmazható, azt tetőszint felett egy kürtőn kell kibocsátani, hogy a tetőfeletti áramlásban gyorsan hígulva, koncentrációja gyorsan határérték alattivá csökkenjen.

A *3. ábra* bal oldala mutatja a tervezett garázsszellőzési rendszert. Az elszívás helyét a tér legnagyobb koncentrációjú helyén, a József Attila utca közvetlen közelében a kihajtó rámpánál határoztuk meg. A szimuláció peremfeltételeit módosítottuk: a kihajtó rámpán közeg-elszívást helyeztünk el, valamint a garázs generálta plusz járműforgalom emisszióját is megadtuk a rámpán, illetve az utcákon. A *3. ábra* jobb oldalán látható, hogy az eredeti esethez képest mennyivel változik a légszennyezettség a téren: a kihajtórámpánál növekedés, de a tér többi részén enyhe csökkenés figyelhető meg. A téren kívül már nem érzékelhető változás a levegőminőségben. A téren átlagosan az NO_x koncentráció a vizsgálat végzésének idején érvényes határérték (70 $\mu g/m^3$) 8 %-ával, az NO_2 koncentráció a határérték (40 $\mu g/m^3$) 4 %-ával csökken. Külön szimulációban ellenőriztük a tervezett garázs szellőzőrendszer magas kürtőjének környezetében a légszennyezettséget, és megállapítottuk, hogy a kürtőn kilépő szennyezett levegő valóban hamar felhígul, így nem jelent veszélyt a környező épületek legfelső szintjeinek lakásaira sem.



3. ábra: Balra: a József nádor téren kialakítandó mélygarázs, és annak szellőzési koncepciója; jobbra: a mélygarázs üzembe helyezése okozta NO_2 koncentrációváltozás előrejelzése

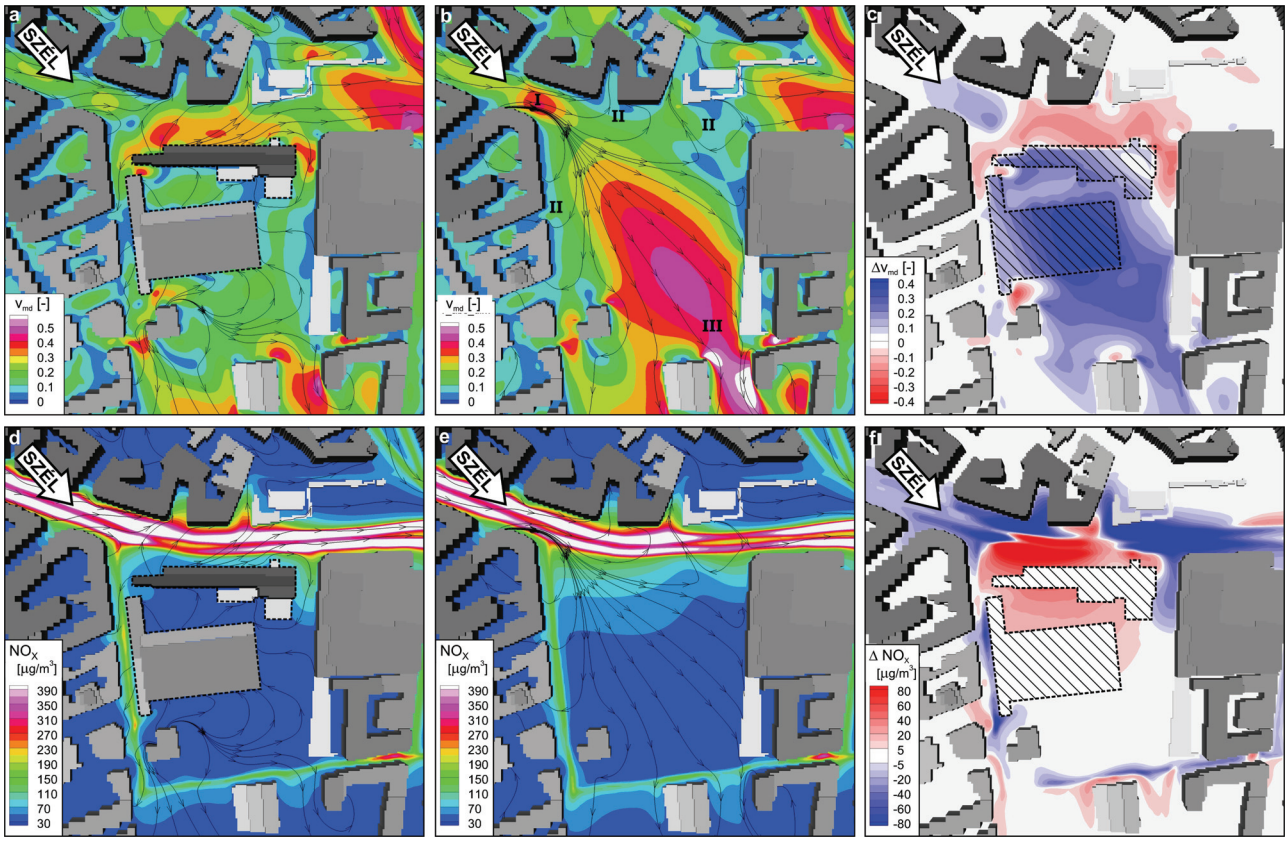


4. ábra: A Boreas projekt keretében vizsgált terület az eltávolítandó épületekkel (sraffozva) valamint a főbb szennyezőforrásokkal (színskálával jelölve).

Új városi tér létesítése belvárosi beépítettségű területen. Ahogy a bevezetőben is említettük, városrehabilitációs projektek során, ipari vagy lakóépületek elbontásával új városi teret lehet kialakítani. Tanszékünk *Boreas* kutatási projektjében egy belvárosi terület ilyen átalakításának hatásait vizsgáltuk *(4. ábra)*. Az eddig bemutatott terekkel való hasonlóság kézenfekvő, bár a tér egyik oldalán épületekkel csak részben határolt.

Hogyan változik meg a terület átszellőzése és légszennyezettsége a téren álló nagy épületek elbontásának hatására? A fent ismertetett eredményekhez való hasonlítás érdekében itt az átlós széliránynál kapott eredményeket mutatjuk be. Az *5.a.* és *b.* *ábrán* a szélsebességeloszlásokat hasonlíthatjuk össze ennél a széliránynál,

2 m magasságban. Az eredeti állapotban talajközeli síkáramvonalak mutatják, hogy az épületek között, az 'A' útszakasz zárt utcakanyonjában az áramlás iránya jelentősen eltér a tető feletti szélirányától. A tér kialakításával *(5.b. ábra)* az egyszerűsített térmodell hasonló irá-



5. ábra: a) - b) A v_{md} dimenziótlan szélsebesség megoszlása talajközelben átlós, a nagy forgalmú út felől érkező szélnél a tér létesítése előtt és után. c) dimenziótlan szélsebesség változás a tér létesítése hatására átlós széliránynál. d) - e) Csúcsórás talajközeli NO_x koncentráció átlós széliránynál a tér létesítése előtt és után. f) NO_x koncentráció változása a tér létesítése hatására átlós széliránynál.

nyú megfúvásánál *(1. ábra)* már azonosított áramlási struktúrák itt is megjelennek: a nagy sebességű beáramlás a nagy forgalmú út felől (I); a szél felőli két épülettömb szél alatti oldalán kis sebességgel jellemzett leválási buborék (II); nagy sebesség a tér szél alatti oldalán (III).

A tér létesítésének hatását az átlagsebességre ennél a széliránynál az *5.c. ábra* mutatja. Összességében jelentős, v_{md} = 0,1-0,3 nagyságú növekedést látunk, nem csak a téren, de a tér környékén is. Az 'A' útszakaszt szegélyező, elbontandó épület előtt és mellett azonban a szélsebesség csökken. Az *5.d.* és *e. ábra* a csúcsórai NO_x koncentrációt mutatja ugyanezen széliránynál, 2 m/s 10 m magasságban vett szélsebességnél.

Az épületek eltávolításával azok szigetelő hatása megszűnik: a nagy forgalmú útszakaszon kibocsátott szennyezőanyag szabadon terjed az új városi tér irányába, így a téren az eredetileg alacsony koncentráció növekszik, míg a nagy forgalmú út nyugati szakaszán jelentősen csökken.

Külön érdekes megfigyelni a légszennyezettség változását a B-vel jelölt utcán: ennél a széliránynál az eredeti álkenti.

Az *5. f. ábrán* az NO_X koncentráció megváltozását jelenítettük meg átlós széliránynál. A nagy forgalmú 'A' útszakasz mentén a koncentráció jelentősen csökken, kivéve az elbontandó épület előtt. Ide a zárt utcakanyont jellemző utcakanyon örvény megszűntével több szennyezőt fúj a szél az 'A' útszakaszról.

Az épületek szigetelő hatásának megszűnte miatt – ennél a széliránynál – az új tér úthoz közelebb eső területén 5-30 g/m^3 nagyságrendű növekedés várható, a tér távolabbi részén nincs változás, ugyanakkor a teret környező szinte összes mellékutcában javuló levegőminőségnek örülhetünk.

A *Boreas* projekt keretében vizsgált városi tér tehát átrendezi a terület átszellőzési viszonyait, és a levegő szennyezettségét is.

Érdekes, hogy a területen elhelyezett mérőállomás helyén – a szimuláció szerint – gyakorlatilag nem változik a koncentráció, a vizsgált terület jó részén várható levegőminőség-javulást tehát a mérőállomás nem fogja jelezni.

Évi átlag koncentrációk összehasonlítása. Mindkét esettanulmány lehetőséget biztosított a területen elhelyezkedő légszennyezettség-mérő állomás és a szimuláció által azok helyén meghatározott koncentrációk összehasonlítására. Az *1. táblázat* összegzi az eredményeket. Megállapítható, hogy átlagosan kb. 15 % pontossággal voltunk képesek a szennyező koncentráció meghatározására. Figyelembe véve a háttér-szennyezettségben, a forgalmi adatokban, a járművek emissziós faktoraiban rejlő bizonytalanságokat, ez az érték jónak mondható. Külön megemlítjük, hogy a József nádor tér szimulációja 2007-2008-ban készült és 2010-re adott előrejelzésünk a koncentráció csökkenő trendjét helyesen, számértékét pedig kis hibával adta vissza. Mindkét esettanulmány szimulációs eredményei *(2. ábra jobb oldala, 5. d. ábra)* azt mutatják, hogy az állomások környezetében jelentős a nagy forgalmú utak közelsége miatt a koncentráció gradiens, így a modell kis geometriai hibája jelentős hibát okozhat a koncentrációszámításban.

1. táblázat: Mért és számított átlagkoncentráció értékek [g/m^3]

	Erzsébet tér		*Boreas* projekt		
szennyezőanyag	NO_x	NO_x	NO_x	NO_2	PM_{10}
év	2006	2010	2008-2011 átlaga		
mérőállomás	133.6	97.6	94	50	37
MISKAM szimuláció	116	97	121	47	41
relatív eltérés	**-13%**	**<1%**	**+29%**	**-6%**	**+11%**

Összefoglalás, következtetések. Szélcsatorna kísérletek és numerikus áramlástani szimuláció segítségével – ebben a cikkben egyetlen kiválasztott széliránynál – feltérképeztük az épületekkel határolt városi tereken létrejövő áramlási struktúrákat, és kimutattuk ezek hatását a talajközeli szélsebesség megoszlásra, valamint a lokálisan kibocsátott légszennyező anyagok terjedésére. Megállapítottuk, hogy ha egy mindkét oldalról háztömbökkel szegélyezett forgalmas út egy szakaszán teret hozunk létre, a szennyező-koncentráció eloszlás jelentősen, akár 20-30 %-os mértékben is változhat, és bár a vizsgált esetben az összhatás kedvező, és jelentős területen csökken a koncentráció, de az épületek szigetelő hatásának megszűntével és az áramlási mező átrendeződésével, új áramlási struktúrák létrejöttével a téren vagy az egyes mellékutcákban nőhet is.

