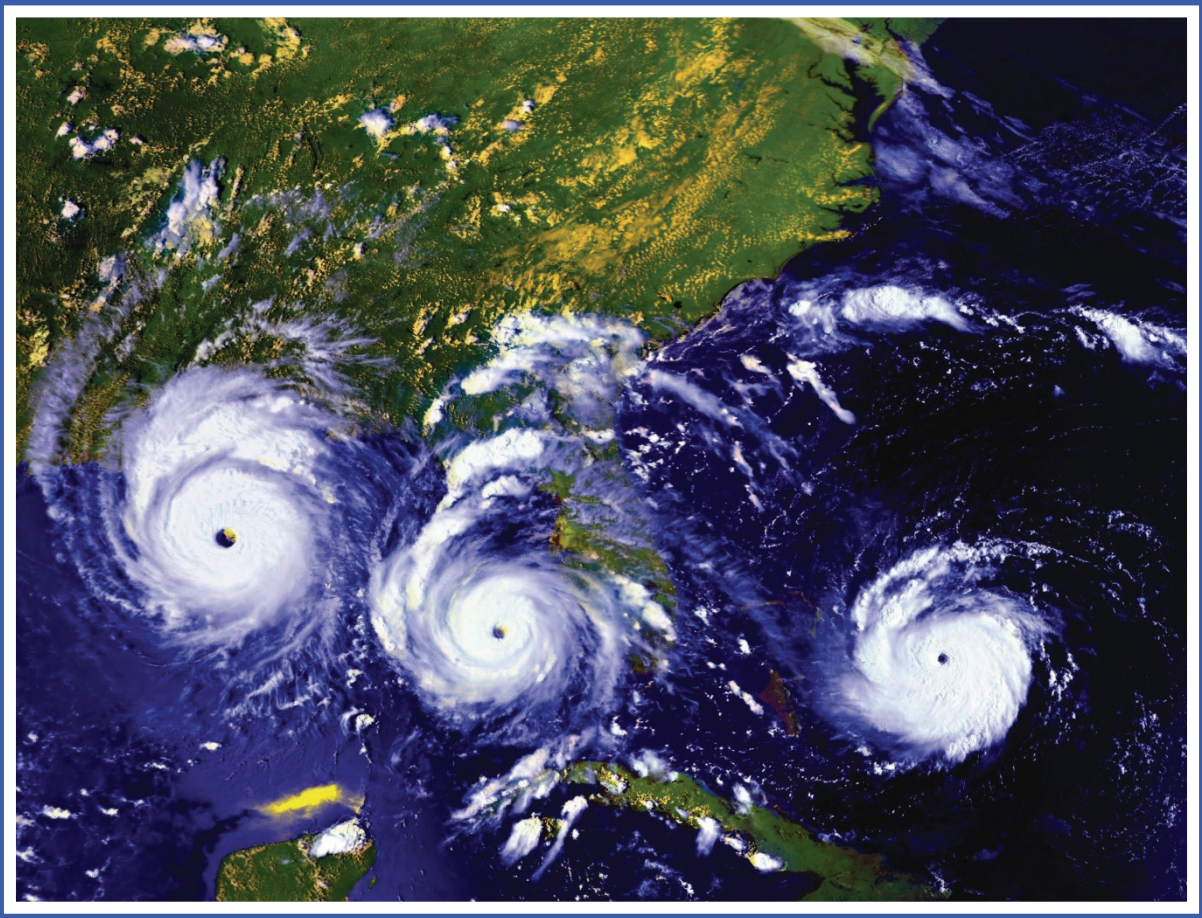
LÉGKÖR

58. évfolyam

2013. 4. szám



Tavaszi kökörcsin, Simon André felvétele

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 ábra is tartozik, 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, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

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

LÉGKÖR
58. évfolyam
2013. 4. szám

Felelős szerkesztő:
Dunkel Zoltán
a szerkesztőbizottság elnöke

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

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Radics Kornélia
az OMSZ elnöke

Készült:
HM Zrínyi Térképészeti Kft.
nyomdájában
800 példányban
Megjelent: 2014. június

Felelős vezető:
Dr. Bozsonyi Károly
igazgató

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
Az Andrew hurrikán fejlődése, 1992. augusztus 23, 24 és 25-én
(GOES project; http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=78948)
Tavaszi kökörcsin, Simon André felvétele 134
Szerzőink figyelmébe 134

TANULMÁNYOK
Fejős Ádám és Tasnádi Péter: **Hogyan működnek a hurrikánok?** 136
Lelovics Enikő, Unger János és Gál Tamás: **A lokális klímazónák termikus sajátos ságainak elemzése – szegedi esettanulmány** 142
Németh Ákos: **A Balaton térségének termikus komfort viszonyai és annak változásai** 145
Lázár Dóra: **Mikrocsapadékok mérési módszerei és vizsgálata Magyarországon** 150
Kovács Erik és Puskás János: **Az éghajlati paraméterek és a szőlő fenológiai vizsgálata Kerkamente, Muramente és Muravidék területén** 156
Zsikla Ágota: **A 2013. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról** 161

KÖZLEMÉNYEK
Radics Kornélia az Országos Meteorológiai Szolgálat új elnöke 164

KRÓNIKA
Lábó Eszter és Radics Kornélia**: A meteorológia iránti elkötelezettség a legmagasabb diplomácia szintjén, a WMO főtitkár látogatása** 165
Tóth Róbert: **Szakmai úton Kirgizisztánban** 168
Somfalvi-Tóth Katalin: **Kislexikon** 170
Tar Károly és Németh István: **Hegyfoky Kabos Szavalóverseny** 171
Vincze Enikő: **2013 őszének időjárása** 172
Az 58. évfolyam (2013) szerzői 174
Varga Miklós: **Történelmi arcképek – Réthly Antal** 175

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE
The development of Andrew hurricane 23, 24 and 25 August 1992
(GOES project; http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=78948)
Meadow anenome in spring, André Simon, Hungary 134
Instructions to authors of *LÉGKÖR* 134

STUDIES
Ádám Fejős and Péter Tasnádi: **How do Hurricanes work**? 136
Enikő Lelovics, János Unger and Tamás Gál**: Evaluation of the Thermal Features of the Local Climate Zones – a case study in Szeged** 142
Ákos Németh: **Thermal Comfort Conditions and its Changes in Lake Balaton Region** 145
Dóra Lázár: **Measurement Methods and Examination of Microprecipitation in Hungary** 150
Ágota Zsikla: **About the Storm Warning Season of 2013 at Lake Balaton and Velence** 161

COMMUNICATIONS
The new President of Hungarian Meteorological Service: Kornelia Radics 164

CHRONICLE
Eszter Lábó and Kornélia Radics: **Commitment to Meteorology at High-Level Diplomacy, the Visit of Secertary General of WMO** 165
Róbert Tóth: **Mission to Kyrgyzstan** 168
Katalin Somfalvi-Tóth: **Pocket Encyclopaedia** 170
Károly Tar and István Németh: **Kabos Hegyfoky's Reciting Contest** 171
Enikő Vincze: **Weather of Autumn 2013** 172
Authors of Volume 58 (2013) 174
Miklós Varga: **Historical Portraits – Antal Réthly** 175

HOGYAN MŰKÖDNEK A HURRIKÁNOK?

HOW DO HURRICANES WORK?

Fejős Ádám, Tasnádi Péter
ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
fejos.adam@gmail.com, tasi@ludens.elte.hu

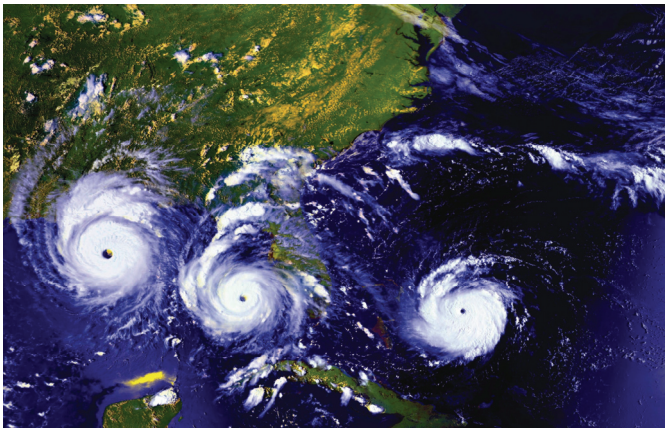
Összefoglalás. A hurrikánokat gyakran légköri hőerőgépnek is nevezik. Jelen írásban a hurrikánok termodinamikájának alapjait ismertetjük, kiemelt figyelmet szentelve a Carnot-ciklussal történő közelítésnek. Kitérünk a termodinamikai leírás vitatott kérdéseire és foglalkozunk a „szuperhurrikán" elmélettel és kritikájával. Végül felvetjük a véges idejű vagy *endoreverzibilis* termodinamika alkalmazásának lehetőségét a hurrikánok energetikájának leírásában.

Abstract. Hurricanes are often called the 'heat-engines of the atmosphere'. In the present paper the basics of hurricane thermodynamics with advanced focus on the descriptions by Carnot-cycle is considered. A few controversial topics on the thermodynamic models including the 'Super cane' theory are also discussed. Finally the idea of applying a finite time or *endoreversible* thermodynamics to investigate the energetics of hurricanes is introduced.

Bevezetés. A trópusi ciklonok (hurrikánok) Európa időjárásában ugyan nem játszanak fontos szerepet, mégis érdemes megvizsgálnunk őket, mert pusztító hatásukról a sajtóban sokat hallunk, s elméleti leírásuk is igen tanulságos. A hurrikán a légkörben zajló folyamatok egyik legösszetettebb jelensége. *Emanuel* (1991) állítása szerint évente körülbelül 50 örvénylő rendszer alakul ki a trópusi vizek fölött, amely hurrikánná fejlődik, ezek közül jó néhány el is éri a szárazföldet. A pusztító erejű szelekkel és felhőszakadással járó hurrikánok amellett, hogy gyakran emberi áldozatokat is szednek, mindig igen komoly anyagi károkat okoznak. Mindemellett számunkra nem csak kuriózumok a trópusi ciklonok, hanem mivel gyakran átalakulnak mérsékelt égövi ciklonná, valódi, időjárásunkat is meghatározó légköri objektumok. Mik a feltételei a hurrikánok keletkezésének? Hogyan működik egy hurrikán? Milyen egyszerű módszerekkel írhatjuk le a hurrikánok termodinamikáját? Ezekre a kérdésekre keressük a választ az alábbi írással.

A hurrikán meghatározása és keletkezési feltételei. Azokat a trópusi vizek fölött keletkező ciklonális forgásiránnyal örvénylő rendszereket, melyek felszíni területén a szélsebesség legalább 32 ms^{-1}, a kialakulási helytől függően hurrikánnak/tájfunnak/trópusi ciklonnak nevezzük. Az ilyen pusztító erejű viharok kialakulásához és fennmaradásához koncentrált energiaforrás szükséges. Ez az energiaforrás nem más mint a Föld trópusi szélességein elhelyezkedő óceánok meleg tengervize. A hurrikán „csíra" a meleg (kb. 27 °C-os, azaz 300 K hőmérsékletű) óceán felszín fölött keletkező nyomási depresszió, amelyben a felszínnel érintkező nedves légtömeg összeáramlik és adiabatikus emelkedésbe kezd. A beáramló levegőt a Coriolis-erő forgatja meg, ezért a hurrikánok az 5. és a 15. szélességi körök között keletkeznek, ahol a tengervíz nagyon meleg és a *Coriolis erő* is elegendően nagy. A ciklonális mezőben heves feláramlás kezdődik, amelyben a levegő lehűl és páratartalma kicsapódik, létrejönnek a felhőkarok (*1.ábra*). A kicsapódáskor felszabaduló hő a levegőt melegíti, így az adiabatikus hűlés ellenére a trópusi ciklon középpontja meleg marad, kialakul a „forró torony"-nak nevezett képződmény, ami már a heves vihar előjele. A feláramló levegő a magasban széttartóvá válik, s emiatt forgásiránya anticiklonális lesz. A folyamatok részletes leírása nem lehet egy rövid cikk témája, ebben a dolgozatban csak a hurrikánok fizikájának globális megértését segítő termodinamikai kérdésekre térünk ki.

A hurrikánok termodinamikája. A kilencvenes évek második felétől kezdve napjainkig heves vitát váltott ki a hurrikánok termodinamikájának tárgyalása. Kerry Emanuel, az MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) professzora szerint a trópusi ciklonokat légköri hőerőgépként kezelhetjük, hiszen energetikailag nem történik más, mint a tenger belső energiájának mechanikai munkává (rendezett kinetikus energiává) való átalakítása. Modellje szerint a hurrikánok működése jó közelítéssel magyarázható a (*veszteséges*) Carnot-ciklussal.



1. ábra: Az Andrew hurrikán fejlődése, 1992.08.23, 24 és 25-én GOES-7 adatok, készítők: Hasler, F., Jentoft-Nilsen, M., Pierce, H., Palaniappan, K. és Manyin, M. (NASA)

Az ideális (*reverzibilis*) Carnot-ciklus jól ismert, a bevezető termodinamika tankönyvekből (*Budó*, 1977) tudjuk, hogy a két adiabatából és két izotermából álló körfolyamatban végzett W munka a T_m hőmérsékletű meleg hőtartályból felvett Q_m, és a T_h hőmérsékletű hideg hőtartálynak leadott Q_h hő különbsége. A körfolyamat hatásfoka:

$$\eta_C = \frac{T_m - T_n}{T_m} \qquad (1)$$

A kérdés már csak az, hogy milyen körülmények között zajlik az energiacsere és a levegő mozgásában hogyan különíthetőek el a termodinamikai diagramon megjeleníthető folyamat szakaszai. Kérdéses, hogy mik a hőerőgép hőtartályai, mi a munkaközeg, és a végzett munka mire fordítódik?

A hurrikánok Carnot-ciklusának szakaszai. A *2. ábra Emanuel* (1991) nyomán, a Carnot-ciklus részfolyamatait mutatja az idealizált, tengelyszimmetrikus hurrikán metszeti képén.

(a → c) A meleg tengerfelszín jó közelítéssel állandó hőmérsékleten tartja a levegőt, ami a konvergencia hatására elkezd beáramlani a hurrikán középpontja (*c* pont) felé. Az áramló levegő a hatalmas kiterjedésű óceán felett gyakorlatilag telítetté válik. A felszínen a konvergencia következtében már elkezdődik az örvénylő mozgás, ami a szinoptikus skálájú rendezett feláramlás alapvető feltétele.

(c → o) A telített meleg levegő az így kialakult áramlási rendszerben emelkedésbe kezd. Az emelkedő légrész pályáját az abszolút impulzusmomentum megmaradása határozza meg [Emanuel, 1986], ugyanakkor a feláramlás jó közelítéssel nedves adiabatikus. Az adiabatikus feláramlásban a levegő lehűl, csapadék képződik és heves zivatarok keletkeznek. A csapadékképződéskor, mint már említettük, hő szabadul fel, emiatt a ciklon magja meleg marad. Az emelkedő levegő mozgása lassul, kialakul a divergens zóna és a szétterülő levegő a kiáramlás során messze kerül a ciklon középpontjától (*o* pont). A sematikus kép szerint itt kezdődik az ereszkedő légmozgás és a hőleadás.

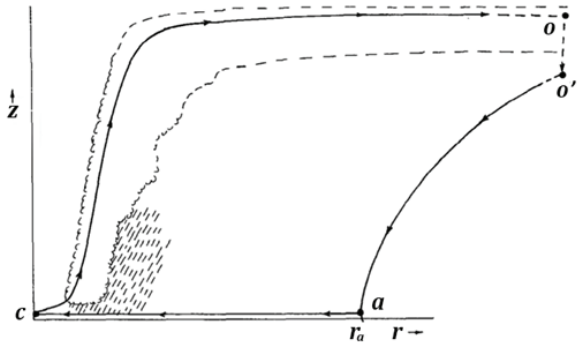
(o → o') Ebben a magasságban a levegő jó közelítéssel azonos hőmérsékletű felhőelemek között tartózkodik, ráadásul a sztratoszféra alsó rétege miatt a hőmérséklet magassággal való változása igen csekély (itt vált előjelet a vertikális hőmérsékleti gradiens) és adott hőmérsékleten hőt ad le. Ezt a rövid szakaszt a modell szerint izotermikusnak tekintjük. Az izotermikus szakasz végét az *o'* jelöli.