A kisebb városi terek – mint a József nádor tér – korlátozott átszellőzése lehetővé teszi, hogy az oda tervezett mélygarázs szellőzőrendszerének megfelelő kialakításával a helyi légszennyezettség ne növekedjen, hanem valamelyest csökkenthető legyen.

Az említett egyszerűsített geometriájú térről, valamint a József nádor tér vizsgálatáról részletesebb leírást *Balczó és Lajos* (2012), *Balczó* (2015) és *Balczó és Lajos* (2015) közlésre beküldött cikkeinkben tervezünk adni.

Köszönetnyilvánítás. A publikáció elkészítését támogatta a K108936 sz., „Áramlási és terjedési jelenségek városi környezetben” OTKA pályázat, valamint az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/11/KMR-2010-0002 és a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0009 programja.

Irodalom

Balczó, M., 2015: Wind tunnel and CFD study of wind conditions in an urban square. *Időjárás* (in print)

Balczó, M., Balogh, M., Goricsán, I., Nagel, T., Suda, J. M., Lajos, T., 2011: Air quality around motorway tunnels in complex terrain – Computational Fluid Dynamics modeling and comparison to wind tunnel data. *Időjárás* 115, 179–204

Balczó, M., Gromke, C., Ruck, B., 2009: Numerical modeling of flow and pollutant dispersion in street canyons with tree planting. *Meteorologische Zeitschrift* 18(2), 197–206

Balczó, M., Lajos, T., 2012: Active reduction of air pollutant concentrations at an urban square. International Conference on Urban Climate 6-10. August, 2012, Dublin, Ireland. Paper N°638.

Balczó, M., Lajos, T., 2015: Flow and dispersion phenomena in a simplified urban square. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* (in print)

Bächlin, W., Theurer, W., 1995: Der Einsatz von Windkanälen bei Umweltfragen. Vergleich von Natur- und Modellergebnissen, *Staub-Reinhaltung der Luft* 55, 383–388

Eichhorn, J., 2011: MISKAM - Manual for version 6. *Giese-Eichorn, Wackernheim, Germany*

Eichhorn, J., Kniffka, A., 2010: The numerical flow model MISKAM: State of development and evaluation of the basic version. *Meteorologische Zeitschrift* 19(1), 81–90

Lajos, T., Goricsán, I., Régert, T., Suda J., Balczó, M., 2008: Légszennyező anyagok terjedése városokban − A magas épületek hatása a légszennyezettségre. *Magyar Építőipar* 2008/4, 137–144

Livesey, F., Inculet, D., Isyumov, N., Davenport, A., 1990: A scour technique for the evaluation of pedestrian winds. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 36, 779–789

Olesen, H.R., Berkowicz, R.L, Ketzel, M., Løfstrøm, P., 2009: Validation of OML, AERMOD/PRIME and MISKAM using the Thompson wind tunnel data set for simple stack-building configurations. *Boundary-Layer Meteorology* 131(1), 73–83

*Sujudi, D., Haimes, R.,*1995: Identification of swirling flow in 3D vector fields. AIAA Paper 95-1715 Collection of Technical Papers, Washington, DC, American Institute of Aeronautics and Astronautics 792–799

VDI, 2004: VDI 3783 Part 12. Environmental meteorology: Physical modelling of flow and dispersion processes in the atmospheric boundary layer. Application of wind tunnels. *VDI Commission for Air Quality Management, Düsseldorf.*

A VÁROS KÖRNYEZETI ADOTTSÁGAI, A VÁROSI KLÍMA EMBERRE GYAKOROLT HATÁSAI

THE URBAN ENVIRONMENTAL CONDITIONS, THE EFFECTS OF URBAN CLIMATE ON HUMANS

Szilárd Barbara
szilardbarbi@gmail.com

Összefoglalás. A városok beépítése alapvetően megváltoztatja a környezeti adottságokat. Ennek következtében átalakulnak a természetes élőhelyek, ez pedig befolyásolja az élőlények, az ember életét. A cikk bemutatja a városok környezeti adottságainak alakulását, a városi klíma jellemvonásait, illetve a zöldterületek szerepét az ember életében. Emellett részletesen tárgyalja a megváltozott természeti adottságok, a magasabb átlaghőmérséklet emberre gyakorolt hatásait, és bemutat néhány, a témához kapcsolódó mérőszámot, mutatót.

Abstract.

Building up of cities fundamentally changes the environmental conditions. As consequences of these effects the natural habitat will be transformed that influences life of living organisms and people. This article demonstrates the specificities of the environmental development of cities, the urban characteristics of climate, and the role of green areas in people's life. In addition it analyzes the evolution of natural conditions, the impact of higher average temperature on human body, and presents some indicators.

Bevezetés. Az elmúlt évszázadok során az ember jelentősen átalakította környezetét, utakat, városokat épített. Növekvő mértékben használja ki a természeti erőforrásokat, és tevékenységével egyre jobban terheli a környezetet.

A múlt század 60-as éveiben figyeltek fel a környezet, az élővilág, a biodiverzitás pusztulásának hatásaira. Erre az időszakra tehető annak felismerése, hogy a városi környezet miként befolyásolja az élőlények, az ember életét. Az utak élőhely-fragmentációra gyakorolt hatása és a városi hőszigetek kialakulása ma már közismert fogalmak. Az egyre nagyobb városokban átalakult vagy megszűnt a természetes ökoszisztéma. A megváltozott életfeltételek nemcsak az állat- és növényvilágra, hanem az emberre is hatással vannak. A következő évek, évtizedek klímaváltozása várhatóan hosszabb és magasabb átlaghőmérsékletű időszakokat eredményez, ami a városok élőszervezeteit, így az ott élő lakosságot is jelentősen érinti. Az alábbiakban ezeket a hatásokat elemezzük irodalmi áttekintés alapján.

A városok környezeti adottságai. Napjainkban a világ népességének a fele városokban él, és az előrejelzések alapján a városlakók létszáma tovább növekszik. A városban az ember elképzelésének, élettérigényének megfelelően alakítja át környezetét. Az építkezések megkezdésekor azonnal kiirtják a természetes növénytakarót, és megzavarják, elűzik, elpusztítják az állatvilágot, megbolygatják a talajt. A mikroklimatikus viszonyokat az újonnan, mesterségesen kialakított felszínborítás, a módosuló felszíni érdesség, a tagoltság, illetve az árnyékolási viszonyok megváltoztatása alakítja. A levegő- és fényszennyezés, a zaj, a hőmérsékleti terhelés szinte mindig stresszel is párosulnak, ezek együttes hatást gyakorolnak az ember életére, munkájára *(Csorba*, 1998; *Unger és Sümeghy*, 2002; *Mayer*, 2008). Ezek következménye, hogy megváltozik az ember komfortérzete, közérzete, ami végső soron egészségi állapotát befolyásolja.

A környezet okozta hatásokat leginkább a település mérete, beépítettségének jellege, a kialakított burkolatok befolyásolják, bár ezek nem érvényesülnek mindenütt egyenlő mértékben. A városi ökológiai rendszer alakításában az ember a meghatározó tényező. A régi városok jellemzően koncentrikus szerkezetűek voltak, ahol a középső rész volt a legsűrűbben beépített, így az ember okozta hatás a város pereme felé haladva csökkent. A nagyvárosok körül kialakult elővárosok hosszú ideig biztosították a városban élők testi-szellemi regenerálódását. Idővel azonban ezek összeépültek a várossal. Ma már egyre kevésbé van egyetlen városközponttal rendelkező nagyváros, a történelmi, régi építésű városmagon és a körülötte lévő alacsonyabb épületegyüttesen kívül lakótelepek és kereskedelmi központok helyezkednek el. Ez növeli a vertikális tagoltságot, és a légmozgás módosításával befolyásolja a város klimatikus szerkezetét *(Wittig*, 1991; *Hooper*, 1994; *Csorba*, 1997; *Mezősi* et al., 1999).

A fejlett ipari országokban az 1960-as évekig tartott a városok beépítésének jelentősebb növekedési szakasza. Ezt követően került előtérbe a környezetvédelmi gondolkodás *(Heyer*, 1987). Az újabb koncepciók már a zöldfelületek növelését, a lakóövezetek zsúfoltságának csökkentését célozták meg, a légszennyezés és a zaj csökkentése érdekében kiépültek a földalatti tömegközlekedési lehetőségek és a kerékpárutak *(Csorba*, 1997). Az 1980-as évek városfejlesztési stratégiája az ún. zöld gyűrűk kialakítását, a városi környezeti viszonyok további javítását határozta el. A mai várostervezés két ökológiai szempontot vesz alapul: a belváros további tehermentesítése és a kivezető főútvonalak mentén hosszan elnyúló ún. városi „szegély-nyúlvány" (urban fringe), valamint a zöld gyűrűk közötti területhasználati konfliktus megfelelő keretek között tartása (*Jámbor* 1994). A fenntarthatósági stratégiával kapcsolatosan sok szó esik a városokról is. Ebből a megközelítésből nézve olyan városok kialakítására kell törekedni, amelyek egészséges életteret biztosítanak az ott élők számára, és hosszabb távon sem terhelik túl a környezetet *(Kerényi*, 2003).

A városi klíma. Az ember életére, közérzetére az éghajlati viszonyok nagy hatással vannak. A természeti tényezők, a földrajzi szélesség, a domborzat, a vízfelszínek (tavak, folyók), illetve a földhasználat alapvetően befolyásolják egy-egy terület éghajlatát. A város funkciójából eredő sajátságai, az építkezési szokások, a viszonylag kis területen elhelyezett épületek, épületegyüttesek módosítják a különböző éghajlati elemeket, befolyásolják a szél irányát és sebességét, a levegő hőmérsékletét. Az ipar, a közlekedés jelentős mértékben a városokhoz kötődik vagy annak környezetére összpontosul, ezért ezek szennyező hatásait is figyelembe kell venni a városklíma értékelése során *(Péczely* 1979, *Kerényi* 2003).

A városi klíma alakulásában fontos helyen szerepel az energiafogalom módosulása *(Probáld, 1974*). A felszín évi sugárzási egyenlege összességében energiatöbbletet mutat, ami nyári időszakban a párolgásra fordított energia jóval kisebb voltából, míg télen a mesterséges energia-kibocsátásból ered. A mikroklíma kifejezetté válásának az anticiklonhoz kapcsolódó időjárási helyzetek kedveznek. A nagyvárosok belső, jobban beépített részein a sugárzásklíma a téli félévben kifejezetten kedvezőtlen, míg a nyári időszakban nincs lényeges eltérés a város és környezete között *(Anda és Kocsis*, 2010). Az energiatöbblet miatt a városi fagymentes időszak 3–8 héttel is hosszabb lehet. Nyáron a magasabb hőmérséklet, az alacsonyabb relatív páratartalom és a szélcsend következményeként – főként a belső részeken – a sivatagihoz hasonló klíma alakulhat ki. Az átlaghőmérséklet több fokkal lehet magasabb a városon kívüli területekhez képest. Ez a jelenség téli időszakban a városlakók számára kedvező lehet, nyáron viszont kifejezetten kellemetlen *(Kerényi*, 2003). A hőmérséklettöbblet az, ami legnyilvánvalóbban mutatja a települések klímamódosító hatását *(Ladsberg*, 1981). A levegő relatív páratartalma a gyorsan elfolyó csapadékvíz és a talajfelületek hiánya miatt alacsonyabb, ugyanakkor gyakoribb a felhősödés, a köd, a füstköd vagy a szmog. A felhőképződéssel összefüggésben csapadék is gyakrabban keletkezik. A téli csapadék a magasabb átlaghőmérséklet miatt ritkábban hó, mint a városon kívül *(Kerényi*, 2003a).