(o' → a) A körfolyamatot az *o' a* szakasz zárja. A levegő ezen adiabatikusan áramlik lefelé, ugyanakkor – hasonlóan a (***c → o)*** szakaszhoz – az abszolút perdület megmaradása is teljesül.

A hurrikán Carnot-ciklusának hatásfoka. Amennyiben a valóságban nem lépne fel disszipáció illetve termodinamikai irreverzibilitás, akkor a kifejlett hurrikánban lévő levegőrészek ideális Carnot-ciklust írnának le, a körfolyamat hatásfokát az (1) összefüggés határozná meg.

A hurrikán esetén T_{m} (kb. 300 K) a meleg tengervíz hőmérséklete, míg T_{h} (kb. 200 K) a hideg hőtartálynak tekinthető tropopauza hőmérsékletét jelöli. Ideális esetben tehát ennek a ciklusnak a hatásfoka 1/3 lenne.

Érdemes azonban kissé részletesebben megvizsgálni a szokásos Carnot-gépek és a hurrikán Carnot-ciklusának sajátos vonásait. Az ideális Carnot-gépek két hőtartály között működnek, munkaközegük hőt vesz fel a meleg hőtartályból, és hőt ad le a hideg hőtartálynak. A kettő különbségét alakítja a gép valamilyen külső közegen végzett munkává. A Carnot-gépek hatásfoka azt mutatja meg, hogy a hőerőgép a felvett hőnek mekkora hányadát konvertálja munkává. Ebben az esetben azonban a ciklusban keletkezett munka a munkaközeg rendezett kinetikus energiájaként jelenik meg. A hőt maga a munkaközeg veszi fel és fordítja a levegő drift (vándorlási) sebességének növelésére. Figyelembe kell venni továbbá, hogy a hurrikán forgásának stacionárius szakaszában a levegő mozgása azonban néhány napra jó közelítéssel stacionáriussá válik, azaz a disszipáció felemészti a



2. ábra: A hurrikán, mint Carnot-gép

munkát. Ekkor a szélsebesség maximálissá válik és további kinetikus energia produkció nem jelenik meg a rendszerben. Amit a hurrikán termel, az azonnal disszipálódik.

Ezeket a problémákat elegánsan elfedi az, hogy az idealizált Carnot-körfolyamat végtelen lassan megy végbe, valódi teljesítmény tehát nem határozható meg.

Emanuel egyszerű modellje. A trópusi ciklonok életének érett szakaszában, mint említettük a felszíni szél már nem erősödik tovább, ilyenkor jó közelítéssel egyensúlyi áramlásról beszélhetünk. *Emanuel* (1986) tengelyszimmetrikus (az egyik horizontális koordináta mellőzését alkalmazó) modelljében a gradiens szél közelítést alkalmazta. Felhasználva, hogy a levegő emelkedése olyan adiabatikus folyamat, amelynek során az abszolút impulzusmomentum is megmarad, kapcsolatot talált a két hőtartály hőmérséklete és a hurrikán struktúrája, alakja között és egyszerű becslést adott a hurrikán maximális szélsebességére.

A szél erőssége általában a hurrikán középpontjához közel a határréteg tetején veszi fel maximumát, amit a mérések is alátámasztanak. A határréteg tetején mérhető szélsebesség azért fontos, mert jól mutatja, hogy mekkora kinetikus energia disszipálódik, amikor a hurrikán a sima vízfelszínről a szárazföld fölé érkezik. Ez a hirtelen energia disszipáció hatalmas pusztítással járhat.

A maximális szélsebességre vonatkozó számítások bonyolultak (*Bister and Emanuel, 1998*), ezért itt csak a legfontosabb eredményeket foglaljuk össze. Emanuel az abszolút impulzusmomentum és a telített nedves levegő ekvivalens potenciális hőmérsékletének radiális irányú megváltozását fejezte ki és az utóbbi mennyiséget értelemszerűen megfeleltette az entrópiának. Ezek átalakításával, valamint *Ooyama* (1969) határréteg lezárási módszerének alkalmazásával a határréteg tetején mérhető maximális szélsebesség négyzetére, azaz az egységnyi légtömeg kinetikus energiájára a

$$\frac{1}{2}V^2 = \frac{T_m - T_h}{T_m}\frac{1}{2}\frac{C_k}{C_D}(k^* - k) \qquad (2)$$

becslést kapta, ahol k^* és k a tengerfelszín feletti telített nedves levegő, illetve a határrétegbeli levegő fajlagos en-

talpiája, C_D és C_k a momentum és az entalpia kicserélődési együtthatói. A (2) egyenlet, bár levezetése nem egyszerű, fizikailag könnyen értelmezhető. Az egyenlet bal oldalán az egységnyi tömegű légtömeg kinetikus energiája áll, míg a jobboldal a felvett hő és a Carnot-hatásfok szorzata. A hurrikán Carnot-gépként történő felfogását ez jól indokolja, hiszen a levegő kinetikus energiája éppen a munkavégzést jelenti.

Az Emanuel-féle gondolatmenet itt úgy működik, mintha a Carnot-körfolyamat a stacionárius szakasz kezdetéig tartana, addig semmiféle disszipáció nem történne, így a felvett hőből kinetikus energiává konvertálódó rész éppen a maximális kinetikus energiát jelentené.

A „Supercane" (a hurrikánok leírása disszipáció figyelembevételével). A fenti tetszetős képet azonban elrontja, hogy a határréteg sem áramlástanilag, sem termodinamikailag nem ideális. A reverzibilis Carnot-körfolyamat kvázisztatikus, ami azt jelenti, hogy a ciklus végtelen hosszú idő alatt zajlana le. A hurrikán azonban folyamatosan „termeli" a kinetikus energiát, amelynek egy része a súrlódás hatására folyamatosan disszipálódik. A stacionárius szakaszban a disszipált energia megegyezik a termelt energiával. A hurrikánban végbemenő diszszipációs folyamat azért különleges, mert a disszipált energia a meleg hőtartályba kerül vissza hő formájában.

Ennek alapján Bister és Emanuel érdekes következtetésre jutott. (*Bister and Emanuel*, 1998). Úgy gondolták, hogy mivel a határrétegben fellépő disszipáció következményeként, a felvett hő a meleg hőtartályba (tenger) jut vissza, a hatásfok számításakor ezzel csökkenteni kell a felvett hőt.

Az összes felvett hő ebben az esetben tehát nem más, mint a tengerből felvett és a disszipált hő különbsége. Minthogy a stacionárius szakaszban a teljes munka disszipálódik, a felvett hőt a munkavégzéssel kell csökkenteni. Összességében tehát felírhatunk egy hatásfokhoz hasonló, η'-val jelölt összefüggést, ahol a felvett hő helyére beírjuk a felvett hő és a munka különbségét:

$$\eta' = \frac{W}{Q_f - W} = \frac{1}{\frac{Q_f}{W} - 1} = \frac{1}{\frac{T_m}{T_m - T_h} - 1} = \frac{T_m - T_h}{T_h} \qquad (3)$$

Ezzel a hatásfokkal Bister és Emanuel megismételte a maximális szélsebességre vonatkozó számítást és nem meglepő módon azt kapta, hogy a szélsbesség képletben a Carnot-hatásfok helyére η'-t kell írni:

$$V^2 = \frac{T_m - T_h}{T_h} \frac{C_k}{C_D} (k^* - k) \qquad (4)$$

Az $\eta' = \frac{T_m - T_h}{T_h}$ hatásfokot *Bister and Emanuel* (1998) *supercarnot*-hatásfoknak nevezte, amellyel a hurrikánok maximális szélsebességére adott becslés eredeti értéke éppen $\sqrt{\frac{T_m}{T_h}}$ szorosára nő. $T_m = 300$ K, és $T_h = 200$ K mellett $\sqrt{\frac{3}{2}}$ −szeresére.

Lehetséges-e a supercarnot-folyamat? A supercarnot hatásfok heves vitát váltott ki, hiszen azonnal látszik, hogy a fogalom számos problémát rejt magában. A supercarnot-hatásfok csak abban különbözik a Carnot hatásfoktól, hogy nevezőjében a Carnot-hatásfokkal szemben nem a meleg, hanem a hideg hőtartály hőmérséklete áll. Ez a hurrikánok hőmérsékleti körülményei között látszólag nem jelent problémát, ha azonban a hideg hőtartály hőmérséklete tart a nullához (a hőtartályt egyre közelebbinek tekintjük a világűrhöz), akkor a supercarnot-hatásfok végtelenhez tart. Ez azt jelenti, hogy η termodinamikai értelemben nem lehet hatásfok.

A hatásfok kérdését kissé mélyebben vizsgálva felmerül a kérdés, hogy a disszipált hő figyelembevételekor miért csak a felvett hőt módosítjuk, miért nem tesszük meg ezt a munkavégzéssel is, hiszen a hurrikán stacionárius szakaszában már nincsen kinetikus energiaprodukció.

Lényegében az utóbbi érv mentén fogalmazta meg kritikáját *Makarieva and Gorshkov* (2010), amikor a disszipációs elmélet termodinamikai hátterét mélyen elemezve arra a következtetésre jutott, hogy Bister és Emanuel gondolatmenete sérti a termodinamika törvényeit. Szerintük a stacionárius folyamatra vonatkozóan a disszipált hő visszatáplálása miatt a munkavégzés is zérus lesz, ezért értelmetlen a hurrikánokat Carnot-körfolyamattal modellezni.

Ezt az érvet Emanuel és munkatársai a munkavégzés és a disszipáció folyamatát jól elválasztó elméleti konstrukcióval cáfolták (*Bister et al.*, 2011). Tekintsük úgy a hurrikán és a felszín kölcsönhatását, hogy nincsen súrlódás, helyette azonban a hurrikán területén kialakuló széllel szélkereket hajtunk, s a szélkerék által végzett munka teszi állandóvá a hurrikánban a szélsebességet. Ezután a szélkerékkel áramot fejlesztünk, amivel hősugárzót működtetünk. A hősugárzóval pedig a tengervizet fűtjük. Ez a konstrukció a munkavégzést és a munka disszipációját elválasztja egymástól, és a hagyományos termodinamikai terminológiával jól követhetővé teszi a hurrikán által folyamatosan disszipált kinetikus energiát (*3. ábra*).

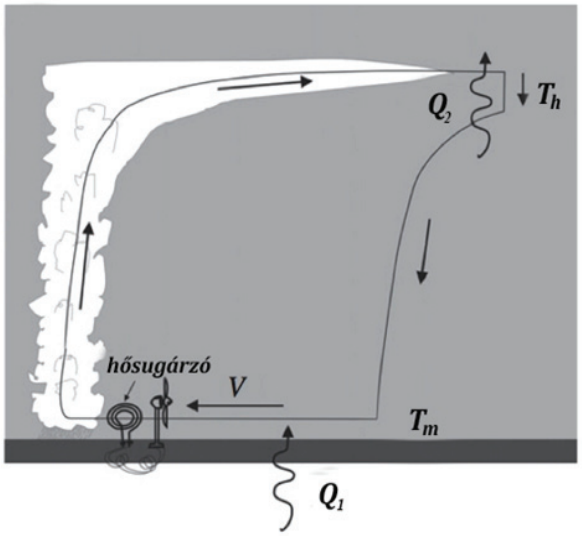
Ez az érv azonban semmiképpen sem vezethet a supercarnot-folyamatok létezésének elfogadásához, hiszen a supercarnot-hatásfok 1-nél nagyobb is lehet, ami fizikailag elfogadhatatlan.

Endoreverzibilis hőerőgépek. A hurrikánok termodinamikájának tárgyalásakor mindeddig nem vettük figyelembe a hőcserék irreverzibilitását és azt, hogy a folyamatok nem végtelen lassúak. A Carnot-ciklusban mindkét probléma kezelhetővé válik az endoreverzibilis termodinamika eszközeinek felhasználásával. *De Vos*, (1981) részletesen tárgyalja az endoreverzibilis Carnot-ciklus leírását.

Ahhoz, hogy a két hőtartályos hőerőgépek a gyakorlatban működhessenek, azaz a körfolyamat véges idő alatt menjen végbe, a hőfelvétel és a hőleadás során a munkaközeg hőmérséklete nem lehet azonos a megfelelő hőtartály hőmérsékletével.

A valós folyamatban a munkaközeg hőmérséklete a hőfelvétel során alacsonyabb ($T_h > t_h$) illetve hőleadás során magasabb ($t_m > T_m$) mint a megfelelő hőtartályé (*4. ábra*). Ezek a folyamatok tehát irreverzibilisek. A reverzibilis Carnot-ciklusban a reverzibilitási feltétel ki-

mondja, hogy a körfolyamatban a redukált hők összege zérus (a felvett hő és a meleg hőtartály hőmérsékletének hányadosa megegyezik a leadott hő és a hideg hőtartály hőmérsékletének hányadosával). A módosított körfolyamatban ez a feltétel nem teljesül, ha a hőtartályok hőmérsékletét használjuk a redukált hők kiszámításakor. Kézenfekvőnek tűnik, hogy a reverzibilitási feltételt a munkaközeg hőmérsékletével írjuk fel.



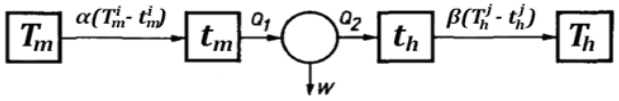
3. ábra: A hurrikán által disszipált kinetikus energia

$$\frac{Q_1}{t_m} - \frac{Q_2}{t_h} = 0 \qquad (5)$$

Ahogyan a *3.ábrá*ról is kiderül, az endoreverzibilis termodinamikai leírás során a hőtartályok és a munkaközeg közötti hőátadás mechanizmusát is meg kell adnunk. Egyszerűsége miatt kézenfekvő a hővezetési törvényt használni, azonban légköri folyamatok során ez nem mindig fedi a valóságot. A *3.ábra* univerzális formulát tartalmaz, mellyel De Vos hőcserék leírására vonatkozó gondolatmenetét követhetjük végig.

Nézzünk rá a *3.ábrá*ra, ahol *i* és *j* értékei szerint különböző típusú hőcsere lehetőségeket jellemezhetnek (*De Vos* 1981). Értékeik lehetnek -1, 0, 1, 2, 3, 4 és $+\infty$. A légköri modellek esetében plauzibilis feltevés, hogy csak a hővezetés (*i* vagy *j* = 1) és a hősugárzás (*i* vagy *j* = 4) jöhet szóba. A hőcsere általános egyenleteiben megjelenő α és β paraméterek értelemszerűen függnek a feltételezett hőcsere típusának választásától. Ezeknek a paramétereknek az együtthatókon (pl. Stefan-Boltzmann együttható) túl a hőcserében szerepet játszó felület nagyságát és a hőcsere időtartamát is tartalmazniuk kell. Megjegyezzük továbbá, hogy az i és $j = +\infty$ esetén visszakapjuk a reverzibilis Carnot-gép működésének leírását. Ez a leírás azonban két új ismeretlent (a munkaközeg hőfelvételi és hőleadási hőmérsékletét) vezet be a folyamat leírásába. Ezeket a változókat önkényesen illeszthetjük a természeti, vagy ipari folyamathoz. Amennyiben pontos illesztést akarunk választani, akkor a folyamat részleteibe kell belemennünk. A folyamat részleteinek ismerete nélkül is találhatunk azonban természetes kritériumot ezekre a hőmérsékletekre, ha a körfolyamat által adott teljesítményt kívánjuk maximalizálni. A maximális teljesítményhez tartozó hőmérsékleti értékek nem biztos, hogy megvalósíthatóak az adott folyamatban, de felső korlátot szabnak a hőerőgép használhatóságára.