A városi zöldfelületek szerepe. A belső, beépített területeken esetenként magasabb az átlaghőmérséklet. A hatás intenzitása, a kialakuló hőszigetek nagysága erőteljesen befolyásolják a városban élők komfortérzetét *(Oke*, 1979). Anticiklonok uralta időjárási helyzetben a hősziget intenzitása kétszer erősebb, mint ciklonok esetén. A globális melegedéssel párhuzamosan a nyári félévben a hősziget-hatás a beépítettség további fokozódása nélkül is erősödhet *(Mika*, 1998). A hatás kisebb a beépített területek között kialakított zöldfelületeken, mivel ezek felszínborítása természetközeli. A hőmérséklet-különbség mértékét a zöldterület jellemzői határozzák meg. A nagy kiterjedésű parkok belső részein felhalmozódik a hűvösebb levegő, ami a szomszédos, melegebb beépített terület felé termikus cirkulációt indít *(Spronken-Smith és Oke*, 1998). A zöldterületek kedvezően befolyásolják a városklíma hatásait. Erre mutatott rá az a hazai vizsgálat, amelyben Debreceni Nagyerdő városon belüli részének városklímát befolyásoló hatásait elemezték. Az intenzitás-térképen a Nagyerdő hűvösnek, míg a környező területen lévő lakó- és ipari területek melegebbnek adódtak. A Nagyerdő évi hőmérsékleti jellemzői megközelítették a külterületi értékeket. A park hűtő hatása a szomszédos beépített területeken is érvényesült *(Szegedi*, 2002, 2004).

Településtervezési szempontból fontos kérdés, hogy egy-egy zöldfelület milyen hatással van a felszín hőmérsékletére, vagy az eltérő területhasználat következtében hogyan alakulnak a hőmérsékleti különbségek. Egy derült kánikulai nap délelőttjén Budapest felszínhőmérsékletének adatait nagy felbontású űrfelvételek segítségével vizsgálták. Az értékek 18–44 °C között voltak. Az eredmények a zöldfelület-intenzitás és a felszínhőmérséklet közötti összefüggést igazolták, vagyis ahol a zöldfelület aránya kicsi, ott magasabb volt a felszín hőmérséklete. Intenzív városi park (Margitsziget) felszínhőmérséklete több mint 10 fokkal volt alacsonyabb a közeli Újlipótvárosnál, ahol lényegében nincs zöldfelület. Hasonlóan nagy volt az eltérés a Nyugati pályaudvar melletti Westend zöld tetőkertje és a közeli vasúti terület felszínhőmérséklete között. A legmagasabb hőmérséklet értékek azokra a területekre voltak jellemzőek, ahol a zöldterületi mutatók 15 százalék körül mozogtak. Az átlagos hőmérséklet magasabb volt a nagyvárosias beépítésű részeken, míg a kisvárosias, fele részben zöld területeken 5–6 fokkal volt alacsonyabb. Egy kisebb zöldterülettel rendelkező városi park tehát a beépítésből eredő magasabb hőmérsékletet csak kevéssé és helyi mértékben tudja ellensúlyozni. Az intenzív tetőkert a felszíni hőmérsékletet 3–4 °C-kal mérsékli *(Gábor és Jombach*, 2008).

Város és ember. A világ lakosságának egyre nagyobb része él és dolgozik városokban, ezért az emberek jó közérzetének, a humán komfortnak különös jelentősége van városi környezetben. A városiasodás eredményeképpen a lakó- és munkakörnyezet ártalmai egyre több embert érintenek *(Unger és Sümeghy*, 2002). A környezet állapota hatással van az ember közérzetére, napi tevékenységére. A különböző fronthatások befolyásolják a keringést, emelik vagy éppen csökkentik a vérnyomást, hatással vannak a figyelemre, a koncentrálóképességre. Az ember csak akkor tud kitartóan dolgozni, tanulni, ha a szervezet homeosztázisa egyensúlyban van. A komfortérzést a levegőminőség és hőmérsékleti tényezők mellett szociológiai, pszichés és ergonómiai hatások a befolyásolják *(Keltai*, 1982).

Az emberi szervezet hőszabályozása. Az emberi szervezet hőháztartását összetett mechanizmus szabályozza. Jelentős különbség van a belső szervek és a test felszínhőmérséklete között. Az ismert hőmérőzési módszerekkel (száj, hónalj) a belső hőmérsékletet mérjük. A bőr hőmérséklete a környezeti hőmérséklet függvénye. Hideg környezetben, ruha nélkül nyugodtan fekvő ember például nagyon fázik. Ilyen helyzetben a láb bőrének hőmérséklete akár 10 fokkal is alacsonyabb lehet. Az ember kellemes érzéséhez 30–35 fokos bőrhőmérséklet szükséges *(Bálint*, 1979). Az emberi test fizikai hőszabályozása hőleadáson keresztül valósul meg. Ennek alapja az a törvényszerűség, hogy a melegebb test a hidegebb környezetnek hőt ad le. Az emelkedő környezeti hőmér-

séklet fokozza a szervezet párologtatását, egyre fontosabbá válik a verejtékezés, amíg végül kizárólagosan ez határozza meg a hőleadást *(Ganong*, 1990). A verejtékezés szerepe 34 °C feletti külső hőmérséklet esetén növekszik, és ez lesz az emberi szervezet hőleadásának kizárólagos lehetősége. Nagy melegben óránként 1000–1200 ml is lehet a leadott verejték mennyisége. A test hűtése szempontjából a bőrfelületről elpárologtatott verejték a mértékadó. Ez az oka annak, hogy légmozgás esetén jobban érvényesül a verejtékezés hőelvonó hatása *(Bálint*, 1979). Az ember akkor érzi magát komfortosan, ha a bőrhőmérséklet és a verejtékelválasztás egy bizonyos tartományon (komfort-zóna) belül mozog. A komfortérzés szubjektív, az emberi tűrőképesség eltérő, ezért az erre vonatkozó vizsgálatok egy „átlagos típushoz" viszonyítanak *(Mayer*, 2008; *Höppe*, 2002).

Az ember hőérzete határozza meg a hőmérsékleti környezetre való reagálását. A szervezet hőegyensúlyának reakcióideje, az alkalmazkodási reakciók típusa, a megvalósult egyensúlyi állapot kellemes vagy kellemetlen volta, a bőrhőmérséklet és verejtékezés határozzák meg a hőérzetet. Az ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) skála hét fokozatú beosztást alkalmaz annak megállapítására, hogy a hőkomfortérzet mennyire optimális: forró – meleg – kellemesen meleg – semleges – kellemesen hűvös – hűvös hideg. *Fanger* (1970) vizsgálatai alapján az ember komfortérzete akkor kellemes, ha közte és a környezete között a statikus energiamérleg zérus, a termelt és a leadott hő, valamint a végzett munka eredője is zérus, a bőr hőmérséklete alapvetően nem változik, és a verejtékezés mértéke egy tartományon belül marad. Mások szerint az jelenti a hőmérsékleti komfort állapotát, amikor az ember a hőmérsékleti környezetével elégedett *(Nikolopoulou és Lykoudis*, 2006).

A komfortérzés jellemzésére használt indexek. A komfortérzés jellemzésére használt bioklimatikus indexek meteorológiai paraméterek segítségével számszerűsítik a komfortérzetet. Nyáron a kánikulai, míg télen a fagyos napok száma, a napi középhőmérséklet menete, a levegő nedvességtartalmának napi és havi menete, a besugárzás értéke alkalmasak erre a célra. Emellett több összetett indexet is használnak, mint például *pulmonális stressz index*, amely a tüdő nyálkahártyájával közvetlenül kapcsolatba lépő nedvesség értékét tükrözi, az *effektív hőmérséklet* pedig a telített és a nyugalomban levő levegő hőmérséklete, ami az ember hőterhelésének fontos mutatója. A hőterhelés miatt fellépő diszkomfort érzést a *termohigrometrikus index*-szel lehet jellemezni. A *humidex* a nyári hónapok komfortjának megítélésére alkalmas. Négy kategóriája közül 20–29 közötti teljes komfortérzetet tükröz, míg a legfelső, a 46 fok feletti érték már stresszt vált ki. Érdekességként említem a városi hőszigethez köthető indexet – *a sörkerti napok számát.* Ezzel azokat a napokat veszik számba*,* amikor a hőmérséklet este 9 órakor is meghaladja a 20 fokot, vagyis késő estig kellemesen lehet a szabadban tartózkodni *(Höppe*, 1984; *Géczi,* 2012).

A magasabb átlaghőmérséklet következményei. Az klímaváltozáshoz kapcsolódó kutatások egyértelművé tették, hogy a magasabb átlaghőmérséklet okozta hőstressz jelentős mértékben hat az egészségi állapotra, a szervezet kifárad, kimerül, előfordulhat ájulás, görcsök, bőrkiütések és hőguta léphet fel. Ezek leginkább a hőszabályozó rendszer zavaraira vezethetők vissza. Az emberi szervezet rövid távú alkalmazkodásához 3–12 napra van szükség. A gyakoribb és hosszabb hőhullámok a városi ember szervezetét még inkább igénybe veszik *(Mika*, 2011).

A napi középhőmérséklet 5 ºC-os növekedése növeli a halálozás kockázatát, ami Magyarországon a következő évtizedben elérheti az 1000–2000 főt évente. Vizsgálati eredmények szerint a hőmérséklet 10 ºC-os növekedése megnöveli a sürgősségi és a balesetek miatti mentőhívások számát. A leginkább érintettek a krónikus betegségekben szenvedők, szociálisan hátrányos helyzetűek, illetve az időskorúak és a gyermekek. A városok hőszigettel érintett területein lakók további rizikótényezőnek vannak kitéve a rendszeresen magasabb átlaghőmérsékletek miatt *(Horváth*, 2009; *Páldy és Málnási*, 2009).

A hőhullámok hatással vannak egyes gyógyszerek hatékonyságára, míg más szerek esetében megnövekszik a mellékhatások valószínűsége. A magas hőmérséklet hatására bekövetkező folyadékhiányos állapot, valamint a véreloszlás módosulása termoregulációs válaszreakciót eredményez, ami befolyásolja egyes gyógyszerek vérszintjének alakulását, azok lebomlását, kiválasztását és hatékonyságát is *(Matthies* et al., 2008).

Egy, Szeged belvárosában végzett vizsgálatban a kialakuló mikroklíma humán komfortra gyakorolt hatását elemezték. Feltérképezték a fás vegetációt (fák helyzete, magassága, lombkorona sugara, törzsátmérő és magasság), és mérték a meteorológiai paramétereket. Megállapították, hogy a sugárzási viszonyok változása módosítja a hőmérsékleti komfortérzetet, a tereptárgyak befolyásolják az emberi test energia egyensúlyát, a bioklimatológiai viszonyok pedig javíthatók, elsősorban fás vegetáció segítségével *(Unger* et al., 2005).

A klímakutatásokból ismert az is, hogy az átlaghőmérséklet emelkedését, a szélsőségesen meleg időszakok kialakulását gyorsan bekövetkező, intenzív frontátvonulások, illetve az időszakosan megnövekvő UV-B sugárzás kísérik, amik szintén az ember egészségét veszélyeztető hatások *(Matthies és Menne*, 2009).

Városi környezetben több az allergiás beteg. Ennek egyik oka, hogy a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó légszennyező anyagok kibocsátása szinergikus hatással lehet az allergia kialakulása során. A kőolaj alapú tüzelőanyag-részecskék segíthetik az aeroallergének bejutását az alsó légutakba és irritálhatják az immunsejteket is. A parlagfű a nagyvárosban több pollent termel és gyorsabban növekszik. Emellett a klímaváltozás eredményeként nagyobb valószínűséggel jelennek meg új, invazív, allergén növényfajok. A hosszabb fagymentes időszak miatt meghosszabbodik a növények vegetációs ideje, ami növeli a pollenexpozíciós időszakot. Ez az allergén növények jelentősebb elterjedésével is páro-

sul *(Ziska* et al., 2009). Szakértők szerint a levegő szennyezésének csökkentésével mérsékelni lehet az immunrendszerünket ért terhelést. A városban élőknek ezért többet kellene vidéken, a szabadban tartózkodni. A városok zöld övezeteinek megóvása, kialakítása is javíthat a levegő minőségén *(Matthies és Menne*, 2009; *Ziska* et al., 2009).

A magasabb átlaghőmérséklet kedvez a baktériumok, vírusok és más kórokozók elterjedésének, így ezek populációja megnőhet. A meleg miatt a vízzel és élelmiszerekkel terjedő kórokozók, mint pl. a *Salmonella* nagyobb veszélyt jelentenek (*Kovats* et al., 2004).

Összefoglalás. A városokban tapasztalható magasabb átlaghőmérséklet jelentős hatással van az élőlények és köztük az ember életkörülményeire. Igénybe veszi a szervezetet, amely megpróbál a megváltozott körülményekhez alkalmazkodni. A hosszan tartó nyári meleg időszakok elviselése a városi ember számára nagyobb kihívást jelent. A tudatos várostervezés, a még meglévő zöldfelületek szakszerű kialakítása és kezelése, az ilyen területek tudatos növelése, a telepített növényzet összetételének újragondolása segítséget jelenthet a hőhatás elviselése érdekében. Fontos, hogy a városi körülmények humán komfortra gyakorolt hatásai nem csak a hőhullámok elviselését jelentik, hanem többek között hatással vannak például a pollenexpozícióra vagy a kullancsok, rágcsálók és az általunk terjesztett megbetegedések nagyobb arányú elterjedésére vagy a korábban a város környékén élő állatfajok betelepedésére. Ezek a tényezők tovább rontják a humánkomfortot.

Irodalom

Anda A. és Kocsis T. (szerk.), 2010: Agrometeorológiai és Klimatológiai alapismeretek. Mg Kiadó, Budapest, pp. 381

Bálint P., 1979: Hőforgalom és hőszabályzás. In: Orvosi Élettan. Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 862

Csorba P., 1997: Városökológiai térszerkezet – debreceni példák. *Földrajzi Értesítő* XLVI(1-2),. 105-127

Csorba P,. 1998: Városperemi ökotonok (Debrecen). *Földrajzi Értesítő* XLVII(3). 446–454

Fanger, P. O., 1970: Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering. Danish Technical Press, Koppenhága, pp. 244

Gábor P. és Jombach S., 2008: A zöldfelület intenzitás és a városi hősziget jelenségének összefüggései Budapesten. *Faluváros Régió* 1, 31-37

Ganong, W. F. 1990: A zsigeri funkciók központi szabályzása. In: Az orvosi élettan alapjai. Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 804

Géczi R., 2012:Városi klíma, Városi klíma és bioklimatikus indexe; *http://www.geography.hu/geographer/geczi_robert/GR_varosi_klima.pdf*, letöltve 2012 12.20.

Hooper, A,. 1994: Land availability and the suburban option. *Town and Country Planning*, 239–242

Horváth L., 2009: Alkalmazkodási kihívások és eszközök az éghajlatváltozási kerettörvényben. A NFFT felkérésére készült tanulmány. *http://www.nfft.hu/dynamic/ Alkalmazkodasi kihivasok_es eszkozok_az_eghajlatvedelmi _kerettorvenyben.pdf*, letöltve 2014. január

Höppe, P., 2002: Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy Build*. 34, 661–665

Jámbor I., 1994: Budapest külső zöld gyűrűje. *Falu Város Régió* 2, 29–31

Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, Armstrong BG, Ebi KL, Menne B., 2004: The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiol Infect* 132, 443–453

Keltai P., 1982: Környezet-egészségtan; In: *Közegészségtan*, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 447-460

Kerényi A., 2003a: Európa természet- és környezetvédelme. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest pp. 534

Kerényi A., 2003: Az épített környezet terjeszkedése és ezek hatásai, In: *Környezettan*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 470

Ladsberg, H. E., 1981: The urban climate. Academic Press New York–London–Toronto–Sydney–San Francisco, 83–126

Matthies, F., Bickler, G., Cardeñosa Marin, N and Hales, S. (eds.), 2008: Heat–health action plans – guidance).Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, pp. 45

Matthies ,F és Menne B., 2009: Prevention and management of health hazards related to heatwaves *International Journal of Circumpolar Health* 68, 8-22

Mayer, H., 2008: Klimes – a joint research project on human thermal comfort in cities. *Ber. Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs Universität* Freiburg 17,. 101–117

Mezősi, G., Mucsi, L., M. Tóthné Farsang A., és Rakonczai, J., 1999: A városökológia – település és környezete kapcsolata. *Alföldi Tanulmányok*, Békéscsaba, 74-93

Mika J., 1998: A városi hősziget-hatás és a globális klímaváltozás kapcsolatáról. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok* 6, 69–80

Mika J., 2011: Éghajlatváltozás, hatások, válaszadás; *http:// www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/ tamop425/0038_foldrajz MikaJanos-eghajlat -HU/ch01s07.htm*; letöltve 2013. 03

Nikolopoulou, M. és Lykoudis, S., 2006: Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment* 41, 1455–1470

Oke, T. R., 1979: Boundary Layer Climates. John Wiley and Sons, pp. 372

Páldy A. és Málnási T., 2009: Magyarország lakossága egészségi állapotának környezetegészségügyi vonatkozásai; *Országos Környezetegészségügyi Intézet*, Budapest

Probáld F. 1974: Budapest városklímája. Budapest. *Akadémiai Kiadó*, pp. 126

Spronken-Smith, R.A. és Oke, T. R., 1998: The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 2085–2104

Szegedi S., 2002: A városi környezet kutatása: városklíma mérések Debrecenben. Debreceni Szemle, X(4) 681–691

Szegedi S., 2004: A Nagyerdő hatása a városi hősziget kialakulására Debrecenben. In *Mátyás Cs. és Víg P*. (eds.): A *IV. Erdőklíma Konferencia előadásainak kötete*. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 113-122

Unger J. és Sümeghy Z., 2002: Környezeti klimatológia. Kisléptékű éghajlatok, városklíma. JATEPress, Szeged, pp. 202

Unger J., Gulyás Á., és Matzarakis, A., 2005: Eltérő belvárosi mikrokörnyezetek hatása a humán bioklimatikus komfortérzetre *Légkör* 50(1), 9-14

Wittig, R., 1991: Ökologie der Großstadtflora. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 11-14

Ziska, L. H., Epstein, P. R. és Schlesinger, W. H., 2009: Rising CO2 climate change, and public Health: Exploring Links to Plant Biology, *Environment health Perspectives* 117, 155 – 158

MINEK NEVEZZELEK?

HOW TO NAME YOU?

Haszpra László
Országos Meteorológiai Szolgálat, 1675 Budapest. Pf. 39., *haszpra.l@met.hu*

Összefoglalás. Napjainkban a trópusi ciklonok felváltva kapnak férfi és női neveket. A mechanikus névadás ellenére úgy tűnik, a női nevet viselő hurrikánok veszélyesebbek. Amerikai kutatók sejtik az okát.

Abstract. Tropical cyclones get male and female names alternately. In spite of the mechanical naming, „female hurricanes" seem deadlier. American scientists seem to reveal the reason.

A könnyebb megkülönböztethetőség, az egyszerűbb hivatkozhatóság érdekében a meteorológusok már meglehetősen régóta adnak nevet a trópusi ciklonoknak, legalábbis a jelentősebbeknek. Talán a nők férfiak által feltételezett szeszélyessége, kiszámíthatatlansága ösztönözte a hajdanán többségükben az erősebb nemhez tartozó meteorológusokat arra, hogy női neveket használjanak. 1953-tól 1978-ig az Amerikai Egyesült Államok Meteorológiai Szolgálata is női nevekkel illette a trópusi ciklonokat. A társadalmi gondolkodás változásával az egyre inkább diszkriminatívnak és szexistának minősülő rendszeren 1979-ben változtattak. Azóta a trópusi ciklonok felváltva kapnak férfi és női neveket előre összeállított névlisták alapján. Ma a Meteorológiai Világszervezet területileg illetékes Regionális Trópusi Ciklon Testületei (Tropical Cyclon Regional Body) állítják össze azokat a felváltva férfi és női neveket tartalmazó listákat, amelyekről az egymást követő trópusi ciklonokat elnevezik.

Az e téren tapasztalható fejlődés ellenére a nemi sztereotípiák a fejlett társadalmakban sem tűntek el teljesen, és olyan területeken is hathatnak, ahol talán nem is számítunk erre. Például az időjárási veszélyjelzésben.

A társadalomtudományi kutatások azt mutatják, hogy a fiúk és a lányok a nemi egyenjogúságot hirdető társadalmakban is némileg eltérő társadalmi szerepre szocializálódnak felnőtté érésük során, és ezzel összefüggésben a férfiak és a nők karakterével, viselkedésével kapcsolatban is kialakulnak nem tudatos feltételezések. A férfiakról gyakrabban tételeznek fel erőt, aktivitást, határozottságot, míg a nőkről passzivitást, gyengédséget és gyengeséget. A férfiakkal kapcsolatban sokkal inkább felmerül az erőszakos, romboló karakter, mint a nők esetében.

Az Illinoisi Egyetem és az Arizonai Állami Egyetem pszichológiával, kommunikációval, valamint társadalmi és családdinamikai statisztikai vizsgálatokkal foglalkozó kutatói annak az első hallásra abszurdnak tűnő kérdésnek jártak utána, hogy mik a társadalmi feltételezések a férfi (nevű) és a női (nevű) hurrikánokkal kapcsolatban. Az Amerikai Tudományos Akadémia rangos tudományos folyóiratában, a Proceedings of the National Academy of Sciences-ben a közelmúltban megjelent kutatási eredményeik szerint (Jung et al., 2014), bármily meglepő, a következmények tekintetében nem mindegy, hogy milyen „nemű" hurrikán csap le az Amerikai Egyesült Államokra.