Ha definiáljuk a hőcserék típusát, lehetőség nyílik arra, hogy meghatározzuk a maximális teljesítményt, amivel megbecsülhető az egy ciklus alatti munka. E cikk szerzői feltették, hogy a tengerfelszín és a fölötte áramló levegő hőmérséklete jó közelítéssel azonos, azonban a hideg hőtartály és az adott hőmérsékleten hőt leadó légrész közötti hőcsere hőmérsékleti sugárzás útján jön létre. Ez a fentiek értelmében ekvivalens azzal, hogy $i = +\infty$ és $j = 4$. E feltételek mellett, ha az óceán 300 K hőmérsékletű, azt kaptuk, hogy a ciklus alatti maximális munka akkor maximális, ha a magasban kisugárzó levegő hőmérséklete körülbelül 228 K. Ez az eredmény egy újabb, feltehetőleg valósághűbb becslést ad a hatásfokra, ami kb. 1/4.



4. ábra: Az endoreverzibilis Carnot-gép sematikus képe, ahol T_m és T_h a hőtartályok, míg t_m és t_h a munkaközeg hőmérséklete amikor érintkezik a megfelelő hőtartállyal.

Összefoglalás. Ebben az írásban ismertettük a hurrikánok termodinamikájának elméleti leírását, kiemelt figyelmet szentelve a Carnot-ciklussal történő leírásnak. Az egy ciklus alatt termelt kinetikus energia becslése több ponton problémásnak bizonyult, Makarieva és Emanuel között érdekes vita zajlott, melynek főbb részleteiről beszámoltunk. A vitából okulva végül új javaslatot tettünk az idealizált hurrikán által egy ciklus alatt termelt maximális kinetikus energia becslésére.

Irodalom

Bister, M. and Emanuel, K. A., 1998: Dissipative heating and hurricane intensity. *Meteor. Atmos. Phys.* 50, 233–240

Bister, M., Renno N., Pauluis O. and Emanuel. K. A., 2011: Comment on Makarieva *et al*. 'A critique of some modern applications of the Carnot heat engine concept: the dissipative heat engine cannot exist'. *Proc. R. Soc. .A.* 467, 1–6

Budó, Á., 1977: Kísérleti fizika I. *Tankönyvkiadó*, Budapest.

De Vos, A. 1981: Efficiency of some heat engines at maximum-power conditions. *Am. J. Phys*. 53, 570-573.

Emanuel, K. A., 1986: An air–sea interaction theory for tropical cyclones. Part I: Steady- state maintenance. *J. Atmos. Sci.,* 43, 585–605.

Emanuel, K. A., 1989: The finite-amplitude nature of tropical cyclogenesis. *J.Atmos. Sci.* 46, 3431-56

Emanuel, K. A., 1991: The theory of hurricanes. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 23, 179-196

Makarieva, A. M., Gorshkov, V. G., Li, B.-L. and Nobre, A. D., 2010: A critique of some modern applications of the Carnot heat engine concept: the dissipative heat engine cannot exist. *Proc. R. Soc. A* 466, 1893–1902.

Ooyama, K., 1969: Numerical simulation of the life cycle of tropical cyclones. *J. Atrnos. Sci.* 26, 3-40

A LOKÁLIS KLÍMAZÓNÁK TERMIKUS SAJÁTOSSÁGAINAK ELEMZÉSE – SZEGEDI ESETTANULMÁNY –

EVALUATION OF THE THERMAL FEATURES OF THE LOCAL CLIMATE ZONES – A CASE STUDY IN SZEGED –

Lelovics Enikő, Unger János, Gál Tamás

SZTE TTIK, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6701 Szeged, Pf. 653, *lelovics@geo.u-szeged.hu*

Összefoglalás. Vizsgálatunkban a szegedi, 2008-ban végzett városi mobil léghőmérsékleti mérések adatait hasonlítjuk össze a területre jellemző beépítettség jellegével, amit a meteorológiai mérőállomások környezetének objektív jellemzésére, elsősorban városklimatológiai alkalmazás céljára létrehozott Lokális Klímazónák rendszerébe történő besorolással adunk meg.

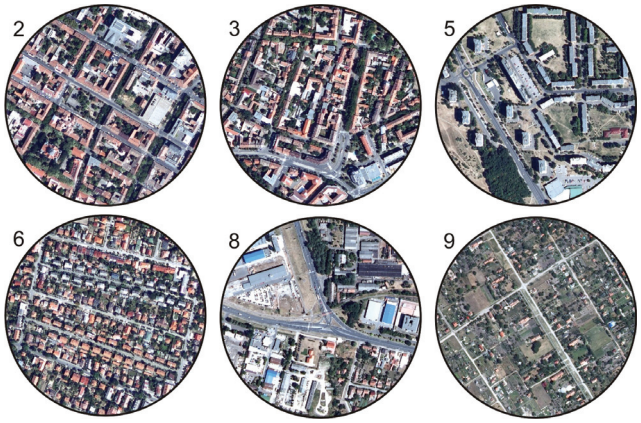
Abstract. In our study the connection between air temperature of an urban area and the its built-up features was examined in Szeged. Air temperature was measured during a mobil measurement campaign in 2008. Built-up features were characterized with the usage of Local Climate Zones system, which was designed for objective characterization of the surroundings of weather stations.

Bevezetés. Definíció szerint a városklíma olyan helyi éghajlat, amely a beépített terület és a regionális éghajlat kölcsönhatásának eredményeként jön létre (*WMO* 1983). A városi hatások – melyek közül a legszembetűnőbb a hőmérsékleti többlet, a városi hősziget – erősségét hagyományosan egy vagy több városi, illetve ahhoz közeli beépítetlen, és így vidékinek tekinthető helyen mért értékek különbségeként értelmezzük (*Oke* 1987). A különböző helyeken folyó vizsgálatokban nem csak a település méretéből és jellegéből adódnak a különbségek, hanem nagy jelentősége van annak is, hogy a vizsgált mérőhelynek milyen a lokális és mikroskálájú környezete. Általában a mérőműszerek elhelyezése a helyi adottságok függvényében igen változatos (pl. lakótelep, iskolaudvar, park, leburkolt tér), ami az eredmények összehasonlíthatóságát megnehezíti (*Stewart* 2007). A mérőhelyek objektív, éghajlati szempontú jellemzésére többféle rendszer létezik, az egyik legújabb a Lokális Klímazónák (Local Climate Zones, LCZ) rendszere (*Stewart és Oke* 2012).

Szegeden az autókra szerelt szenzorokkal végzett mobil léghőmérsékleti méréseknek nagy hagyománya van (*Unger és Sümeghy* 2001). Legutóbb 2008 augusztusában történtek ilyen mérések kétszer, méghozzá repülőgépről végzett hőkamerás felvételezéssel párhuzamosan (*Rakonczai et al.* 2009, *Unger et al.* 2010). Jelen vizsgálatunk során az LCZ zónák lehatárolását a város területén térinformatikai módszerekkel végeztük el (*Unger et al.* 2013). Tanulmányunk célja, hogy (1) a két mérési napon kapott léghőmérsékleti értékeket összevessük a területre jellemző, beépített jellegű LCZ típusokkal, (2) feltárjuk

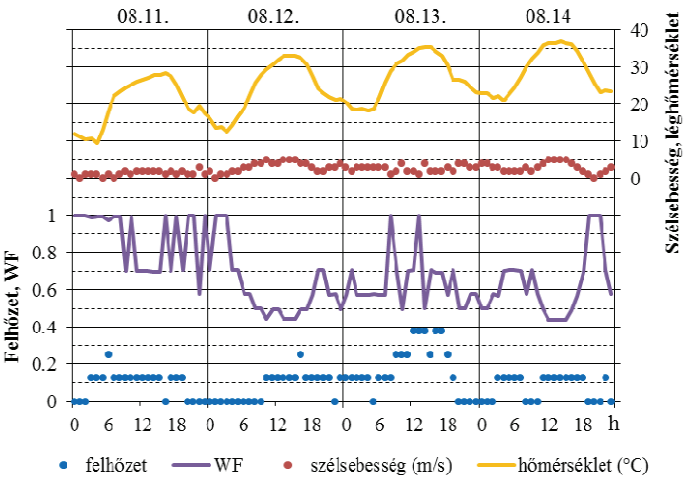
1. ábra: A mintaterület a mérési útvonallal (a: városias jellegű terület, b: vízfelület: c: főbb utak, d: mérési útvonal)

2. ábra: A Szegeden előforduló beépített LCZ típusok térképe (2: kompakt, közepes; 3: kompakt, alacsony; 5: nyitott, közepes 6: nyitott, alacsony; 8: kiterjedt, alacsony; 9: alig beépített) és a mérési útvonal (pirossal)



3. ábra Példák a vizsgált területen előforduló beépített LCZ kategóriákra

az adott típusú területek termikus reakcióinak különbségeit, és ezáltal végeredményben – szegedi adatokkal is alátámasztva – igazoljuk az osztályozás helyességét és szükséges voltát.

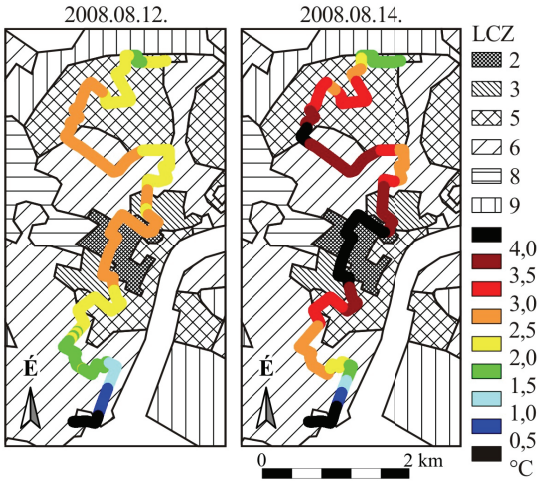


4. ábra: A Szegeden mért meteorológiai adatok 2008.08.11. és 2008.08.14. között

Vizsgált terület, hőmérsékleti mérések. Szeged az ország legalacsonyabban fekvő területén található, mentes a domborzat és a nagyobb víztömeg klímamódosító hatásaitól, ezért kifejezetten alkalmas a városklíma sajátosságainak tanulmányozására. Területét sokféle beépítettség jellemzi, a parkoktól a családi házakon keresztül a tízemeletes panelházakig, a tömör házsorokkal és jelentős részben burkolt felszínű belvárostól a külvárosi raktárházas-ipari negyedekig.

2008 nyarán két alkalommal végeztünk mobil hőmérsékleti méréseket, a város egy É-D-i keresztmetszetét jelentő, 11,8 km hosszú útvonal mentén (*1. ábra*). Erre a célra két olyan időpontot választottunk ki (augusztus 12. és 14.), amikor ezeken és e napokat megelőző napokon az időjárási körülmények kedvezőek voltak a felszín klímamódosító hatásának érvényesüléséhez, azaz a szél gyenge és az égbolt enyhén felhős, ill. derült volt. Ebben az időszakban az egyetemi meteorológiai mérőállomás (*Unger és Gál* 2011) adatai alapján a besugárzás zavartalan (szabályos napi globálsugárzási menet, 810–860 W/m^2-es maximum értékekkel), a szél mérsékelt volt (a legnagyobb szélsebesség az időszakban 4,7 m/s, a mérések alatt pedig 3,1 m/s), míg a napi minimumhőmérséklet 17 °C körül, a napi maximumhőmérséklet pedig 28–36 °C körül alakult.

A mérések időpontjának kiválasztásánál a mobil mérésekkel egyidőben zajló, repülőről történő hőkamerás fel-



5. ábra: A mérési útvonal menti hőmérsékleti többlet (°C) 2008.08.12. és 2008.08.14. 19:00 UTC-re vonatkozóan, valamint az érintett LCZ típusok

vételezéshez kellett igazodni. Az alkalmazott hőkamerát (FLIR ThermaCam P65) nappal a direkt sugárzás zavaró hatása miatt, este 10 után pedig a térségben érvényes repülési tilalom miatt nem lehetett használni, így a mérések közvetlenül a naplemente (17:57 UTC) után, 18:30–19:30 UTC között zajlottak (*Rakonczai et al.* 2009). A kapott értékek feltehetően egy kissé alábecslését jelentik az egyes városi területek hőmérsékletnövelő hatásának, ugyanis a maximális termikus reakció általában a naplemente utáni 3-5 órás időszakban mutatható ki (*Oke és Maxwell* 1975).

A felszíni mérést a korábbi tapasztalatok alapján végeztük (*Unger és Sümeghy* 2001). A hőmérsékletet mérő szenzor (DCP D100089 HiTemp) 1,45 m magasan, az autó eleje előtt 0,60 méterrel helyezkedett el, hogy a motor hőszennyezése ne befolyásolja a mért értékeket. Az adatrögzítés (LogIT DataMeter 1000 adatgyűjtő) 2 másodpercenként történt, azaz 20-25 km/h-s haladási sebesség esetén 10-14 méterenként. A mérések helyét GPS vevő rögzítette, a kényszerű megállások idején mért adatokat utólag töröltük.

A mérés során a kijelölt útvonal bejárása oda-vissza történt, ezért alapul véve azt, hogy a léghőmérséklet rövid időn be-

1. táblázat: LCZ típusok és jelölésük (Stewart és Oke, 2012)

Beépítettséggel jellemezhető típusok		Felszínborítással jellemezhető típusok		Változó felszínborítási jellemzők	
LCZ 1	kompakt (beépítés), magas (épületek)	LCZ A	fák, sűrű (elhelyezkedés)		
LCZ 2	kompakt (beépítés), közepes (épületek)	LCZ B	fák, ritka (elhelyezkedés)	b	lombtalan fák
LCZ 3	kompakt (beépítés), alacsony (épületek)	LCZ C	bokros, bozótos	s	hótakaró
LCZ 4	nyitott (beépítés), magas (épületek)	LCZ D	alacsony növényzet	d	száraz talaj
LCZ 5	nyitott (beépítés), közepes (épületek)	LCZ E	csupasz szikla / burkolt	w	nedves talaj
LCZ 6	nyitott (beépítés), alacsony (épületek)	LCZ F	csupasz talaj / homok		
LCZ 7	könnyű (-szerkezetű), alacsony (épületek)	LCZ G	víz		
LCZ 8	kiterjedt, alacsony (épületek)				
LCZ 9	alig beépített				
LCZ 10	nehézipari				

lül közel lineárisan változik (*Oke és Maxwell* 1975), az odaúton és a visszaúton mért értékek átlagolásával létrehozott értékek a mérés középidejére (19:00 UTC) vonatkoznak. Ez két lépésben történt, először az útvonalat 15 méteres szakaszokra osztva külön-külön átlagoltuk az adott szakaszra eső, odaúton mért, illetve visszaúton mért értékeket, majd vettük ezek átlagát.

Lokális Klímazónák térképe. A Lokális Klímazónák osztályozási rendszere alapvetően a meteorológiai mérőállomások környezetének objektív jellemzésére szolgál, abból a szempontból, hogy ezek a területek mennyire kétpesek befolyásolni a helyi klímát (*Stewart–Oke* 2012). Alapjait az elmúlt évtizedek ez irányú vizsgálatainak eredményei (pl. *Auer* 1978, *Ellefsen* 1991, *Oke* 2004, *Stewart– Oke* 2009) a városi meteorológiai mérésekkel kapcsolatos irodalom áttekintése (*Stewart* 2007), és a világ számos városi és külterületi mérőhely – többek között a szegedi – környezetének terepi bejáráson alapuló felmérése jelentette. Összességében a rendszer 10 beépített (LCZ 1–10) és 7 felszínborítási típust (LCZ A–G) különít el (*1.táblázat*).

2. táblázat: Az LCZ rendszer jellemző paraméterei (Stewart és Oke 2012)

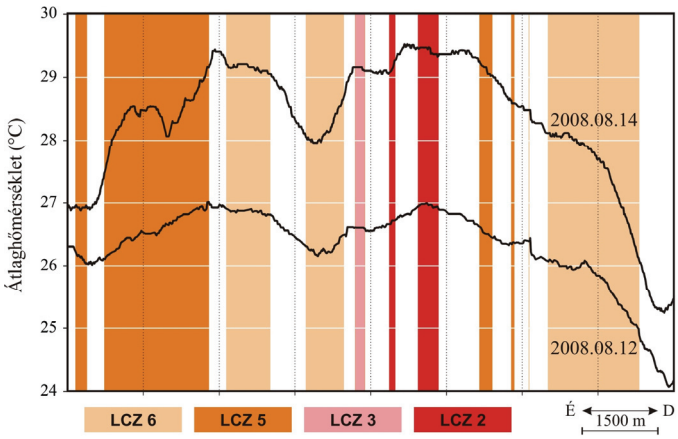
Paraméter típusok és mértékegységeik	
Geometriai, felszínborítottsági	Termikus, radiatív
égboltláthatóság magasság/szélesség arány épület alapterület arány (%) vízzáró felszín arány (%) vízáteresztő felszín arány (%) érdességi elem magassága (m) terepi érdességi osztály	hőátadási tényező, $Jm^{-2}s^{-1/2}K^{-1}$ felszíni albedó antropogén hőkibocsátás, Wm^{-2}

Az LCZ rendszer elemei definíció szerint olyan, kb. néhány száz métertől néhány kilométerig terjedő területek, amelyek többé-kevésbé egységes felszínborítással, szerkezettel, anyagtípusokkal és emberi tevékenység okozta energia-kibocsátással jellemezhetők (*Stewart és Oke* 2012). Ezek objektív elkülönítése a felszín azon paraméterei alapján történik, amelyek fontosak a felszín termikus reakciói szempontjából. Ezek a felszín sugárzási, hőtani tulajdonságait, geometriáját és felszínborítását jellemzik (*2.táblázat*). Lényeges tehát, hogy ez a kategóriarendszer egy nagyobb terület általános jellemzésére alkalmas, így egy kisebb parkot, tavat vagy nagyobb épületet nem tekintünk külön LCZ-nek, hanem nagyobb, hasonló területeket jelölünk ki, emiatt egy homogénnek tekintett területen belül is van némi változatosság.

Az említett paraméterek kiszámítása érdekében bemenő adatokként a következőket használtuk fel: egy vektoros állományt, ami Szeged épületeinek alaprajzát és magasságát tartalmazza (*Unger* 2006), az ez alapján számított 5 méteres felbontású SVF adatbázist (*Gál et al*. 2009), egy 5 sávos, 5 méteres térbeli felbontású RapidEye (2012) műholdfelvételt, egy 0,5 m felbontású ortofotót, 1:10 000 EOTR térképszelvényeket, egy vektoros úthálózati adatbázist, valamint a Corine Land Cover felszínborítási adatbázist (*Bossard et al*. 2000). A számítási módszerek részletes leírását *Unger et al*. (2013) tartalmazza. Néhány típus nem megfelelő elkülöníthetősége miatt helyenként légifelvételek és a helyismeretünk alapján korrigáltuk a zónák kijelölését. Eredményként a *2. ábrán* látható térképet kaptuk.

A *3. ábra* egy-egy tipikus példát szolgáltat a városban előforduló beépített jellegű LCZ kategóriákra, ortofotóból kivágott részletek segítségével, ahol a körök sugara 250 méter. Ezek a területek a módszerünk révén kijelölt viszonylag homogénként kijelölt zónák belsejében vannak.

Vizsgálatok és eredmények. *Oke* (1998) definiálja az ún. időjárási tényezőt (weather factor, WF), aminek az a szerepe, hogy az aktuális időjárást számszerűen értékelje abból a szempontból, hogy az mennyire kedvező a felszíni lokális hatások érvényesüléséhez. A kiszámítására egy empirikus képlet szolgál, ami figyelembe veszi a felhőzet mennyiségét, fajtáját és a szélsebességet. Így egy összetett mérőszámot alkot, ami 0 és 1 közötti értéket vehet fel. Például *Stewart et al*. (2013) szerint azokat a mérési időszakokat érdemes figyelembe venni, amikor WF > 0,7. A kiszámításához szükséges adatokat az órás SYNOP (*WMO*, 2009) táviratokból vettük (OGIMET 2013), melyek a Bajai úti (külterületi) OMSZ állomásról származnak.



6. ábra: A léghőmérséklet menete az útvonal mentén a két mérés idején, valamint az LCZ típusok belső területei

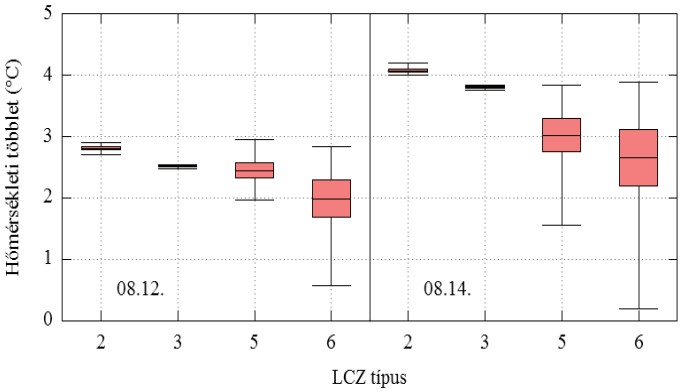
A vizsgált időszakra vonatkozólag (2008.08.11−08.14) a bemenő adatok és a kiszámított WF értékek menetét *a 4. ábra* mutatja be. Az egyszerűbb ábrázolás érdekében a felhőzet mennyiségét oktáról tizedre számítottuk át. A WF értékek végig 0,45 fölöttinek adódtak, és a méréseket megelőző napokon rendszerint kedvezőbbek voltak (0,7–1 és 0,5–1), míg a mérési napokon − legalábbis napközben − valamivel kevésbé (élénkebb szél, 12-én főleg Cirrus spissatus, 14-én főleg Cumulus mediocris felhőzet).

A mobil mérések útvonala a Szegeden megtalálható beépített LCZ típusok közül az LCZ 5, LCZ 6 és LCZ 3 területén kétszer, míg az LCZ 2-n egyszer haladt át, míg az LCZ 9 és az LCZ 8 területeket nem érintette (*2. ábra*).

A két mérési napon a hőmérséklet térbeli eloszlása nagyon hasonló volt (*5. ábra*), bár a lokális különbségek a 14-ei mérés során jelentősebbek voltak, ami összhangban van azzal, hogy estére a nappali erős besugárzás idején képződött gomolyfelhők megszűntek, és a szél is elállt ($WF_{08.12.19:00}$=0,71 és $WF_{08.14.19:00}$=1,00). A leghidegebb

és legmelegebb szakaszok különbsége 2,94 °C, illetve 4,28 °C volt. A szűkebb területre koncentráló *5. ábra* alapján megfigyelhető az összefüggés az LCZ típusok és a hőmérsékleti többlet nagysága között, de látszik egy ennél kisebb térskálájú mintázat is.

Leválogattuk a mérési útvonal pontjai közül azokat, amelyek valamelyik LCZ típus belsejébe esnek, annak határától több mint 100 méterre. Erre azért van szükség, mert két homogén terület határának közelében lévő mérőpontoknak a forrásterülete – a környezettől és az aktuális légköri viszonyoktól függően – nem feltétlenül esik kizárólag az adott területre (*Oke 2004*), így a szélektől beljebb lévő területek sokkal inkább reprezentatívaknak tekinthetők az adott LCZ típusra nézve.



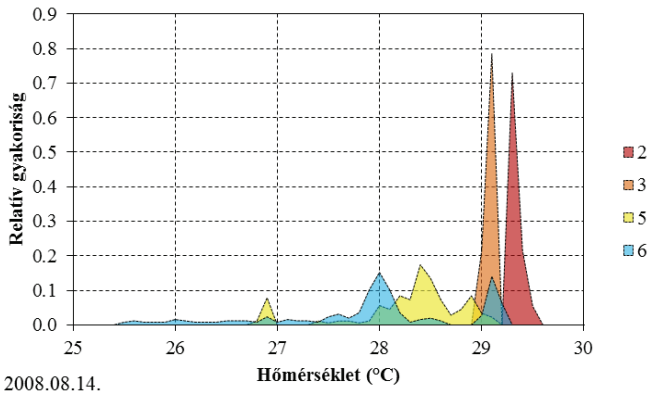
7. ábra: A kijelölt területeken mérhető hőmérsékleti többlet szélsőértékei, átlaga, szórása

A léghőmérséklet menetét az útvonal mentén a *6. ábra* szemlélteti, kiegészítve az adott típus lehatárolt belső részeinek helyzetével. Északon az út nagy területen halad az LCZ 5-ben, melyben a beépítettség igen változatos, tízemeletes lakótelepi épületek, parkolók, és fákkal sűrűn benőtt területek találhatók rajta, azaz nem teljesen homogén, ami meglátszik a hőmérséklet menetében is. A város déli részén hosszasabb mérés történt LCZ 6 területen, ami nagyrészt családi házakat jelent, illetve a város szélén található vasúti területek is ehhez a zónához lettek sorolva. Itt látszik, hogy a városközponttól távolodva a hőmérséklet fokozatosan csökkent. A sűrűn beépített területek a város központi részén találhatóak, területük az előbbieknél kisebb, így ezeket a mobil mérések is rövidebb úton érintették.

A *7. ábra* azt mutatja be, hogy az egyes területeken milyen tartományon belül fordulnak elő a hőmérsékleti értékek. Látszik, hogy míg hasonlóan magas értékek előfordulnak nagyjából mindegyik területen, addig az alacsonyabb értékek kifejezetten csak a ritkábban beépített, illetve alacsonyabb épületekkel rendelkező zónákon belül találhatóak. Az LCZ 3 esetén a hőmérséklet a mérési útvonal mentén térben alig változott, de ebben az esetben kifejezetten kis területről van szó, mindössze 14 mérési pont volt egy 210 m hosszú szakaszon. Csak az augusztus 14-ei mérést tovább részletezve, a 8. ábra szerint az LCZ 5 és 6 területén a hőmérséklet eloszlása hasonló, de az LCZ 5 esetén a leggyakoribb értékek körülbelül 0,5–1 °C-kal magasabbnak mutatkoznak.

Mivel a mért hőmérséklet térbeli eloszlása alapján szembetűnő az LCZ-knél kisebb térskálájú helyi hatások jelentősége, így ortofotókon beazonosítottuk azokat a helyeket, amelyek a nagyobb léptékű környezetükhöz képest kiugróan eltérő hőmérsékletűek voltak (*9. ábra*). Itt a 08.14-ei mérés adatait vettük figyelembe, mivel ezen a napon a lokális különbségek jóval nagyobbak voltak.

Az A pont előtt az útvonal a körtöltés mellett halad, onnan fordul be a lakótelepi rész belsejébe. A B ponton található lokális hőmérsékleti maximum két forgalmas út, a Rókusi-krt. és a Csongrádi sgt. kereszteződésében található, tőle kb. 100 méterre egy valamivel hűvösebb rész található a Vér-tó melletti, és a Rókusi-krt. déli oldalán található fás terület között. C-vel jelöltünk egy még hűvösebb pontot, ami a Vér-tótól 80 m-rel nyugatra található, egy parkos környezetben. A D pont a mérés során érintett egyik legmelegebb pont, ami a Rókusi-körúti Tesco áruház parkolóját jelenti, északról tízemeletes, délről pedig 3-4 emeletes panelépületek veszik körbe. Az E-vel jelölt, hűvösebb pont környezetében 2-3 emeletes épületek találhatóak, az utcák mentén ugyan sűrűn elhelyezkedve, de közöttük a telkeken nagy kiterjedésű zöldfelületek találhatók, sok fával. A legmagasabb hőmérsékletű, belvárosi F pont környezetét sűrűn beépített, 3-4 emeletes épületek jelentik. Ezen a területen a hőmérséklet egyenletesen magas. Legalacsonyabb a hőmérséklet a beépített terület szélén (G pont), amely a Tisza és a vasúti pálya között található.



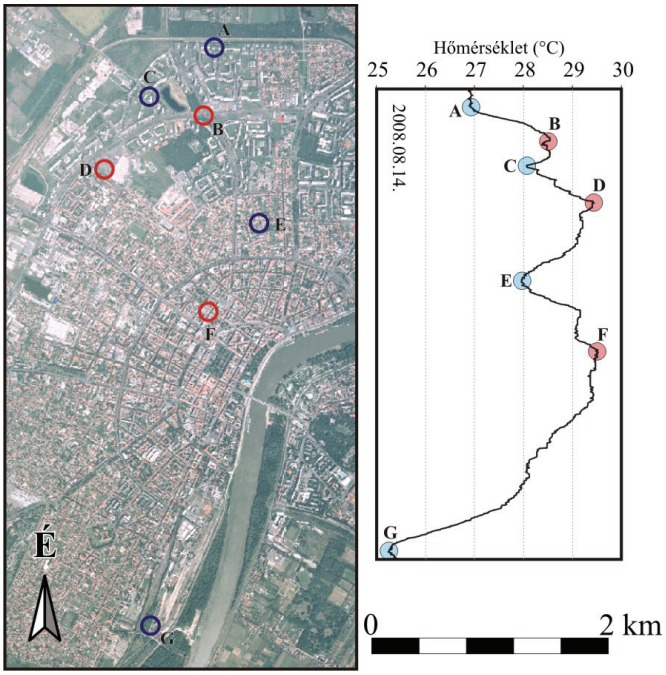
8. ábra: A kijelölt területek hőmérsékletének eloszlása 2008.08.14-én

Összegzés. Vizsgálatunk során összehasonlítottuk a 2008 augusztusában, két esti mobil mérés során detektált léghőmérséklet értékeit a területre jellemző beépítettség jellegével. A beépítettség jellemzését a Lokális Klímazónák osztályzási rendszerének alkalmazásával hajtottuk végre, amihez a területek lehatárolását korábbi vizsgálataink során végeztük el.

Megvizsgáltuk a mérések idején uralkodó időjárási körülményeket is. Az időjárási tényező értéke alapján a második mérés időpontja jóval alkalmasabb volt a felszín klímamódosító hatásának érvényesüléséhez. Ezzel összhangban a vizsgált területen mérhető hőmérsékleti értékek által átfogott tartomány 2,94 °C és 4,28 °C volt, ami a WF értékeinek alkalmazhatóságát támasztja alá.

A továbbiakban leválogattuk azokat a mérési szakaszokat, amelyek valamelyik lehatárolt zóna belsejébe esnek,

mivel ezek sokkal inkább reprezentatívak az adott területre nézve. Megvizsgáltuk a léghőmérséklet térbeli eloszlását, amely alapján megfigyeltük egyrészt a különböző mértékben beépített típusok eltérő hőmérsékletét, másrészt a kijelölt területeknél kisebb léptékű (pl. forgalmas utakhoz, zöldfelületekhez, nagy kiterjedésű burkolt területekhez kötődő) változatosságot. Beazonosítottuk a környezetükhöz képest kiugróan hideg és meleg foltokat, majd megállapítottuk, hogy milyen kisebb léptékű környezethez kötődnek ezek az eltérések. A mért hőmérsékleti értékek maximuma két területhez köthető: az LCZ 2 szélén, ahol 3-4 emeletes épületek helyezkednek el sűrűn, illetve az LCZ 5 és LCZ 6 határán kiugróan meleg objektumként jelentkezett egy áruház parkolója. Az LCZ 5 területén a hőmérséklet menete eléggé változatos, ahogy a terület beépítettsége is (tízemeletes panelházak és fákkal sűrűn benőtt területek váltogatják egymást mozaikszerűen), míg az LCZ 6 nagy területet fog át, amelyen a beépítettség foka a magasabb, belvárosiasabb jellegű résztől a családi házas övezeten keresztül a város széléig többé-kevésbé folytonos átmenettel csökken le, és ugyanígy csökken a területen kifelé haladva a léghőmérséklet is. A belső részekhez kapcsolódó típusok (LCZ 2 és LCZ 3) kisebbek és termikusan kevésbé változatosak.