A kutatásban a résztvevőket felkérték, hogy a felsorolt nagy számú nevet egy 10 fokozatú skálán sorolják be annak alapján, hogy mennyire érzik őket férfiasnak vagy nőiesnek. (A résztvevők véleménye meglehetősen jól egyezett az egyes nevek besorolását illetően.) Az így kapott férfiasság-nőiesség indexet vetették össze az adott nevű, 1950 és 2012 közötti hurrikánok normalizált kártételével. Ez utóbbiban figyelembe vették az idők során az anyagi értékekben bekövetkezett változásokat, a hurrikán szárazföld felett töltött idejét és helyét, a lakosság eloszlásában bekövetkezett változásokat és számos más tényezőt is. Míg az általában csak néhány halálos áldozatot követelő, alacsony normalizált kártételű hurrikánok esetében a halálos áldozatok száma független volt a hurrikán nevének férfiasságától-nőiességétől, addig a komoly károkkal járóknál a férfias→nőies nevek skáláján haladva az átlagos áldozat-szám fokozatosan nőtt. A legnőiesebb nevű hurrikánok halálos áldozatainak átlagos száma csaknem hatszorosa (!) volt a legférfiasabb nevűekének, annak ellenére is, hogy a vizsgálat torzításának elkerülésére a katasztrofális, szélsőségesen nagy kárral és kiugróan sok áldozattal járó 1957. évi Audrey (416 halott) és 2005. évi Katrina (1833 halott) hurrikánt kivették a vizsgálatból. A kutatók szerint a jelenség arra utal, hogy az emberek a felkészülés során – nyilván nem tudatosan – figyelembe veszik a hurrikán nevét, „nemét", és az utóbbihoz kapcsolódó sztereotípiákat. Erre még az is rásegít, hogy az angol nyelvben a név nélkül említett hurrikánok „neme" is egyértelműen kiderül a használt személyes névmásból (he/she). A női (nevű) hurrikánoktól az emberek kevésbé tartanak, kevésbé asszociálnak hozzájuk erőszakot, rombolást, és így kevésbé is készülnek fel az érkezésükre. Gyenge hurrikánok esetében viszonylag kicsi a tényleges veszély, így a felkészülés minősége nem igazán lényeges, ezért nincs is összefüggés a név és az áldozatok száma között. Erős hurrikánok esetében azonban a felkészülés mértéke döntő az áldozattá válás elkerüléséhez.

A hurrikán-nevek „férfiassága/nőiessége" és az időjárási veszélyekre való felkészülés alapossága közötti összefüggés első hallásra elég bizarrnak tűnik, ezért az összefüggést a kutatók más felmérésekkel is megpróbálták alátámasztani. 346 egyetemi hallgatót kértek fel arra, hogy 5 férfi nevű és 5 női nevű feltételezett hurrikánhoz rendeljenek hozzá intenzitást egy 7 fokozatú skálán. A férfi nevű hurrikánokat, a válaszadó nemétől függetlenül, szignifikánsan rombolóbbnak tételezték fel a résztvevők.

Egy másik kísérletben 3 csoportba osztották a résztvevőket, majd bemutatták nekik ugyanazt a közeledő hurrikánt. A feladat itt is a kockázat-becslés volt. Az első csoportnak a hurrikánt Alexandernek, a másiknak Alexandrának nevezték, míg a harmadik csoporttal név nélkül ismertették a ciklont. A résztvevők Alexandert veszélyesebbnek ítélték, mint a vele azonos Alexandrát, illetve a névtelen változatot. Az utóbbi kettő megítélése között nem volt érdemi különbség. Talán azért, vélték a kutatók, mert hagyományosan női nevet viseltek a hurrikánok, és talán ezt tételezték fel a név nélkül említett hurrikánról is.

Ugyanezt az eredményt kapták akkor is, amikor azt vizsgálták a hipotetikus *Christina* és *Christopher* hurrikánokkal, hogy mi a valószínűsége annak, hogy a válaszadó önként elhagyja a veszélyeztetett területet, vagy otthon marad átvészelhetőnek ítélve a vihart. Az eredményen nem változtatott az sem, ha a válaszadókat úgy tájékoztatták, hogy a hatóságok a veszélyeztetett terület elhagyását javasolják.

Biztos, ami biztos, a kutatók azt is megvizsgálták, hogy a párba állított nevek ismertsége, népszerűsége, illetve a válaszadók kora és az adott nevek divatosságának ideje befolyásolja-e az eredményeket, de erre utaló jelet nem találtak.

Bár a kutatók kifinomult statisztikai módszereket alkalmaztak, a magas valószínűségi szinten szignifikáns eredmények sem feltétlenül jelentenek oksági összefüggést. A statisztikai vizsgálatok mindenesetre arra utalnak, hogy a társadalmi-kulturális környezet által befolyásolt tudat alatti asszociációink (előítéleteink?) ilyen objektívnek tűnő területeken is működnek, aminek bizonyos helyzetekben komoly következményei is lehetnek. Lehet, hogy megfelelő névválasztással néhány ember életét meg lehetne menteni?

Irodalom

Jung, K., Shavitt, S., Viswanathan, M. and Hilbe, J. M., 2014: Female hurricanes are deadlier than male hurricanes. Proceedings of the National Academy of Sciences 111, 8782-8787., doi: 10.1073/pnas.1402786111

Az Atlanti-óceán északi medencéjében, a Karib-tengeren és a Mexikói-öbölben képződő hurrikánok elnevezése 2014-2019 között, Meteorológiai Világszervezet, http://www.wmo.int/pages/prog/www/tcp/Storm-naming.html)

2014	2015	2016	2017	2018	2019
Arthur	Ana	Alex	Arlene	Alberto	Andrea
Bertha	Bill	Bonnie	Bret	Beryl	Barry
Cristobal	Claudette	Colin	Cindy	Chris	Chantal
Dolly	Danny	Danielle	Don	Debby	Dorian
Edouard	Erika	Earl	Emily	Ernesto	Erin
Fay	Fred	Fiona	Franklin	Florence	Fernand
Gonzalo	Grace	Gaston	Gert	Gordon	Gabrielle
Hanna	Henri	Hermine	Harvey	Helene	Humberto
Isaias	Ida	Ian	Irma	Isaac	Ingrid
Josephine	Joaquin	Julia	Jose	Joyce	Jerry
Kyle	Kate	Karl	Katia	Kirk	Karen
Laura	Larry	Lisa	Lee	Leslie	Lorenzo
Marco	Mindy	Matthew	Maria	Michael	Melissa
Nana	Nicholas	Nicole	Nate	Nadine	Nestor
Omar	Odette	Otto	Ophelia	Oscar	Olga
Paulette	Peter	Paula	Philippe	Patty	Pablo
Rene	Rose	Richard	Rina	Rafael	Rebekah
Sally	Sam	Shary	Sean	Sara	Sebastien
Teddy	Teresa	Tobias	Tammy	Tony	Tanya
Vicky	Victor	Virginie	Vince	Valerie	Van
Wilfred	Wanda	Walter	Whitney	William	Wendy

PONTOS ÉSZLELÉSSEL AZ 5 ÉVES TERVÉRT!

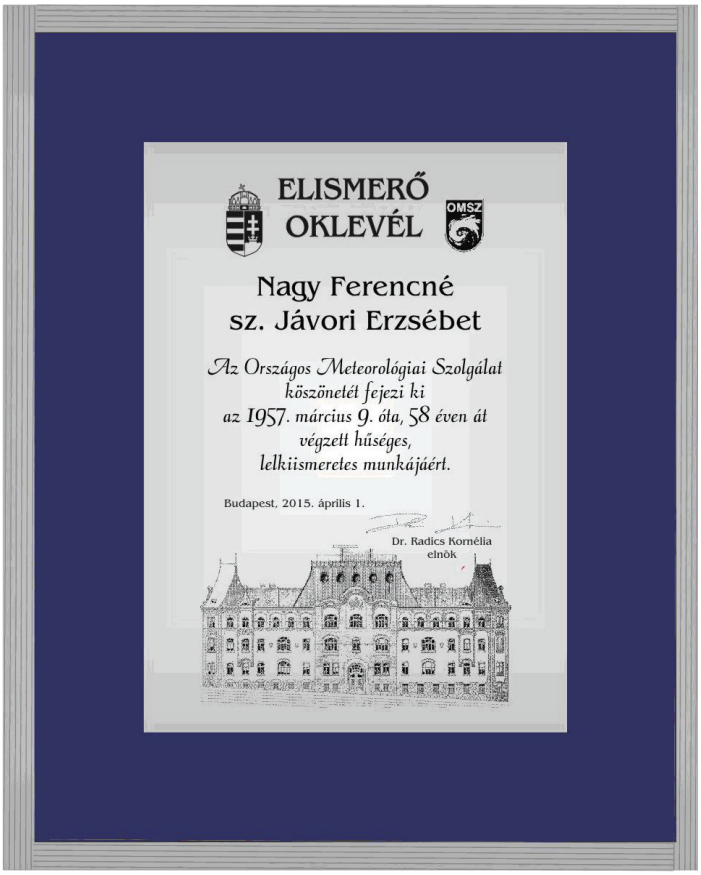
WITH ACCURATE OBSERVATION FOR THE 5-YEAR PLAN!

Tóth Róbert, Tamáskovits Károly
Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium,
1181 Budapest, Gilice tér 39., *toth.r@met.hu; tamaskovits.k@met.hu*

Összefoglaló. Nagy Ferencné kivételesen hosszú ideig, pontosan, lelkiismeretesen végezte a meteorológiai megfigyeléseket Balinka-Mecsérpusztán. E példamutató pályafutást az Országos Meteorológiai Szolgálat elismerő oklevéllel jutalmazta.

Abstract. Ferencné Nagy carried out meteorological observations in Balinka-Mecsérpuszta precisely, conscientiously and for exceptionally long time. Hungarian Meteorological Service awarded this outstanding career with Certificate of Merit.

A Balinka-Mecsérpusztai 244 számú meteorológiai állomás (jelenleg Balinka-Mecsér, állomásszáma 35104) a Bakony alján észleli az időjárási viszonyokat és jelenti az adatokat, Székesfehérvártól 35 km-re ÉNy-ra. A csapadékmérő állomás első észlelője Rádler Jenő erdőmérnök volt, aki 1955. december 1-től jegyezte az adatokat. Távozásakor Jávori Erzsébet bérelszámolót kérte fel a mérés és megfigyelés további folytatására, aki 1957. március 9-én kelt megbízólevél *(1. ábra)* alapján lett az akkori Országos Meteorológiai Intézet munkatársa. Erzsi néni édesapja a közeli bányában dolgozott, és először ő is ott helyezkedett el. Racionalizálás címén azonban elbocsátották. Ezután az erdészetnél talált munkát és férjet, s Nagy Ferencné néven küldte ezentúl a csapadéklapokat. Feladatát mindig lelkiismeretesen, pontosan látta el, rajta nem múlt egyik ötéves terv teljesítése sem. A kivételesen hosszú, 58 év észlelői munkáját több emléklappal és 30 év a meteorológia szolgálatáért kerámia emléktárggyal is jutalmazták. Sajnálatunkra 2015 februárjában levélben tájékoztatott bennünket, hogy megromlott látása miatt nem tudja folytatni az észlelést, s ahogy azt 1957-ben előírták, ezennel most visszaküldte megbízólevelét. Új észlelőről is gondoskodott. Példamutató hozzáállását az Országos Meteorológiai Szolgálat elismerő oklevél

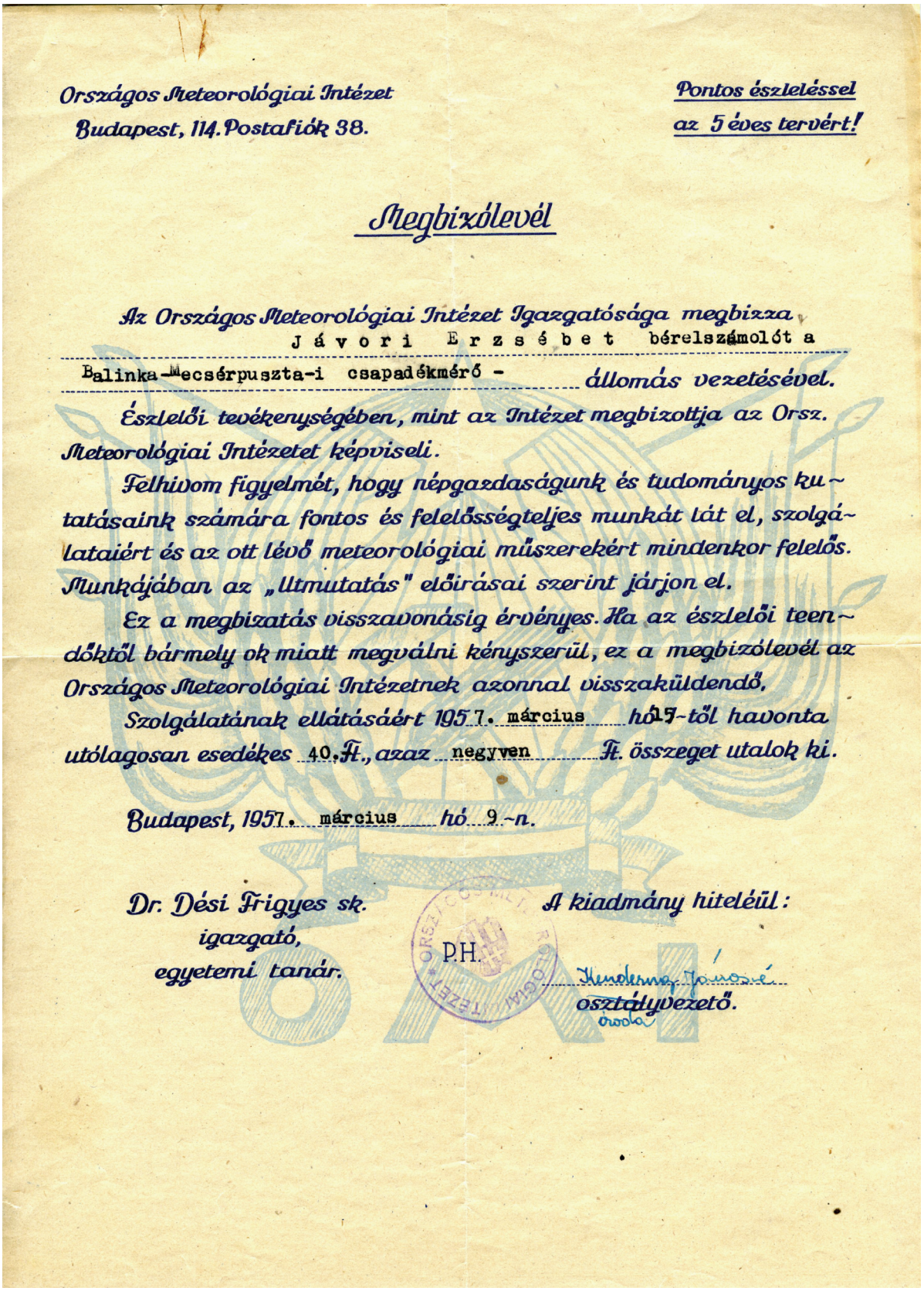


1. ábra: A Szolgálat által kibocsátott elismerő oklevél.



2. ábra: Nagy Ferencné, Erzsi néni otthonában az oklevéllel

(2. ábra) adományozásával köszönte meg. Tamáskovits Károly nyugalmazott hálózati főellenőr és jómagam áprilisban kerestük fel Erzsi nénit mecséri lakhelyén, s a Szolgálat nevében megköszöntük kitartó munkáját s átnyújtottuk a bekeretezett oklevelet. Egyúttal elkértük az eredeti megbízólevelét a Meteorológiai Múzeum számára, ahol ez a dokumentum emléket állít a korabeli társadalmi csapadékészlelőknek. Szívből köszönjük pontos és lelkiismeretes munkáját és további nyugdíjas életéhez jó egészséget kívánunk!



Országos Meteorológiai Intézet
Budapest, 114. Postafiók 38.

Pontos észleléssel
az 5 éves tervért!

Megbízólevél

Az Országos Meteorológiai Intézet Igazgatósága megbízza
Jávori Erzsébet bérelszámolót a
Balinka-Mecsérpuszta-i csapadékmérő - állomás vezetésével.

Észlelői tevékenységében, mint az Intézet megbízottja az Orsz. Meteorológiai Intézetet képviseli.

Felhivom figyelmét, hogy népgazdaságunk és tudományos kutatásaink számára fontos és felelősségteljes munkát lát el, szolgálataiért és az ott lévő meteorológiai műszerekért mindenkor felelős. Munkájában az „Utmutatás" előirásai szerint járjon el.

Ez a megbizatás visszavonásig érvényes. Ha az észlelői teendőktől bármely ok miatt megválni kényszerül, ez a megbízólevél az Országos Meteorológiai Intézetnek azonnal visszaküldendő.

Szolgálatának ellátásáért 1957. március hó 1-től havonta utólagosan esedékes 40.Ft., azaz negyven Ft. összeget utalok ki.

Budapest, 1957. március hó 9-n.

Dr. Dési Frigyes sk.
igazgató,
egyetemi tanár.

P.H.

A kiadmány hiteléül:
Hendelmayr Jánosné
osztályvezető.

3. ábra: Az 1957. március 9-én kibocsátott és 2015. februárban, az előírásnak megfelelően visszaküldött oklevél.

MAGASHEGYVIDÉKI MEGFIGYELŐ ÁLLOMÁS SPECIÁLIS PROGRAMMAL

MOUNTAIN OBSERVATION STATION WITH SPECIAL PROGRAMME

Dunkel Zoltán

Magyar Meteorológiai Társaság, 1525 Budapest Pf. 38., *dunkel.z@met.hu*

Összefoglalás. Működik egy magashegyi megfigyelő állomásrendszer a Himalájában, közel a Mount Everesthez. Mérési programjába éppúgy beleilleszkedik normál meteorológiai megfigyelés, mint a környező levegő kémiai összetételének nyomon követése. A programhoz újabban társult az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálata. A program időről időre jelentést küld a világba, hogy mit végeztek az elmúlt években. Ez a kis írás a világhálon található információk és az időnként küldött tájékozató alapján kívánja bemutatni az Ev-K2-CNR kutatási projektet és a SHARE programot.

Abstract. A network of mountain stations works in Himalaya, close to Mount Everest. Its measurement programme contains both normal meteorological observation and tracking the chemical composition of the surrounding air. Examination of the effects of climate change joined the program recently. The program from time to time disseminates a report on what was carried out in the past years. This short paper wishes to present the Ev-K2-CNR research project and the SHARE program using the information available on the web and the report sent occasionally.

Villanyposta üzeneteim között időről időre feltűnik egy olyan levél, amelynek feladója a rejtélyesnek tűnő *Ev-K2-CNR Association <noreply@evk2cnr.org>*. Arra mindenképp kíváncsi lennék, miként és miért kerültem rá a szervezet levelezési listájára. Az első, általam kapott üzenet arról tájékoztatott, hogy az Ev-K2-CNR Bizottság felállította a világ legmagasabban található felszíni automata (AWS) meteorológiai állomását, a Mount Everest déli oldalán 8000 méteres magasságban. Az állomás 2008. május 23-án nepáli idő szerint 15:20-kor kezdte meg az adatgyűjtést. A műszereket az olasz LSI-Lastem cég gyártotta. Olasz és nepáli hegymászók képzett csapata kivételes erőfeszítéseinek köszönhetően sikerült a telepítés. A közlemény azt is megemlítette, hogy a 8000 méteres magasságon három óra kellett ahhoz, hogy extrém időjárási körülmények között oxigénpalack használata nélkül sikerült beindítani az adatgyűjtést. Két évvel később egy üzenet arról tájékoztatott, hogy a SHARE - NCO-P állomás a Mount Everestnél egy soha nem mért, olyan magas szennyezőanyag koncentrációt észlelt, ami eddig csak városokban fordult elő.



A meteorológiai megfigyelő állomás a Himalájában



A Piramis megfigyelő és műszerközpont

Az Ev-K2-CNR kutató közösség egy autonóm, nonprofit társaság, amely honlapjuk szerint hegyi területekkel kapcsolatos tudományos és technológiai kutatásokkal foglalkozik. Kiemelt hangsúlyt helyeznek a hindu Kushra-Karakorum-Himalája (HKKH) régióban és a Nepál területén folyó munkákra. Az itt folyó munkák központja Piramis Laboratórium/Obszervatórium, ami 5050 méter tengerszint feletti magasságban található.

A nepáli éghajlati obszervatórium, a Piramis (NCO-P, 27,95°N, 86,82°E) a tengerszint felett 5079 méteres magasságban helyezkedik el a Sagarmatha Nemzeti Parkban, Kelet-Nepálban a Himalájában, a Mount Everest közelében. A területek különösen a hideg hónapokban és a nyári monszun alatt rövid ideig hóval borítottak. A kutatási terv alapvető célkitűzése, hogy a mérések szennyező anyagok antropogén forrásaitól minél távolabb legyenek.

Az Ev-K2-CNR kutatás programja magába foglal földtudományi, környezetvédelmi, orvostudományi és fiziológiai, antropológiai témákat. Profiljukba beletartozik új technológiák fejlesztése is. Az Ev-K2-CNR projekt szervezett, széles skálájú integrált multidiszciplináris programok együttese. Ev-K2-CNR Association az olasz Nemzeti Kutatási Tanács (CNR) által támogatott és fenntartott program, amely, a nemzeti és nemzetközi tudományos együttműködések hálózatán keresztül beépül kor-

mányzati és kormányközi szervezetek tevékenységébe, követi azok prioritásait összhangban az ENSZ célkitűzéseivel. Több projektet hajtanak végre együttműködve a UNEP-pel és a WMO-val, valamint nemzetközi tudományos intézményekkel és NGO-kal.

Az Ev-K2-CNR története hosszú múltra tekint vissza, s létrejöttét egy meghökkentő jelentésnek köszönheti. Az



A Piramis a hegytetőről nézve

egész akkor kezdődött, amikor egy amerikai expedíció 1986-ban arról számolt be, hogy méréseik szerint a K2 magasabb, mint a Mount Everest. *Agostino Da Polenza* és *Ardito Desio* professzor nem hittek ebben, s ugyanakkor nem tudtak ellenállni annak a kihívásnak, hogy utánanézzenek a dolognak. 1987-ben tudományos kutatókat és hegymászókat mozgósítottak az olasz Nemzeti Kutatási Tanács (CNR) keretében, hogy indítsák el Ev-K2-CNR Projectet. Olyan expedíciókat szerveztek, amik vállalkoztak a hegymászásra extrém körülmények között, hajlandók voltak szolgálni a tudományos kutatást, és nem utolsó sorban újból, hitelt érdemlően megmérni mindkét csúcs magasságát. Ennek során a hagyományos mérési technikák mellett innovatív GPS méréseket is végeztek. Megerősítették, hogy Mount Everest jogosan használja a legmagasabb hegy címét. Két évvel később megalapították az Ev-K2-CNR Bizottságot abból a célból, hogy továbbra is különleges technológiai és tudományos kutatásokat végezhessenek a HKKH régióban.