9. ábra: A második mérési napon mért hőmérséklet jellegzetes pontjai grafikonon (2008.08.14. mérés) és ezek helye a szegedi ortofotón

Köszönetnyilvánítás. A kutatást az OTKA PD-100352 és az IPA Cross Border Cooperation Programme HUSRB/1203/122/166. számú projektje (URBAN-PATH), valamint Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatta.

Irodalom

Auer, A.H., 1978: Correlation of land use and cover with meteorological anomalies. *Journal of Applied Meteorology 17*, 636–643.

Bossard, M., Feranec, J. és Otahel, J., 2000: CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. *Technical report No 40. European Environment Agency*, Copenhagen. 105 p.

Ellefsen, R., 1991: Mapping and measuring buildings in the canopy boundary layer in ten U.S. cities. *Energy and Buildings 15–16*, 1025–1049.

Gál, T., Lindberg, F. és Unger, J., 2009: Computing continuous sky view factor using 3D urban raster and vector data bases: comparison and application to urban climate. *Theoretical and Applied Climatology 95*, 111–123.

OGIMET 2013: *http://www.ogimet.com* (utolsó hozzáférés: 2013.10.01.)

Oke, T., R., 1987: Boundary layer climates. (2nd ed.). *Routledge*, London–New York, 435 p.

Oke, T., R., 1998: An algorithmic scheme to estimate hourly heat island magnitude. In *Preprints of Second Urban Environment Symposium*, Boston, MA, *American Meteorological Society*, 80–83.

Oke, T., R., 2004: Initial guidance to obtain representative meteorological observation sites. *WMO/TD* No. 1250, Geneva, 47 p.

Oke, T., R, és Maxwell, G., B., 1975: Urban heat island dinamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment 9*, 191–200.

Rakonczai, J., Unger, J., Mucsi, L., Szatmári, J., Tobak, Z., van Leeuwen, B., Gál. T. és Fiala, K., 2009: A napfény városa naplemente után – Légi távérzékeléses módszerrel támogatott hősziget-térképezés Szegeden. *Földrajzi Közlemények 133(4)*, 367–383.

RapidEye, 2012: Satellite Imagery Product Specifications, Version 4.1., 44 p.

Stewart, I., D., 2007: Landscape representation and the urban-rural dichotomy in empirical urban heat island literature, 1950–2006. *Acta Climatologica et Chorologica 40–41*, 111–121.

Stewart, I., D., és Oke, T., R., 2009: A new classification system for urban climate sites. *Bulletin of the American Meteorologial Society 90*, 922–923.

Stewart, I., D. és Oke, T., R., 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society 93*, 1879–1900.

Stewart, I., D. és Oke, T., R. és Krayenhoff, E., S., 2013: Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3746

Unger, J., 2006: Modelling of the annual mean maximum urban heat island with the application of 2 and 3D surface parameters. *Climate Research 30*, 215–226.

Unger, J. és Sümeghy, Z., 2001: A városi hőmérsékleti többlet: keresztmetszet menti vizsgálatok Szegeden. *Légkör 46(4)*, 19–25.

Unger, J., Gál, T., Rakonczai, J., Mucsi, L., Szatmári, J., Tobak, Z., van Leeuwen, B. és Fiala, K., 2010: Modeling of the urban heat island pattern based on the relationship between surface and air temperatures. *Időjárás 114,* 287–302.

Unger, .J, és Gál T, 2011: Automata állomáspár Szegeden – A városi klímamódosító hatás online megjelenítése. *Légkör 56)*, 93–96.

Unger, J., Lelovics. E., Gál, T. és Mucsi, L., 2013: A városi hősziget fogalom finomítása a Lokális Klímazónák koncepciójának felhasználásával – példák Szegedről. *Földrajzi Közlemények* (megjelenés alatt).

WMO, 1983: Abridged final report, 8th session. Commission for Climatology and Applications of Meteorology,*World Meteorological Organization* (*WMO* N°600), Geneva.

WMO, 2009: Manual on Codes – International codes. Volume I.1 – Part A – Alphanumeric codes. *World Meteorological Organization* (*WMO* N°306), ISBN 978-92-63-10306-2. WMO, Geneva, Switzerland. 504 p.

A BALATON TÉRSÉGÉNEK TERMIKUS KOMFORT VISZONYAI ÉS ANNAK VÁLTOZÁSAI

THERMAL COMFORT CONDITIONS AND ITS CHANGES IN THE LAKE BALATON REGION

Németh Ákos

Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály, 1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1., *nemeth.a@met.hu*

Összefoglaló. A Balaton térségének bioklimatológiai vizsgálatáról szóló részletes tanulmány utoljára a 70-es évek közepén jelent meg (*Béll és Takács, 1974*). Ezt a több mint harminc éves csendet megtörve, kb. öt évvel ezelőtt új lendületet vett hazánk legfontosabb turisztikai célterületének bioklimatológiai vizsgálata (*Németh et al. 2007*). Hazánk éghajlatának múltbéli változásáról viszonylag pontos ismerettel rendelkezünk. Ez megfelelő alapot jelent akár a klímaváltozással kapcsolatos kutatásoknak is. De, hogy mindez hogyan befolyásolja az életünket (a munkával vagy a pihenéssel töltött időt), azt a termikus komplex vizsgálatával tudjuk csak megbecsülni. Ennek pedig előfeltétele, hogy a termikus komplex múltbéli változásait megismerjük. E tanulmány célja, hogy bemutassa a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet termikus komfortviszonyait és az abban bekövetkező változásokat. A bioklíma meghatározása a nemzetközi szakirodalom alapján 12 UTC-re vonatkozik. A gyakorlati alkalmazás érdekében azonban megvizsgáltuk az esti órákra (18 UTC) jellemző bioklimatikus viszonyokat is. Ez utóbbi környezet-egészségügyi, illetve turisztikai szempontból jelentős.

Abstract. The last detailed study on the bioclimate of Lake Balaton was published in the middle of 70's (*Béll and Takács, 1974*). More than thirty years later, around five years ago, the bioclimatic conditions of the most important Hungarian tourism destination came to the fore again (*Németh et al. 2007*). We have more or less exact knowledge about the climate changes detected in our country. This knowledge provides correct background information for climate change research. We can evaluate mainly how our life will be affected by these changes with the thermal complex. For this it is necessary to recognize the changes of the thermal complex in the past. This study aims to show the thermal comfort conditions and its changes to the Lake Balaton Recreation Area. Although bioclimatological studies based on the adopted methodology are generally carried out at 12 UTC, but the thermal bioclimate conditions in the evening (18 UTC) are also examined in the interests of practical applications. The latter is important from the aspects of the environmental health or tourism.

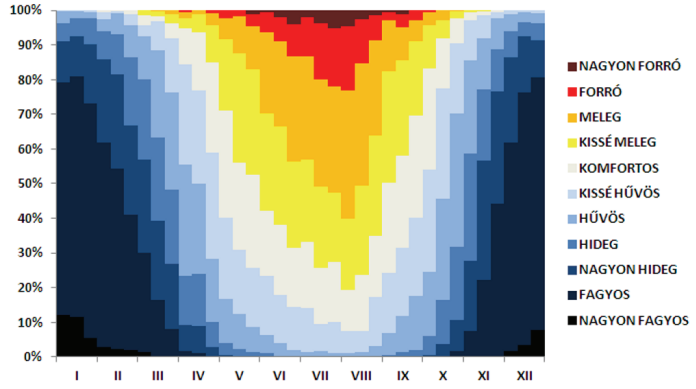
Bevezetés. Az emberi egészség és életminőség egyik meghatározója a termikus komfort. Az emberi szervezet hőháztartása rendkívül bonyolult, számtalan külső és belső tényezőtől függ. A külső tényezők egyik legfontosabbika az embert körülölelő atmoszférikus környezet. A légkör fizikai állapotának jellemzőit a meteorológiai megfigyelések alapján megismerhetjük. De milyen szerepe van ezeknek a meteorológiai paramétereknek az emberi hőháztartásra? Erre a kérdésre nem egyszerű a válasz. Fontos azonban tudnunk, hogy az egyes tényezőket nem szabad külön-külön vizsgálni, hiszen ezek egymással "együttműködve", komplex módon hatnak szervezetünkre. Alapvetően három hatáskomplexet különíthetünk el. Az ún. *aktínikus hatáskomplex* olyan, különböző hullámhosszúságú sugárzás összessége, mely a szervezetben bizonyos kémiai-biokémiai válaszreakciókat vált ki. E reakciók egy része pozitív (pl. a D-vitamin képződése), más részük viszont a szervezet számára káros (pl. az UV-sugárzás következtében fellépő bőrelváltozások). A *levegőhigiénés komplex* az egészségre ártalmas gázokat, illetve folyékony- és szilárd halmazállapotú légszennyező anyagokat tartalmazza. Az általuk kiváltott hatás általában káros (pl. légzőszervi megbetegedések, allergia, karcinóma). A *termikus komplex* az emberi szervezet termoregulációs folyamatait meghatározó és befolyásoló meteorológiai paraméterek összessége. A termikus komplexek közé tartozik a hosszúhullámú sugárzás, a levegő hőmérséklete, a szélsebesség és a levegő nedvességtartalma (*Jendritzky* 1993). A termikus komplex vizsgálatát a különböző bioklíma indexek alkalmazásával tudjuk elvégezni. Mivel az ember állandó testhőmérsékletű élőlény, a változó külső termikus feltételek ellenére – bizonyos határok közt – képes a testmagjának hőmérsékletét egy viszonylag állandó (37,5 °C körüli) értéken tartani. Az ehhez szükséges energiát szervezetünk az elfogyasztott táplálék „elégetéséből" nyeri. Azt a külső hőmérsékleti tartományt, ahol az állandó testhőmérséklet fenntartása a legkevesebb energiát igényli termoneutrális-, vagy más néven komfort-zónának nevezzük. Ha a környezet hőmérséklete ebből a tartományból bármelyik irányba elmozdul, közvetett módon a szervezetet válaszreakcióra készteti, termikus stressz következik be. Testünk a hőmérséklet csökkenésével szemben toleránsabb. Míg a hipertermiás állapot (a szervezet meleg hatására bekövetkező működészavara) már mintegy 4 °C-os testhőmérséklet emelkedésnél bekövetkezik, addig a hipotermia eléréséhez a maghőmérsékletnek közel 8 °C-kal kell csökkennie.

A termikus komfort jellemzése (bioklíma indexek). A humán bioklimatológia eszköztárában ma már számtalan bioklíma index áll rendelkezésünkre, az egyszerű (csupán meteorológiai paramétereket alkalmazó) mutatóktól az összetettebb (az emberi test energiaegyensúlyát is figyelembe vevő), ún. energiaalapú indexekig. Jelen vizsgálatok két bioklíma indexen alapulnak. A fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet (*Physiologically Equivalent Temperature* – PET) az egyik legnépszerűbb és leggyakrabban alkalmazott index. Számításának alapja az ún. MEMI-model (Munich Energy-balance Model for Individuals), mely az emberi szervezet hőáramlási viszonyait viszonylag egyszerűen írja le (*Höppe* 1999). Definíciója szerint a PET annak a standardizált, fiktív szobának a hőmérséklete, ahol az emberi test ugyanolyan fiziológiai válaszreakciókat (bőrhőmérséklet, verejtékezés,

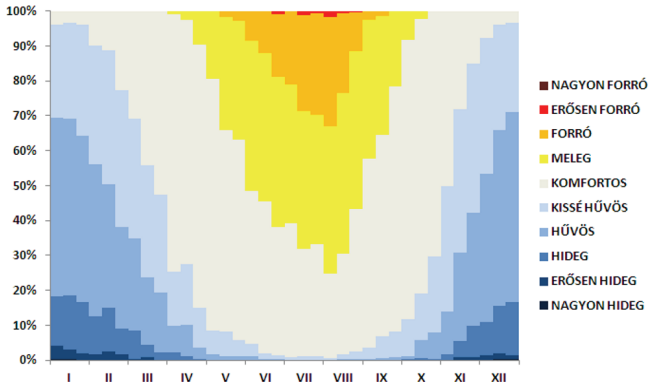
stb.) ad, mint a valós termikus környezetben. Ez a fiktív beltéri környezet a következő feltételeknek felel meg:

– az átlagos sugárzási hőmérséklet a levegő hőmérsékletével egyezik meg ($T_{mrt} = T_a$),
– a vízgőznyomás értéke 12 hPa,
– a légmozgás sebessége 0,1 m/s.

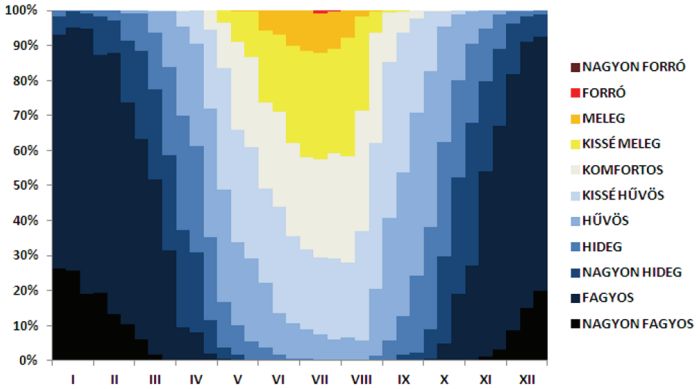
hető, hogy hazánkban is szükséges lenne speciális értéktartomány létrehozása. Ehhez azonban nagy mintán alapuló kérdőíves felmérésre lenne szükség, ami rendkívül időigényes. Ugyanakkor annak érdekében, hogy a „hideg oldalon” részletesebb képet kapjunk, a hazai gyakorlatban a +4 °C alatti („nagyon hideg”) tartományt tovább



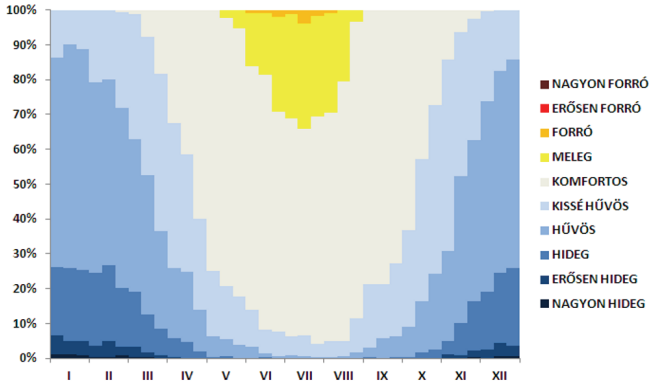
1. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (PET, 1961 – 2010, 12UTC)



2. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (UTCI, 1961 – 2010, 12UTC



3. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (PET, 1961 – 2010, 18UTC)



4. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (UTCI, 1961 – 2010, 18UTC)

A PET meghatározásához nem csak egy referencia környezetet kellett bevezetni, hanem egy fiktív alanyt is definiáltak. Ez a fiktív alany, akire az indexet kiszámoljuk, 35 éves, 180 cm magas, 75 kg testtömegű férfi, aki könnyű ülő tevékenységet végez (1,5 met), ruházata pedig egy vékony öltöny hőszigetelésének (0,9 clo) felel meg. A PET számításához felhasznált meteorológiai elemek: a levegő hőmérséklete, a levegő relatív páratartalma, a szélsebesség és a sugárzási viszonyok. Ha a PET értéke 18 és 23 °C között alakul, az emberek túlnyomó részében (legalább 95%) szubjektív komfortérzet alakul ki. Ilyenkor a szervezet a megtermelt hőt könnyen leadja, a bőr hőmérséklete kellemes tartományban van. A 23 °C feletti PET egyre jelentősebb hőterhelést jelent, amit a szervezet hőszabályozó rendszere egyre kevésbé tud kompenzálni. Ugyanez igaz a 18 °C alatti PET értékek esetén.

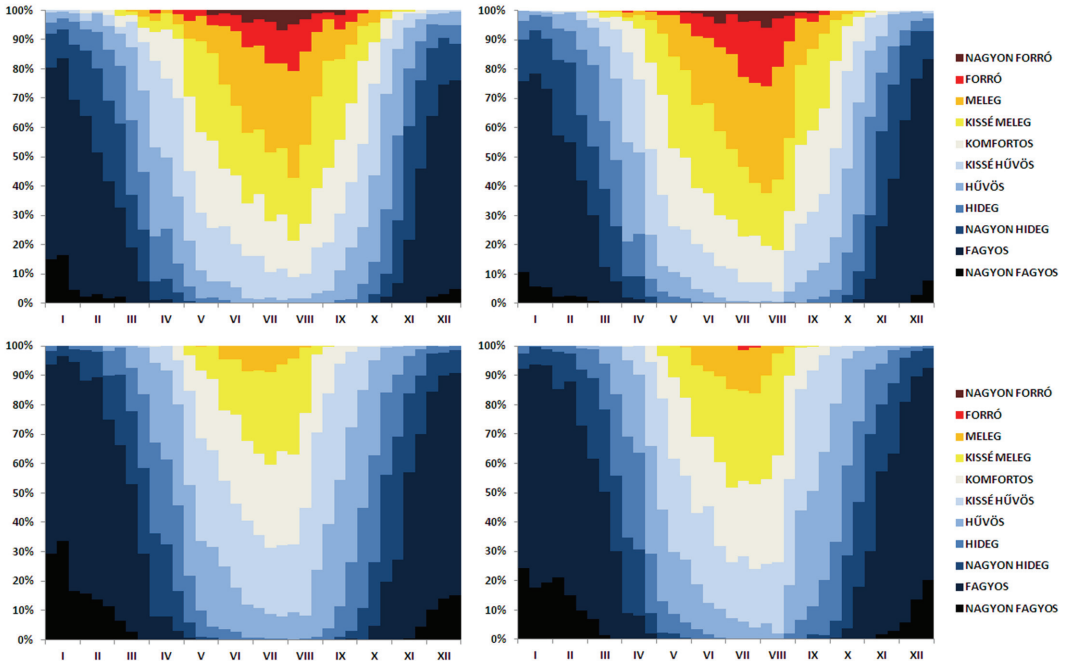
A különböző fiziológiai hatásokhoz, illetve termikus stresszhez rendelhető PET értéktartományokat (*1. táblázat*) alapvetően a mérsékelt övre határozták meg (*Matzarakis és Mayer* 1996). Az eredeti PET skála a tapasztalatok szerint nem, vagy csak fenntartásokkal, kiegészítésekkel alkalmazható globálisan. Szubtrópusi-trópusi éghajlaton például speciális PET értéktartományt szokás alkalmazni (*Lin és Matzarakis* 2008). Feltételezbontottuk, bevezetve a „fagyos” (0 és -10 °C között) és a „nagyon fagyos” (-10 °C alatt) kategóriákat. A fiziológiai stressz mértékét illetően a két új tartományban nincs változás.

Az univerzális hőmérsékleti klíma index (*Universal Thermal Climate Index* – UTCI) a PET-től eltérően globális index. Értéktartománya nem függ a földrajzi elhelyezkedéstől. Az UTCI fejlesztését a COST730 projekt végezte (*Jendritzky et al.* 2009). Ez az index a legújabb és legmodernebb bioklíma index. Fiziológiai alapja az ún. többmagvas Fiala-modell, mely napjaink legkorszerűbb fiziológiai modellje (*Fiala et al.* 2001, *Fiala et al.* 2012). Definíciója megegyezik a PET-ével, de az alkalmazott referenciakörnyezet más. Az UTCI számításához alkalmazott fiktív környezet a következő feltételeket teljesíti:

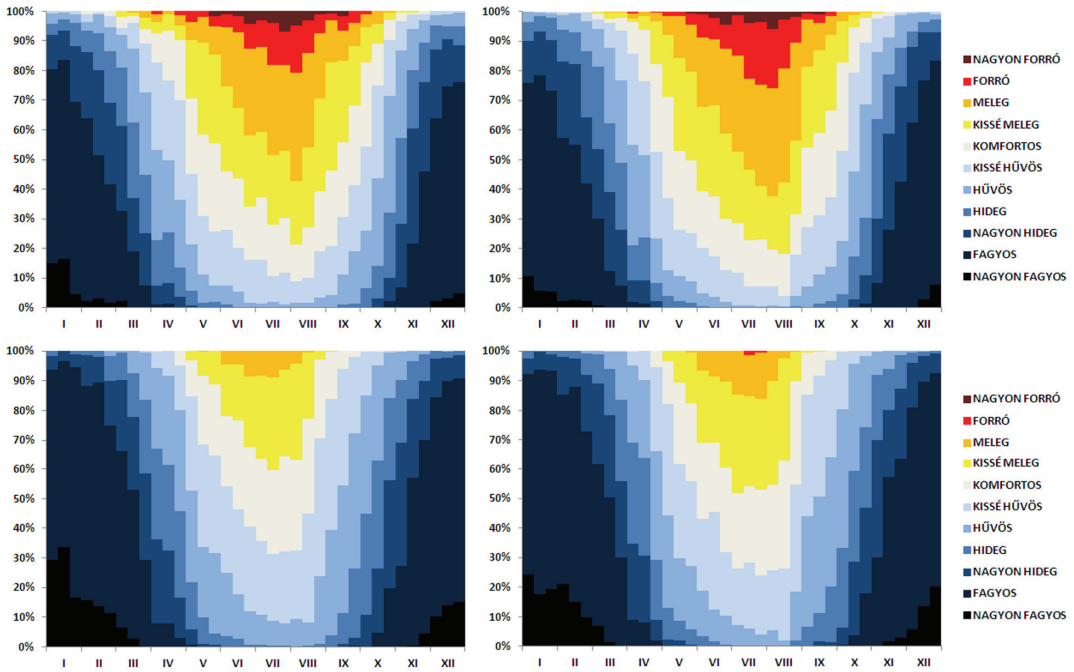
– az átlagos sugárzási hőmérséklet megegyezik a levegő hőmérsékletével ($T_{mrt} = T_a$),
– 10 m magasságban a légmozgás sebessége 0,5 m/s,
– a relatív nedvesség 50%, ha a levegő hőmérséklete 29 °C, vagy az alatti, míg 29 °C feletti léghőmérséklet esetén a 20 hPa vízgőznyomásnak megfelelő a relatív nedvesség, a fizikai aktivitás megfelel egy 4 km/h

(1,1 ms^{-1}) sebességgel sétáló emberének, ami 135 W/m^2 metabolikus rátával egyezik meg (*Jendritzky et al*. 2009, *Bröde et al*. 2012).

xekből havi, évszakos, évi átlagokat képeztünk a három éghajlati normálidőszakra vonatkozóan (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010). Elvégeztük az átlagolást a teljes vizsgált



5. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; PET, 1961 – 1990 (bal) és 1981-2010 (jobb), 12UTC (fent) és 18UTC (lent)



6. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; UTCI, 1961 – 1990 (bal) és 1981-2010 (jobb), 12UTC (fent) és 18UTC (lent)

Az UTCI számításához a következő meteorológiai elemek szükségesek: levegő hőmérséklete, átlagos sugárzási hőmérséklet, vízgőznyomás és szélsebesség.

A Balaton térségének bioklímája. A térség termikus komfortviszonyainak jellemzésére az Országos Meteorológiai Szolgálat siófoki főállomásának 12 UTC-kor és 18 UTC-kor mért adatait használtuk fel. A mért adatokból a RayMan program alkalmazásával számítottuk a PET és az UTCI értékeit. Az így kiszámolt, adott időpontra vonatkozó inde-

időszakra is (1961-2010, 50 év). Az átlagszámításon kívül a bioklimatológiai gyakorlatban alkalmazott módon, az egyes hőérzet-kategóriák relatív gyakoriságát is vizsgáltuk. Ennek során bioklíma diagram sorozatokat készítettünk mind a PET, mind az UTCI index felhasználásával a két vizsgált időpontra.

Mindezek alapján az elmúlt fél évszázad fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet adatait vizsgálva elmondható, hogy a térség bioklímája „kissé hűvös” (PET_{year} = 13,2 °C), „kissé meleg” nyárral (PET_{summer} = 27,2 °C) és „na-

gyon hideg" téllel (PET_{winter} = -1,9 °C). Az átmeneti évszakok komfortklímája „kissé hűvös" (PET_{spring} = 13,9 °C, PET_{autumn} = 13,3 °C). A fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet abszolút maximuma a vizsgált időszakban 51,2 °C, míg a legalacsonyabb érték -20,9 °C volt.

Az egyes hőérzet-kategóriák dekádonkénti relatív gyakoriságát az *1. ábrán* látható, ún. bioklíma diagram mutatja. Mérsékelt, vagy annál erősebb meleg stresszt okozó napokra általában március középső dekádjától szeptember utolsó harmadáig kell számítanunk. Júniustól szeptember közepéig fordulhatnak elő forró hőérzetű napok, igaz, relatív gyakoriságuk meglehetősen alacsony (0,6 – 5,6%). Az év termikus komfort szempontjából legkellemetlenebb időszaka augusztus első 10 napja. Ekkor a három legmelegebb hőérzeti kategória együttes előfordulása eléri a 60%-ot. Az elmúlt 50 év adatai szerint december és január hónapokban mindvégig kisebb-nagyobb hideg stressz éri szervezetünket; ebben a két hónapban a komfortos napok relatív gyakorisága nem kimutatható. Az ábrán jól megfigyelhető a vénasszonyok nyarának nevezett jelenség. Szeptember közepén ugyanis átmenetileg megnövekszik a forró és a nagyon forró kategória gyakorisága.

Az UTCI alapján a térség bioklímája „komfortos" ($UTCI_{year}$ = 12,9 °C), „hűvös" téllel ($UTCI_{winter}$ = -2,9 °C) és „meleg" nyárral ($UTCI_{summer}$ = 26,7 °C). A tavasz és az ősz szintén „komfortos" ($UTCI_{spring}$ = 14,0 °C; $UTCI_{autumn}$ = 13,6 °C). Jól látható, hogy bár számszerűen a PET és UTCI értékek nagyon hasonlóan alakulnak, az eltérő értéktartományok miatt némiképp más fiziológiai hatást jellemeznek. Ez egyben arra is figyelmeztet, hogy a különböző bioklíma indexek összehasonlítása és az általuk jellemzett komfortklíma jellemzése gyakran nehézségbe ütközik. Minden esetben szükséges jól dokumentálni a vizsgálathoz alkalmazott index tulajdonságait. Az 50 évi adatsort elemezve az UTCI értékek abszolút maximuma 40,6 °C, abszolút minimuma pedig -47,0 °C volt. Ez azt jelenti, hogy ezen index szerint az elmúlt fél évszázadban nem fordult elő a Balaton térségében a legmagasabb, „nagyon forró" hőérzetet jelentő komfort kategória.

Az UTCI értéktartományok relatív gyakoriságát ábrázoló diagramot (*2.ábra*) összehasonlítva a PET értékekből készített ugyanilyen diagrammal szembeötlő a különbözőség. Az UTCI – mivel globális indexről van szó – lényegesen kevesebb alkalommal jelez termikus stresszhelyzetet.

Az esti órákra jellemző komfortviszonyok elemzése a téli időszak kivételével minden évszakban fontos. Különösen így van ez nyáron, amikor napközben jelentős meleg terhelés éri a szervezetünket, ilyenkor ugyanis szükségünk van az esti-éjszakai időszakban a felfrissülésre. A *3. ábrán* megfigyelhetjük, hogy a PET értékek alapján május közepétől augusztus végéig, még ha időszakonként igen alacsony gyakorisággal is, de még 18 UTC-kor is számolnunk kell a meleg terheléssel. Különösen a június utolsó harmadától augusztus végéig tartó időszak figyelemre méltó, ekkor ugyanis a mérsékelt meleg stresszt okozó napok relatív gyakorisága meghaladja a 10%-ot. Az adatok alapján ugyanakkor elmondható, hogy még a nyár legmelegebb időszakában is túlnyomó részt olyan termikus viszonyok uralkodnak, amik kedveznek mind az esti-éjszakai szabadtéri tevékenységeknek, mind a nyugodt pihenésnek. A turisztikai programok tervezésénél azonban érdemes figyelembe venni, hogy a Balaton térségében augusztus végétől már rohamosan romlik a komfortklíma.

Az előzőeknél kedvezőbb képet mutat az UTCI adatokból készített bioklíma diagram (*4. ábra*). Az UTCI alapján az április végétől október elejéig terjedő időszakban legalább 50% relatív gyakorisággal fordul elő komfortos, vagy annál kissé melegebb termikus környezet 18UTC-kor (a PET alapján ez az időszak két hónappal rövidebb!), ami a szabadtéri programoknak kedvez. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy június elejétől augusztus

1. táblázat.
*A PET és az UTCI értéktartományai, az egyes kategóriákra jellemző fiziológiai stressz foka és a hőérzet (Matzarakis és Mayer 1996, Blazejczyk et al. 2010 alapján); * csak a hazai gyakorlatban alkalmazzuk!*

PET (°C)	UTCI (°C)	A fiziológiai stressz foka	Hőérzet
+41 felett	+46 felett	extrém meleg stressz	nagyon forró
—	+38 — +46	nagyon erős meleg stressz	erősen forró
+35 — +41	+32 — +38	erős meleg stressz	forró
+29 — +35	+26 — +32	mérsékelt meleg stressz	meleg
+23 — +29	—	enyhe meleg stressz	kissé meleg
+18 — +23	+9 — +26	nincs termikus stressz	komfortos
+13 — +18	0 — +9	enyhe hideg stressz	kissé hűvös
+8 — +13	-13 — 0	mérsékelt hideg stressz	hűvös
+4 — +8	-27 — -13	erős hideg stressz	hideg
—	-40 — -27	nagyon erős hideg stressz	erősen hideg
+4 alatt *(0 — +4)**	-40 alatt	extrém hideg stressz	nagyon hideg
*-10 — 0**	—		*fagyos**
*-10 alatt**	—		*nagyon fagyos**

PET (°C)	Tavasz	Nyár	Ősz	Tél	Év
1961-1990	13,8	26,6	13,5	-1,9	13,1
1971-2000	13,8	27,1	12,9	-1,5	13,2
1981-2010	14,1	27,8	13,2	-1,8	13,4

2: táblázat: A PET sokévi évszakos és évi átlagértékei a három éghajlati normálidőszakban

UTCI (°C)	Tavasz	Nyár	Ősz	Tél	Év
1961-1990	13,9	26,1	13,7	-3,2	12,7
1971-2000	14,0	26,6	13,3	-2,4	13,0
1981-2010	14,3	27,3	13,8	-3,0	13,2

3. táblázat: Az UTCI sokévi évszakos és évi átlagértékei a három éghajlati normálidőszakban

első dekádjáig, ha csak nagyon ritkán is, de előfordul a „forró” hőérzetet jelentő kategória is.

A termikus komfort változása az elmúlt fél évszázadban. A mért éghajlati paraméterek (pl. hőmérséklet, csapadék, napfénytartam, stb.) változása ma már ismert, erről számtalan tanulmány jelent meg. De vajon kimutatható-e a változás az olyan komplex indexek esetében is, mint a PET vagy az UTCI? A kérdés megválaszolásához vizsgáljuk meg három éghajlati normálidőszak, az 1961-1990, az 1971-2000 és az 1981-2010 közötti harminc év komfortviszonyait. A PET (*2. táblázat*) sokévi éves, illetve tavaszi és nyári átlagértékei folyamatosan emelkedtek. A legnagyobb változás a nyári átlagokban következett be, a harmadik harmincéves időszakban 1,2 °C-kal volt magasabb a PET átlaga, mint 1961-1990 között. Ősszel és télen más irányú változás figyelhető meg. Az őszi átlagérték 1971-2000 között alacsonyabb, mint a megelőző 30 évben. Ezt követően az 1981-2010-es érték ismét emelkedik. Télen a változás fordította az ősszel tapasztalhatónak. A PET 1971-2000-es átlaga magasabb, mint az előző időszakban, ugyanakkor a 1981-2010-es átlagérték ettől kissé elmarad. Az UTCI éves és évszakos átlagértékei a PET-hez hasonlóan változnak (*3. táblázat*).