A legutolsó, a benne résztvevők által nagy örömmel közzétett teljes beszámoló az 2013-as a SHARE jelentés kiadásán és a 2012-es SHARE meteorológiai jelentések összefoglalásán alapul. A jelentésnek az a célja, hogy megmutassa a fő kutatási tevékenységeket és eredményeket, amik megvalósultak a SHARE program keretében. SHARE: *Stations at High Altitude for Research on the Environment*. Most már a legfőbb célkitűzés az éghajlatváltozással való kapcsolatos ismeretek bővítése, a felmelegedésnek a hegyi régiókra gyakorolt hatásainak vizsgálata. Ezek több szempontból is egyedülálló információk, mivel ilyen magasan más mérések nincsenek. Az adatsorok hossza lassan megközelíti a 10 évet, s ebből a szempontból is egyedülállók. Ezek az egyedi információk mindenképp hasznosíthatók a fenntartható fejlődés és a kidolgozásra kerülő stratégiák szempontjából, amelyet mind a nemzetközi tudományos közösségek, mint a döntéshozók hasznosítani tudnak. A SHARE projekt négy elemből tevődik össze: *Work Packages-Scientific Research; Climate, Technological Research; Climate, Information System és Capacity Building*.



Magas hegyvidéki meteorológiai állomás

Mindegyik egységhez különböző tevékenységek tartoznak. A 2014-ben közreadott jelentés három részből áll. Az első rész összefoglalja, különböző felsorolásokon keresztül, mindazon tevékenységeket, amelyeket megvalósítottak a különböző SHARE munkaprogramokban. A jelentés ezen részében egy gyors áttekintése is olvasható a vállalt feladatok leírása mellett. A második rész mutatja be a kapott eredményeket, az azonosított mérési célokat, amelyek 2013-ban egy-egy területen végrehajtásra kerültek. A harmadik részben kerül bemutatásra két befejezett Pilot project, a SHARE STELVIO és SHARE PAPRIKA eredményei. A másik 2014-ben közzétett publikáció a 2012-es év meteorológiai adattárát adja közre, azokat az adatokat, amelyeket a tizenhárom automata meteorológiai állomás (AWSs) gyűjtött, valamint a három csillagvizsgáló (ATM), amelyet a világ legmagasabban elhelyezett állomásairól gyűjtöttek össze, a SHARE hálózatban. A légköri viszonyokat leíró adatokat először tették közzé. Az adatokat, amelyeket ebben a magasságban gyűjtöttek, elsősorban a különféle nemzetközi éghajlati-környezeti programokba kívánják beépíteni, a különböző, a témában érdekelt nemzetközi szervezetekkel együttműködve: UNEP, WMO-GAW, NASA AERONET.

Az érdeklődő olvasó további információkat a kutatási projektről és a kutatási eredményekről a *www.evk2cnr.org/cms/en/home.html* és a *www.evk2cnr.org/cms/en/evk2cnr_committee/presentation/* honlapokon talál, ahol időnként álláshirdetések is megjelennek.

Nem kizárt, hogy egyszer kalandvágyó magyar kutatók is eljuthatnak a Mount Everest közelébe. Ha így történik, kérjük, hogy a **LÉGKÖR**-t feltétlenül tájékoztassák!

2014 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA
WEATHER OF SUMMER 2014

Vincze Enikő, Kovács Tamás

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., vincze.e@met.hu; kovacs.t@met.hu

2014 nyara megtörte az utóbbi évek aszályos, forró nyári időszakainak sorát hazánkban: idén elmaradtak a hőhullámok, hőségriadók és a perzselő meleg, illetve 2006 óta ez az első olyan nyári időszak, mely nem az első 15 legmelegebb között szerepel az 1901-től induló adatsorok között. Ezzel együtt azonban az is elmondható, hogy a nyári középhőmérséklet az interpolált adatok alapján fél fokkal magasabb volt az 1971-2000-es normálnál országos átlagban; az idei volt a 37. legmelegebb nyár hazánkban 1901 óta. A csapadékmennyiségekben is nagy változások történtek a korábbiakhoz képest: az elmúlt évekkel szöges ellentétben idén nyáron országszerte sok helyen előfordult, hogy a megszokott csapadékmennyiség többszörösét jegyeztük. A nyári csapadékösszegek hosszú idősorát tekintve a 2014-es nyár a 19. legcsapadékosabbnak számít 1901 óta. A hőmérséklet és a csapadékmennyiségek összefüggéseként megemlítjük, hogy a 2014-hez hasonlóan csapadékos nyarak hűvösebbek szoktak lenni a fokozott felhőképződés miatt – júliust emeljük ki, melynek időjárása néha már-már trópusi jellegűnek is beillett.

Június. A hónap átlag alatti napi középhőmérsékletekkel indult, az 5-e és 13-a közötti időszakban azonban már jóval melegebb volt a megszokottnál. A legmagasabb júniusi napi középhőmérséklet 10-én jelentkezett, ekkor országos átlagban 25 °C-nál is melegebb volt. A havi középhőmérséklet zömmel 19−21 °C között alakult az ország területén, az értékekben Ny/ÉNy-DK irányú növekedés volt jellemző. Csak az Északi-középhegységben jelentkeztek 15 °C alatti júniusi értékek. A sokévi átlaghoz képest (1971−2000) a legtöbb helyen +0,5−1 °C anomália adódott. A nyugati országrészen előfordult a normálnál 2 °C-kal magasabb havi átlag is, míg az északi határszélen fél fokkal hűvösebb volt a megszokottnál. Országos átlagban 17 nyári napot regisztráltunk (napi maximumhőmérséklet, azaz $t_x \geq 25$ °C), mely kettővel több a sokévi átlagnál. Hőségnapból ($t_x \geq 30$ °C) a megszokott mennyiség duplája jelentkezett (normál: 3; 2014. nyár: 6 nap). A sokévi átlagnak megfelelően forró nap nem fordult elő idén nyáron.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***36,5 °C, Budakalász** (Pest megye), június 10.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***2,9 °C, Nyírlugos** (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye), június 3.*

A június – még a korábbi évek forgatókönyvébe beleillően – az átlagtól jóval elmaradó csapadékösszegekkel telt, a normál mindössze 54 %-át regisztráltuk, mellyel az idei a 10. legszárazabb június hazánkban. A havi csapadékösszeg az ország legnagyobb részén 30−45 mm között alakult. A déli-délnyugati országrész csapadékosabbnak bizonyult (50−90 mm), míg északon-északkeleten nem volt ritka a 15 mm alatti érték. A csapadékmennyiség országos havi átlaga 39 mm körül alakult, mely a júniusi normál mindössze 55 %-át teszi ki. Északkeleten volt a legnagyobb mértékű a hiány a sokévi átlaghoz képest, itt a megszokott mennyiség 5−30 %-át regisztráltuk. Jelentősebb csapadék mindössze a hónap vége felé jelentkezett hazánk teljes területének átlagában, a két legcsapadékosabb nap 23-a és 30-a volt. Ugyanakkor egészen 23-áig zömmel 1 mm alatti átlagos csapadékösszegeket figyelhettünk meg országos átlagban. A száraz júniusnak megfelelően a megszokottnál kevesebb csapadékos napot (napi csapadékösszeg, azaz $r \geq 0{,}1$ mm) jegyeztünk a hónap során (normál: 11 nap; 2014. június: 7 nap). Zivataros napból is kevesebbet figyeltünk meg (normál: 4 nap; 2014. június: 2 nap).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***99,5 mm, Zalatárnok** (Zala megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***3,0 mm, Vásárosnamény** (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***52,0 mm, Zalalövő** (Zala megye), június 3.*

Július. A július havi középhőmérséklet zömmel 21-22 °C között alakult az országban. A legmelegebb területek a Tisza vonalában és a keleti régióban, illetve a Duna felső szakaszán jelentkeztek (22-23 °C közötti átlagok), alacsonyabb átlagok a magasabban fekvő területeinken voltak jellemzőek (16-20 °C között). Az ország legnagyobb területein +0,5−1,5 °C közötti középhőmérsékleti anomália volt jellemző a havi átlagok tekintetében, és ennek DNy-ÉK irányú növekedését figyelhettük meg: míg a délnyugati határszélen legfeljebb +0,5 °C-kal volt melegebb a megszokottnál, északon több helyen a normálnál 1,5−2,5 °C-kal is magasabb átlagokat jegyeztünk. A napi középhőmérsékletek a hónap során jellemzően a sokévi átlag felett alakultak. A július 4−7. és 14−21. időszakokban az ország időjárását anticiklonális viszonyok határozták meg, hatásaként a megszokottnál több fokkal is melegebb volt hazánkban. Országos átlagban a legmelegebb nap júliusban a 7-e és a 21-e volt (országos átlaghőmérséklet 25,1 °C). A leghűvösebb napnak a 11-e bizonyult (16,8 °C). 25 nyári napot (normál: 21 nap) és 9 hőségnapot (normál: 7 nap) jegyeztünk júliusban országos átlagban. A normálnak megfelelően forró nap nem jelentkezett.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***35,7 °C, Berettyóújfalu** (Hajdú-Bihar megye), július 7.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***6,3 °C, Zabar** (Nógrád megye), július 2.*

A júniusi szárazság után a nyár hátralévő része a jelentős csapadéktöbblet jegyében telt. Júliusban a szokásos mennyiség majdnem duplája jelentkezett országos átlagban, ezzel az idei az 5. legcsapadékosabb július 1901 óta. Hazánk legnagyobb részén 100 és 200 mm között alakult a havi csapadékösszeg. Jellemzően a Dunától keletre hullottak a legnagyobb mennyiségek. Az országos átlag 120 mm, mely a megszokott mennyiség mintegy 183 %-a. A legmagasabb havi összeget Budapest Rákoscsabán jegyeztük (269,2 mm), a legkevesebb csapadékot Nagy-Hideg-hegy állomásunkról jelentették (18,2 mm). Az egyes területekre számított 1971-2000-es átlagokhoz képest a legnagyobb csapadéktöbbletek a DK-i országrészben jelentkeztek, itt a megszokott mennyiségnek nem ritkán a háromszorosa-négyszerese is lehullott. Az északi országrészben és DNy-on volt megfigyelhető alacsonyabb mennyiség, itt a normál 80-140 %-áról számolhatunk be. A napi menetet tekintve a jelentős csapadéktöbblet több hullámban jelentkezett az országos átlagok alapján. A legcsapadékosabb időszakok a hónap eleje, majd a 8-a és 11-e közötti napok, ezt követően 22−23-án, illetve 27-én és 30-án is jelentősen meghaladta a lehullott mennyiség a sokévi átlagokat. A teljes ország területét figyelembe véve 11-én esett átlagban a legtöbb eső hazánkban (országos átlagos napi csapadékösszeg 16,6 mm), de kiugró még a 22-én és a 30-án jegyzett összeg is. Új rekord született a csapadék napi maximumára július 30-án (101,6 mm, Jánossomorja). 13 csapadékos nap fordult elő országos átlagban idén júliusban hazánk területén (normál: 9 nap), zivataros napból pedig eggyel jegyeztünk többet a sokévi átlagnál (normál: 4 nap; 2014. július: 5 nap).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***269,2 mm, Budapest Rákoscsaba** (XVII. kerület, Rákosmente)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***18,2 mm, Nagy-Hideg-hegy** (Pest megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***101,6 mm, Jánossomorja** (Győr-Moson-Sopron megye), július 30.*