Teljesebb képet kapunk a komfortklíma változásairól, ha a standard 30 éves időszakokra elkészített bioklíma diagramokat is elemezzük. Így lehetőségünk van megismerni, hogy a tíznapos időszakokban hogyan változik az egyes hőérzet-kategóriák relatív gyakorisága.

Az *5. ábrán* látható PET alapú bioklíma diagramon megfigyelhető a meleg hőérzeti kategóriák arányának növekedése a déli órákban, különösen a kora nyári időszakban. Május második és harmadik dekádjában a legutóbbi 30 évben több mint másfélszeresére nőtt a „meleg” napok aránya. Júliusban és augusztusban a „forró” hőérzetű napok gyakorisága nő meg. Jól látható ugyanakkor, hogy az 1981-2010-es időszakban augusztus közepétől a meleg hőterhelést okozó napok előfordulásának gyakorisága gyorsabban csökken, mint a korábbi időszakban. A fenti változások miatt a bioklíma diagram jellege – ha nem is jelentős mértékben, de észrevehető módon – megváltozott. A kora nyári időszakban a meleg oldal kidomborodik, miközben az őszi időszakban a „forró” és „nagyon forró” kategóriák visszaszorulnak. A téli félévben ennyire jellegzetes változás nem figyelhető meg. 18 UTC-kor hasonló jellegű változásokat fedezhetünk fel. A „kissé meleg” és „meleg” kategóriák relatív gyakorisága növekedett a nyári hónapokban, sőt júliusban már az erős meleg stresszt jelentő kategória is megjelent.

Az UTCI-n alapuló bioklíma diagramon (*6. ábra*) látható legjelentősebb változás az „erősen forró” napok megjelenése 12 UTC-kor, június végén, illetve a gyakoriság megnövekedése júliusban és augusztusban. Mindeközben a forró hőérzetű napok aránya is emelkedett. Az elmúlt 30 évben június utolsó dekádjától augusztus közepéig a „kissé hűvös” kategória gyakorisága 1% alá csökkent. Augusztus második dekádját követően a meleg hőterhelés egyre kevésbé jellemző. A kellemetlenül meleg napok gyakorisága az 1981-2010-es időszakban gyorsabban csökken, mint korábban. 18 UTC-kor az utolsó 30 évben jelentősen megnőtt az erős meleg stresszt jelentő napok gyakorisága a nyári hónapokban.

Összefoglalás. E tanulmányban a Balaton térségének termikus komfort viszonyai, illetve a termális bioklímában fél évszázad alatt bekövetkezett változások legfontosabb jellemzőit mutattuk be. Nem szabad elfelejtenünk ugyanakkor, hogy a termikus komfort szubjektív érzés, ami (sok egyéb mellett) az életkor, a nem és az egészségi állapot függvénye. Munkánk során az egyik legismertebb és leggyakrabban alkalmazott bioklíma indexen (a PET-en) kívül megvizsgáltuk a legújabb és legmodernebb index, az UTCI viselkedését is. Az UTCI alkalmazása bioklimatológiai vizsgálatokban – mivel új fejlesztésről van szó – nemzetközi szinten is ritkaságszámba megy. Az itt közölt eredmények a Balaton térségének részletes turisztikai klimatológiai vizsgálatának alapjait jelentik.

Irodalom

Béll, B. és Takács, L.(szerk.), 1974: A Balaton éghajlata; A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklímája. *OMSZ Hivatalos Kiadványa* XL. kötet, pp. 316

Blazejczyk, K., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Holmér, I., Jendritzky, G. és Kampmann B., Kunert A., 2010: Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. *Miscellanea Geographica* 14, 91-102.

Bröde, P., Fiala, D., Blazejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B. és Havenith, G., 2012: Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int. J. Biometeorology* 56, 481-494.

Fiala, D., Lomas, K.J. és Stohrer, M., 2001: Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. *Int. J. Biometeorology* 45, 143-159.

Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B. és Jendritzky G., 2012: UTCI – Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *Int. J. Biometeorology* 56, 429-441.

Höppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature in a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorology* 43, 71-75.

Jendritzky, G. 1993: The atmospheric environment – an introduction. *Experientia* 49, 733-738.

Jendritzky G., Havenith G., Weihs P. és Batchvarova, E.,(eds) 2009: Towards a Universal Thermal Climate Index UTCI for assessing the thermal environment of the human being. *Final Report of COST Action 730*

Lin, T. P. és Matzarakis, A., 2008. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *Int. J. Biometeorology* 52, 281-290.

Matzarakis, A., és Mayer, H., 1996: Another kind of environmental stress: Thermal stress. *WHO Newsletters* 18, 7-10.

Németh, Á., Schlanger, V., és Katona, Á., 2007,: Variation of thermal bioclimate in the Lake Balaton Tourism Region (Hungary). in: Matzarakis A., deFreitas C., Scott D. (eds.): *Developments in Tourism Climatology,* 37-42.

MIKROCSAPADÉKOK MÉRÉSI MÓDSZEREI ÉS VIZSGÁLATA MAGYARORSZÁGON

MEASUREMENT METHODS AND EXAMINATION OF MICROPRECIPITATION IN HUNGARY

Lázár Dóra
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
ldora1989@gmail.com

Összefoglalás: Magyarországon a zúzmara hálózatszerű mérése 1968/69 telén indult. A zúzmara mérések technológiai körülményei az elmúlt 45 évben nem változtak. A cikk a mikrocsapadékok, legfőképpen a zúzmara mérési módszereit foglalja össze, valamint az elmúlt tíz év mérési adatait dolgozza fel. Ilyen jellegű adatfeldolgozás a 1970-es évek vége óta nem történt Magyarországon. Célunk két időszak mérési eredményeinek összehasonlítása és ezek összegzése.

Abstract: In Hungary measuring network of the rime was established in winter 1968/69. Technological circumstances of the measurements have not been changed in the last 45 years. This paper summarizes the methods of measurement of dew, hoar frost and rime as well as results of the rime measurements in the last decade. The main aim of this study is to compare the results of two measuring periods.

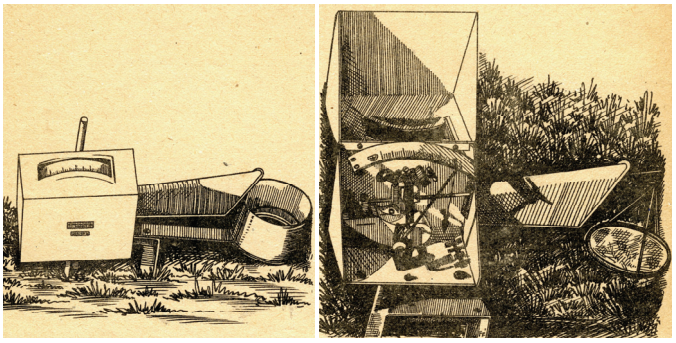
Bevezetés. A tanulmány témája a mikrocsapadékok mérési módszerei és vizsgálata Magyarországon. A harmat, a dér és a zúzmara mérése változatos módszerekkel történhet, viszont Magyarországon a mérési adat kevés, vagy egyáltalán nem áll rendelkezésre. Fontos megemlíteni, hogy e csapadék fajtáknak nagy szerepe van. Tavasszal, nyáron és ősszel, ha magas a hőmérséklet és nagy a levegő vízgőztartalma, az éjszakai kisugárzás miatt a tárgyak körüli levegő is erősen lehűl. Ha a hőmérséklet a harmatpont alá csökken, a vízgőz kicsapódik, így harmat keletkezik. Aszályos időszakban ez a kicsapódott víz segíti a növény vízkészletének növelését. A kora őszi fagyoknál pedig megfigyelhető a növényzeten is. Kora tavasszal a gyümölcs és a zöldség fejlődését is meggátolja, ha a bimbók megfagynak (*Buckley et al*., 2008). A dér miatt csúszásveszély alakul ki az utakon. Míg a zúzmara esetében fontos, hogy főképp a kiálló tárgyakra rakódik le, ez esetben például elektromos vezetékekre lerakódva vezeték-szakadáshoz vezethet. Ezek a csapadékfajták nem csak e szerepük miatt érdekesek, hanem mert keletkezésük a művészvilágot is megihlette.

Mikor a téma szakirodalomi hátterét gyűjtöttem össze, azt tapasztaltam, hogy ebben a témában kevés irodalom áll rendelkezésre. Magáról a mikrocsapadékokról összefoglalóan nincs is fellelhető cikk. E fogalomba tartozó elemekről a Magyarországon megjelenő meteorológiai folyóiratokban csak külön-külön található csekély számú cikk. A tanulmányok többsége pedig a zúzmaráról, a zúzmara méréséről szól. E cikkek megjelenése döntően az 1960–70-es évekhez köthető. Ezért is gondoltam, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálattól kért adatok segítségével saját vizsgálatokat végzek az elmúlt tíz évre, vagyis a 2001-2010-es időszakra.

A tanulmányban először rátérek a témakörben elhangzott fogalmak rövid ismertetésére. Majd a történeti áttekintés keretében ismertetem a Réthly Antal által összegyűjtött mikrocsapadékokhoz kapcsolódó időjárási eseményeket. Továbbiakban a három mikrocsapadék mérési módszereit összegzem mind vizuális mind műszeres mérés szempontjából. Végezetül a saját vizsgálataim eredményeit mutatom be. Célom így a mikrocsapadékok mérésének bemutatása a mostani és régebbi módszerek alapján, valamint a két időszakra vonatkozó mérési eredmények összehasonlító értékelése. Az elmúlt évtizedek hazai meteorológiai szakirodalmában a zúzmaramérések fontosságuk ellenére nem kaptak kellő hangsúlyt, így célunk a szakmai közvélemény figyelmének felkeltése.

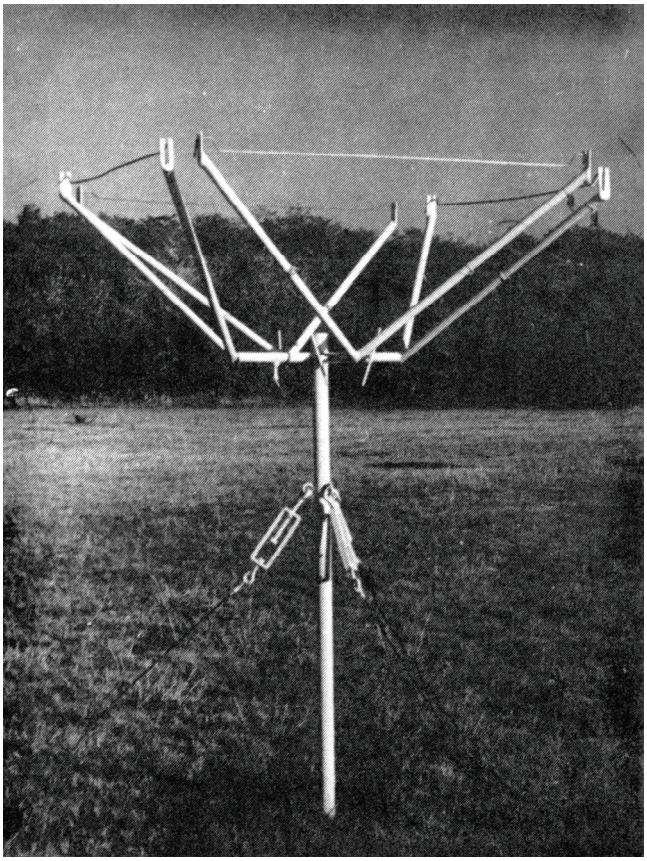
Kategória	A lerakódás Név	Jele Régi	Jele Új
Zúzmaralerakódások	Finom kristályos zúzmara	V	∀
	Szemcsés durva zúzmara	∀	▼
	Jeges durva zúzmara	∀	⧗
Ónoseső bevonat	Sikjég, jégbevonat	~	~
Hólerakódások	Vizes tapadó hó	⚹	⊼
	Fagyott, tapadó hó	⚹	⊻

1. ábra: Zúzmara-lerakódási formák szimbólumrendszere (*Csomor,1975*)



2. ábra: Lambrecht-féle harmatmérleg összeállítva és belül (*Pődör, 1959*)

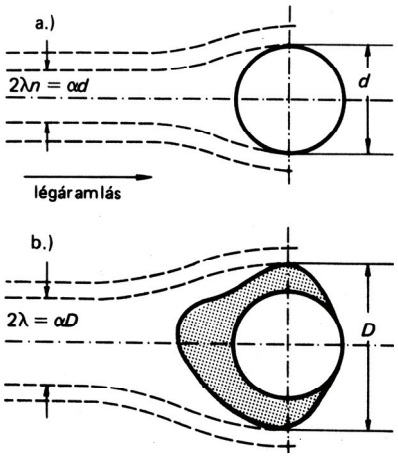
Általános definiciók. Összefoglaló néven mikrocsapadéknak nevezzük a csapadék azon formáit, melyeknél a kondenzáció közvetlenül a felszínen, a felszíni tereptárgyakon következik be. Fajtái a harmat, a dér és a zúzmara.



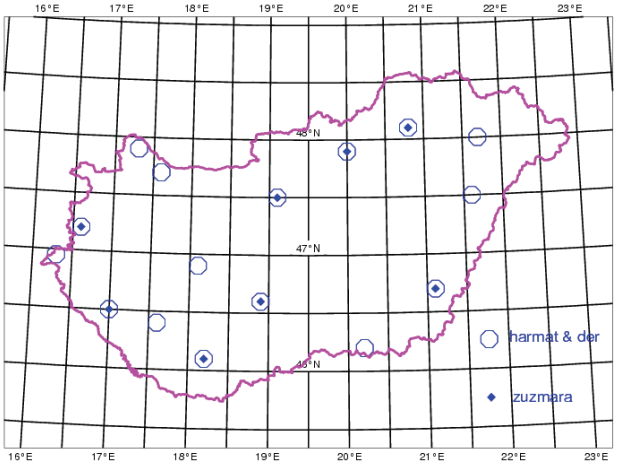
3. ábra: Egy régebbi (balra) és egy mai (jobbra) zúzmaramérő Budapest Pestszentlőrinc állomáson

A harmat a tereptárgyakat körülvevő levegő víztartalmának közvetlen kondenzálódásával jön létre, fagypont feletti hőmérsékleten. Két fajtáját különböztetjük meg. Lehet helyben lerakódó harmat, amennyiben a levegő alig mozog és a vele érintkező tereptárgyak felszínének hőmérséklete – kisugárzás révén – a levegő harmatpontja alá süllyed. Lehet még advekciós harmat, amikor a levegő – lassan áramolva – harmatpontjánál alacsonyabb hőmérsékletű tereptárgy fölött illetve mellett halad el. Az utóbbi esetben a tereptárgy függőleges felületei kapják a nagyobb vízmennyiséget, míg az előbbiben a vízszintes felületek. A ködlecsapódástól úgy lehet megkülönböztetni az advekciós harmatot, hogy keletkezésének idején nincs köd. A fehér harmat pedig a megfagyott harmatcseppek rétege.

A dér a levegő vízgőztartalmának közvetlen kifagyásával keletkezik fagypont alatti harmatpont esetén. Ugyanúgy, mint a harmat esetében megkülönböztetünk helyben lerakódó deret és advekciós deret.