Augusztus. A legnagyobb területen 19−21 °C között alakult a havi átlaghőmérséklet. Egészen a Tisza vonaláig hűvösebb volt a szokásosnál az idei augusztus, leginkább nyugaton és északon maradtak el a hőmérsékleti értékek a normáltól (-0,5 és -1 °C közötti anomália). Keleten valamelyest melegebb volt a megszokottnál: jellemzően 0 és +0,5 °C közötti eltérés jelentkezett, a legnagyobb anomália értéke 0,5-1 °C közötti volt. A hónap a megszokottnál magasabb átlaghőmérsékletű napokkal kezdődött, azonban 14-étől drasztikus változás lépett fel: augusztus második felében az átlagtól elmaradó értékek váltak uralkodóvá, és csak az utolsó egy-két napban emelkedett a középhőmérséklet a sokévi átlagnak megfelelő, vagy azt meghaladó szintre. Nyári napból a megszokottnál kicsit kevesebb fordult elő idén augusz-

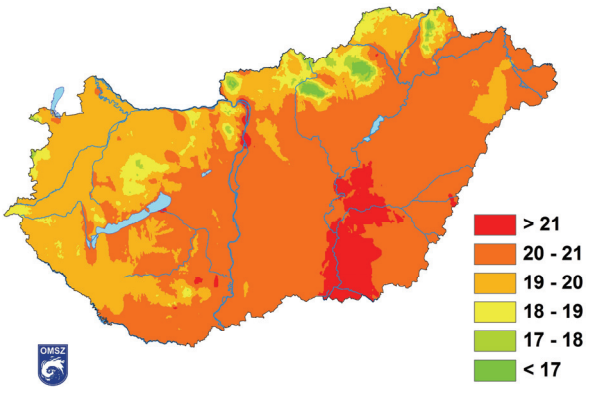
tusban (normál: 20 nap; 2014. augusztus: 17 nap), ahogy hőségnapból is (normál: 7; 2014. augusztus: 4). A sokévi átlag alapján augusztusban országos átlagban egy forró nap szokott jelentkezni, idén azonban egyet sem jegyeztünk. A legalacsonyabb napi minimumhőmérsékletre augusztus 18-án új rekord született (4,9 °C, Zabar).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
35,1 °C, Tuzsér *(Szabolcs-Szatmár-Bereg megye), augusztus 2.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
2,8 °C, Zabar *(Nógrád megye), augusztus 29.*

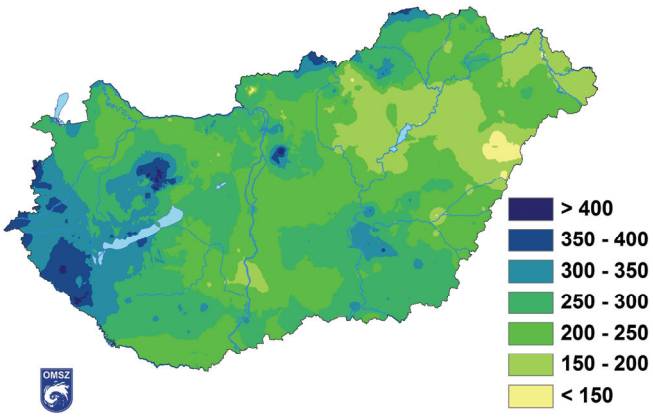
Augusztusban is bőven a sokévi átlag felett alakult az országos átlagos csapadékösszeg, a normál 170 %-a hullott le hazánk területén. Az idei augusztus ezzel a 12. legcsapadékosabb augusztus 1901 óta. A Tisza vonaláig hullott a legtöbb csapadék az országban, keletre jutott kevesebb. A nyugati országrészben a legnagyobb területeken 120-150 mm közötti csapadékmennyiséget jegyeztünk, keleten jellemzően 30-55 mm közötti ez az érték. A sokévi átlaghoz képest Budapest környékén és a nyugati országrészben jelentkezett a legnagyobb pozitív anomália: Pest-megye több településén a megszokott mennyiség több mint három és félszerese hullott le, nyugaton pedig jellemzően több mint kétszerese. Keleten 60-160 % közötti mennyiségekről érkezett beszámoló. A napi menetet illetően országos átlagban augusztus utolsó napja bizonyult a legcsapadékosabbnak. A megszokottnál csapadékosabb volt még a 3-a és 9-e közötti időszak is.

A hónap során mindössze öt napon nem hullott mérhető mennyiségű csapadék országos átlagban. 3-mal több csapadékos napot jegyeztünk augusztusban a sokévi átlagnál (normál: 11; 2014. augusztus: 8 nap), zivataros napból pedig 4-et figyelhettünk meg (normál: 3 nap).

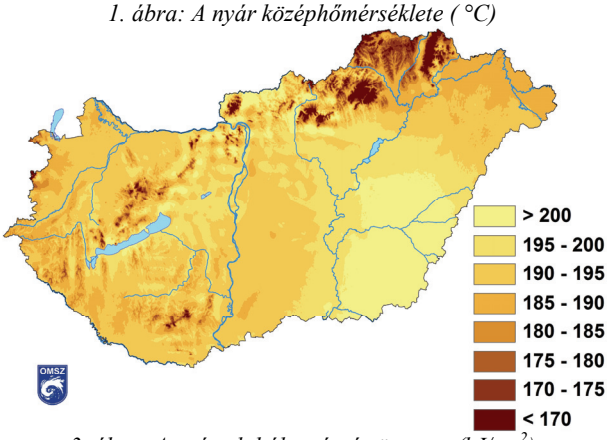
A hónap legnagyobb csapadékösszege:
233,6 mm, Karancskeszi *(Nógrád megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
18,5 mm, Székkutas *(Csongrád megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
116,2 mm, „Pankota” állomás *(Csongrád-megye), augusztus 6.*



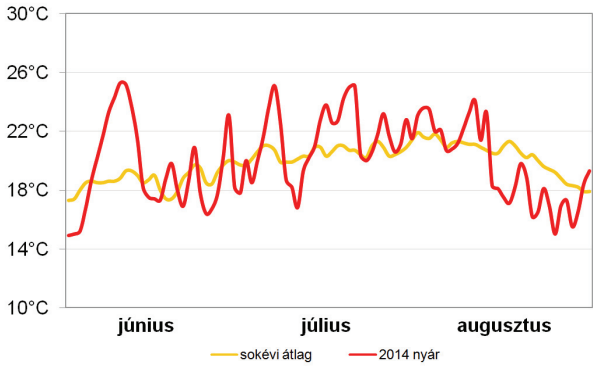
1. ábra: A nyár középhőmérséklete (°C)



2. ábra: A nyár csapadékösszege (mm)



3. ábra: A nyár globálsugárzás összege (kJ/cm^2)



4. ábra: A nyár napi középhőmérsékletei és a sokévi átlag (°C)

A 2014. nyár időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Sugárzás (kJ/cm^2)	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 napok
Szombathely	805	90	194	19,7	0,8	33	06.11	7,1	08.25	355	159	27	4
Nagykanizsa	-	-	189	19,6	0,6	34,1	06.11	6,5	06.04	330	132	27	3
Siófok	-	-	-	21,6	1,0	33,5	07.20	10,9	08.29	283	154	26	15
Pécs	834	18	195	20,7	0,6	33	06.11	9,6	06.03	257	124	28	5
Budapest	876	84	191	21,3	0,9	35	06.10	8	08.28	407	257	27	2
Kékestető	701	-55	176	15,0	0,6	26,1	06.10	5,6	06.03	301	120	27	5
Szolnok	848	39	197	21,2	0,7	34,7	06.10	7,8	08.25	209	124	22	5
Szeged	916	123	203	20,8	0,4	34,5	06.10	8	08.28	326	183	25	8
Nyíregyháza	-	-	195	20,2	0,6	33,6	07.08	7,9	08.28	205	115	24	5
Debrecen	931	145	194	21,0	1,1	34,1	06.10	6,1	06.03	132	70	19	5
Békéscsaba			204	20,8	0,8	34,1	06.10	7,1	06.04	270	144	24	8

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

HISTORICAL PORTRAITS

Varga Miklós
Magyar Meteorológiai Társaság, 1525 Budapest Pf. 38., *legkor@met.hu*

BERÉNYI DÉNES

Karánsebes, 1900. szeptember 21. – Debrecen, 1971. november 30.



A Nagyváradon 1920-ban letett érettségi után lett a Debreceni Egyetem hallgatója, ahol 1926-ban kapott középiskolai tanári oklevelet, majd 1927-ben ugyanitt bölcsésztudományi doktorátust szerzett. Ennek birtokában nevezték ki egyetemi tanársegédnek a Földrajzi Tanszékre. Egyetemi pályafutása során rendre elért minden egyetemi oktatói fokozatot, s végül tanszékvezető egyetemi tanárként ment nyugdíjba. Az egyetem sporttelepén 1928-ban meteorológiai állomást létesített, amelyet később obszervatóriummá fejlesztett. A 30-as évek második felében a Földrajzi Tanszék oktatási keretén belül elsősorban meteorológiai jellegű tárgyakat oktatott, mikroklímát (1934−35), majd két szemeszteren át dinamikus meteorológiát (1935−37). Foglalkozott a meteorológia gyakorlati kérdéseivel is. Adott elő műszertant, mérési módszertant és agrometeorológiai mérések metodikáját is.

Kutatói és oktatói pályafutásán a politikai helyzet, a világháború nem várt *törést* okozott. Az 1944. december 22-én Debrecenben megalakult Ideiglenes Kormány Budapestre költözéséig őt bízta meg a Meteorológiai Intézet vezetésével. A hivatalos iratok szerint 1945. február 3-a és 1945. május 3-a között volt az OMFI *(Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet)* megbízott igazgatója.

A Debreceni Egyetem Természettudományi Karának megalakulásakor, 1949-ben, az akkor már neves egyetemi meteorológiai intézet önállósult és 1951-től, mint az egyetem Meteorológiai Tanszéke működött. A Tanszék vezetésével Berényi Dénest bízták meg. Az egyetemi tanári kinevezést 1952-ben vehette át. Ugyanebben az évben megszerezte a mezőgazdasági tudományok kandidátusa fokozatot. A Természettudományi Karnak 1958 és 1962 között volt dékánja. 1968-ban vonult nyugdíjba, de 1971-ben bekövetkezett haláláig aktívan részt vett a Tanszék munkájában.

Tudományos kutatatói pályafutásának eredményeit hat könyvben és mintegy 80 cikkben, közleményben tette közzé. Ezek közül kiemelkedik az 1951-ben Aujeszky Lászlóval és Béll Bélával közösen írt *Mezőgazdasági meteorológia*, valamint a témakörben összefoglaló jellegű *Mikrometeorologie*, ami 1967-ben jelent meg. A negyven évnél hosszabb pályafutása alatt tehetséges utódok, kutatók és oktatók kerültek ki szárnyai alól. Munkásságát a kormányzat Munkaérdemrenddel és az Oktatásügy Kiváló dolgozója címmel, a Magyar Meteorológiai Társaság pedig Steiner Lajos és Hegyfoky Kabos emlékérem adományozásával ismerte el.

Emlékét őrzi az MMT *Berényi Dénes Emlékdíja,* amit a Társaság, elsősorban az agrometeorológiában kiemelkedőt nyújtó tagjainak, 1993 óta ad át.