4. ábra: Zúzmara-lerakódás mechanizmusa (Csomor, 1980)



5. ábra:Mikrocsapadék-mérő állomások Magyarországon

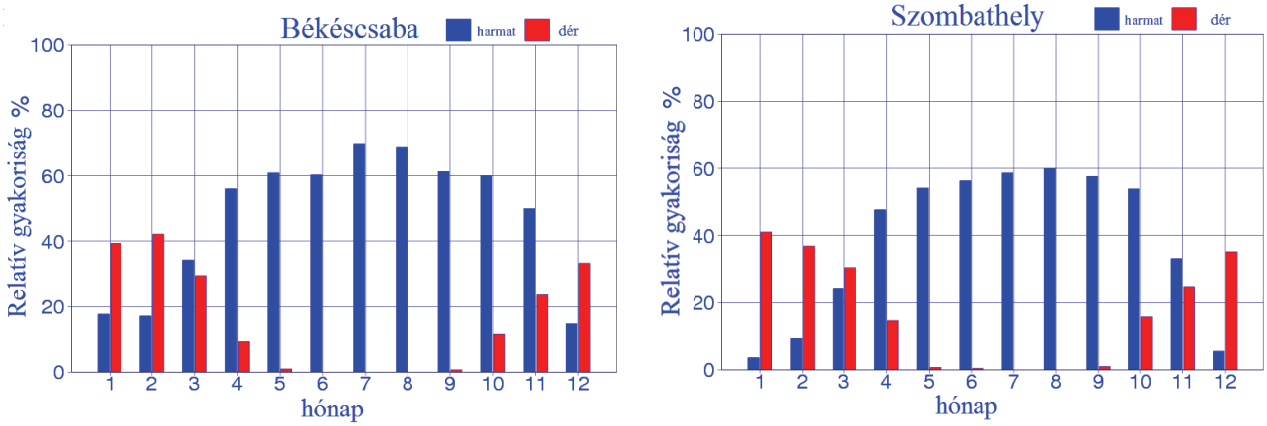
A zúzmara jelenség lényege az, hogy túlhűlt köd-, vagy felhőcseppek a különféle tárgyak felszínéhez ütődve azokra ráfagynak. Három félét különböztetünk meg (*Csomor*, 1972).

A finom zúzmara viszonylag vékony, könnyen lekaparható, sőt lerázható kristályos réteg, amely szélcsendben vagy gyenge légáramlásban keletkezik és a tárgyak fel-

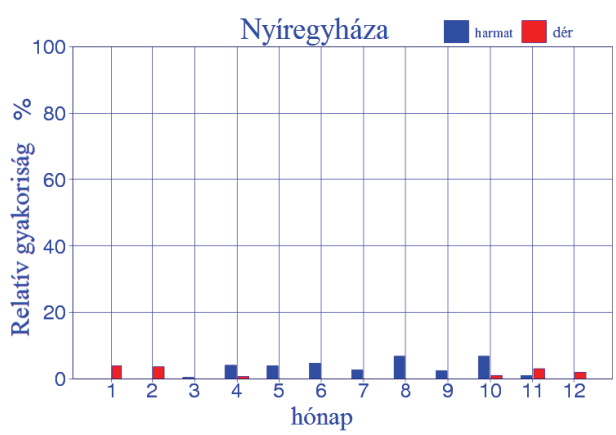
színét közel egyenletesen borítja. Általában –8 °C alatti hőmérsékleten jön létre.

A durva zúzmara ezzel szemben legalább mérsékelt erősségű szélben, s általában –2 °C és –10 °C közötti hőmérsékleten keletkezik. Ez a lerakódás a tárgyak szélfelőli oldalán nagyon vastaggá nőhet és ilyenkor tollakhoz hasonló kinövések jellemzik, amelyek széllel szemben állnak. A durva zúzmara erősebben tapad a tárgyak felszínéhez, de azért lekaparható.

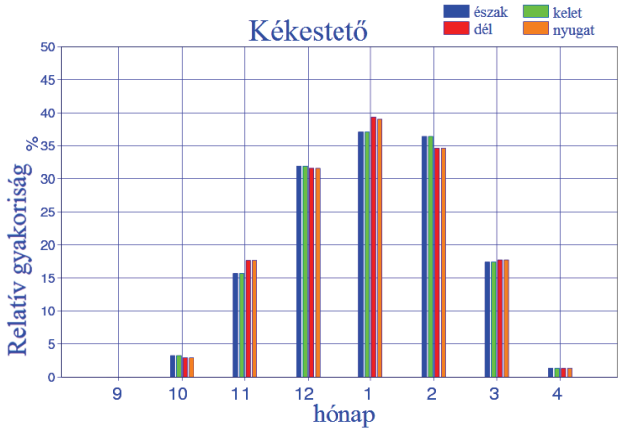
A harmadik zúzmarafajta, a jeges zúzmara okozza a legtöbb gondot, különösen a repülés számára. Azért nevezzük így, mert az általa bevont tárgyak felszínén tömören összefüggő, amorf szerkezetű, általában átlátszó réteget képez, amely igen erősen tapad. Csak kalapáccsal, vagy olvasztással távolítható el. Kialakulása 0 °C és – 3 °C közötti légnyomásban a legvalószínűbb, amikor a víz kifagyása lassan megy végbe, tehát be tud hatolni a résekbe, és tömör réteget tud létrehozni (*Czelnai,* 1981).



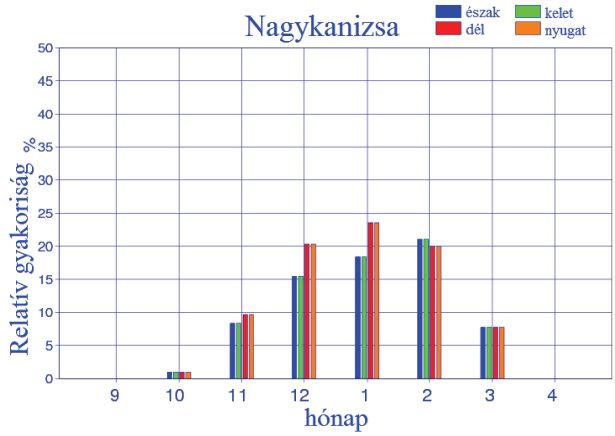
6. ábra: Harmat és dér havi gyakoriság diagramok, B ékéscsaba és Szombathely állomásra a 2001 –2010-es időszakra

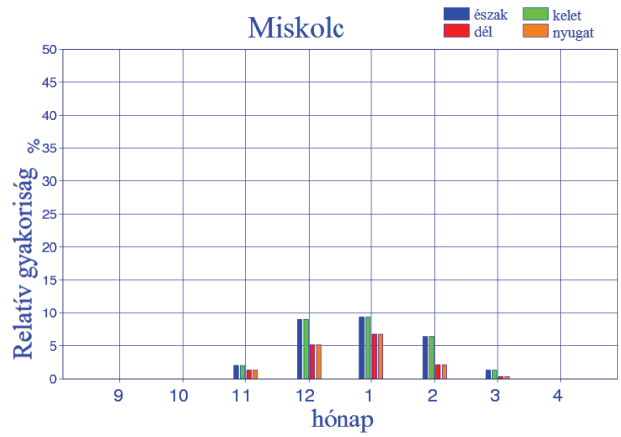


6. ábra (folytatás): Harmat és dér havi gyakoriság diagram Nyíregyházára a 2001 –2010-es időszakra



7. ábra: Zúzmara maximális lerakódás irányának gyakorisága Kékestetőn a 2001-2010-es időszakban





7. ábra (folytatás): Zúzmara maximális lerakódás irányának gyakorisága Nagykanizsa és Miskolc állomásra a 2001-2010-es időszakban

Történeti áttekintés. Az ókori görögöknél Arisztotelész helyesen megkülönbözteti a havat a dértől: „hó a felhők fagyása útján keletkezik, a dér viszont közvetlenül a gőzből jön létre”. De kialakulhat a túlhűlt cseppek lerakódásából is, ez elsősorban advektív ködökben figyelhető meg, amikor a meleg levegő a hideg felszín fölé érkezve lehűl (*Mészáros*, 2008).

Réthly Antal köteteiben is van néhány esemény a mikrocsapadékokkal kapcsolatban. 1841-ben Sopronban „Május 13-án dér volt, amely sok kárt okozott.” , 1622. augusztus 12-én Eperjesen „Nagy hőség volt, miután temérdek mérges igen sárga harmat hullott a földre, ezt dühöngődögvész követte”. 1809. november 20. Aradon „Ezen tájon nov. 20-án hó szirongokkal köszöntött be a tél. De mégis a szilaj szarvasmarha a mezőkön a hót felkaparva is élődik,…”

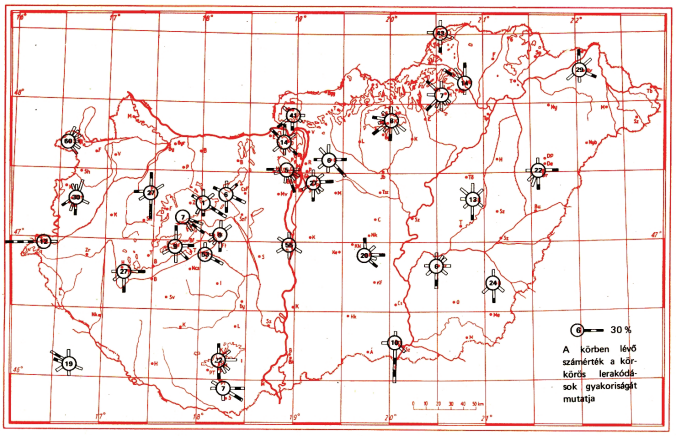
A szirongok mint kifejezés nincs az értelmező szótárban, de „szirony” van, mely zúzmarát, hódarát jelent, továbbá az olvadás után a hónak megfagyott felső része, daraeső „szironyos”, megkérgesedett hó felszínt is jelenthet (*Réthly*, 1998).

A zúzmara vizuális megfigyelése közel 100 éven át abból ált, hogy megkülönböztették a fajtáit és 0,1,2 indexszámokkal utaltak rá. Magyarországon az 1967/68-as év telén kezdték meg a zúzmaramérő műszeres méréseket. A hálózat körülbelül 20 állomást foglalt magába (*Csomor és Kissné Tóth*, 1966). 1975/76 telén pedig bevezették a nemzetközileg elfogadott jelölésrendszert, amit valamennyi megfigyelő állomáson alkalmaztak, függetlenül attól, hogy rendelkeztek-e mérőműszerrel (*Csomor*, 1975). Az *1. ábra* a jelölésrendszert tartalmazza.

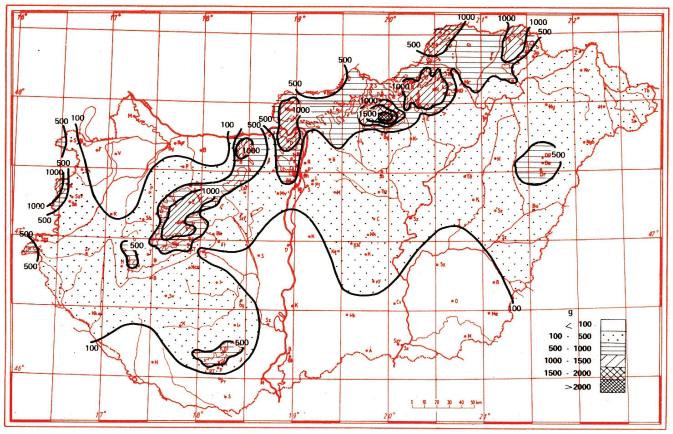
8. ábra: Zúzmara-lerakódás iránygyakorisága Nagykanizsán, Pakson és Miskolcon a 2001-2010-es időszakban

Mérési módszerek: Harmat és dér megfigyelése és mérése. A vizuális megfigyelés csak arról ad tájékoztatást, hogy az adott napon volt-e vagy sem harmat vagy dér. A harmat számszerű mérése Magyarországon hálózatszerűen nincs kiépítve. Magyarországon a harmat erősségét, valamint keletkezése intenzitását nem mérik. Csupán a harmatképződés kezdete és vége kerül rögzítésre. A dér mérése az észlelővel ellátott főállomásokon évtizedek óta folyik. A mérésre használt eszköz, a dérkorong azonban nem különbözteti meg az advektív és lerakódással keletkező deret. A dér víztartalmát mérjük. Vizsgálataim során inkább a zúzmara adatok feldolgozására koncentráltam.

A harmat esetében Lambrecht-féle harmat mérleggel meg tudjuk mérni saját magunk is a harmat mennyiségét (*Pődör*, 1959). A mérleget U-alakú villával szilárdan a talajhoz erősítjük, vízszintmérőt használva, függőleges beállításhoz leng egy függőón a műszer belsejében. Általában a talajtól 10 cm-re helyezzük el a serpenyőt. Szél esetén szükséges a serpenyővédő használata, mely alul-



9. ábra: Zúzmara-lerakódásának iránya Magyarországon 1968 és 1978 között



10.ábra: Maximális lerakódási tömegek területi eloszlása Magyarországon az 1968/69-1977/78 időszakban

felül nyitott. A mérleg skálája tizedes beosztású, mérőtartománya 0-tól 5 g-ig terjed. Az eredményt 1 m^2-re vonatkoztatjuk.

A mérés a következőképpen zajlik. A serpenyőt este kihelyezzük a műszerre, majd napkelte előtt, amikor a legnagyobb a harmat, a műszert leolvassuk, a mérés után a serpenyőt bevisszük és tiszta, száraz helyen tároljuk a következő mérésig. A *2. ábrán* egy Lambrecht-féle harmatmérleg látható.

Zúzmara megfigyelése és mérése. Vizuális megfigyelésénél megkülönböztetik a zúzmara fajtáját, és 0, 1, 2 indexszámmal jelölik azokat. A zúzmara gyakoribb a magas hegyvidékeken. 1965-ben egy 8 éves időszakot vizsgáltak meg. Ebben az időszakban a Mátra aljában a Lőrincin működő állomáson 63 napon regisztráltak zúzmarát, míg Galyatetőn (a Mátra 964 m magas csúcsához közeli állomás) 184 napon regisztráltak zúzmarát. Ebben a nyolc évben Lőrincin egyszer észleltek novemberben zúzmaraképződést, míg Galyatetőn 14–14 napon fordult elő márciusban és novemberben. Budapesten 30 nap volt a zúzmarás napok száma ebben az időszakban (*Hajós*, 1965).

Műszeres mérésnél egy közös állványra szerelt, 4 db 1 m hosszú távvezeték-darabból áll a műszer. A távvezetékek átmérője 5 vagy 14 mm (5 mm-es: 18 állomáson, 14 mm-es: 10 állomáson). A 2–2 db felfogó drót észak–dél, ill. kelet–nyugati irányra áll merőlegesen. Mérjük a lerakódás irányát és vastagságát, valamint a távvezetékről leolvasztják a rárakódott zúzmarát, melynek víztartalmát üvegedényben megmérik (*Csomor és Kissné Tóth,* 1966). Az *3. ábrán* balra látható egy régebbi zúzmaramérő műszer a pestszentlőrinci állomáson (*Csomor*, 1979), míg jobbra egy mai műszer. Elmondható, hogy nem változott nagymértékben a műszer kinézete. Egyedül talán a tartó ív alakja változott meg egy kicsit, a mérőtest, a tartóállvány és a többi alkatrész nem. Viszont elmondható, hogy az állomásokon történő zúzmara mérések technológiája és dokumentálási módszerei elavultak. A kvalitatív kiválasztási osztályokra alapozott tolómércével történő mérési technológia miatt a zúzmaramérések időbeli gyakorisága reálisan nem növelhető.

Zúzmara-lerakódás fő mechanizmusa. A zúzmaraképződés mechanizmusa sok tényező együttes hatására vezethető vissza (*Mika et al*., 1995). A legfontosabbak: levegőben lévő vízcseppek méreteloszlása és mennyisége, hőmérsékletük, a kondenzációs magvak koncentrációja, a légáramlás sebessége, azon test tulajdonságai, amelyekre a zúzmara kicsapódik (*Molnár*, 2004).

A szabadvezetékek és a zúzmaramérő felfogó drótja akadályt képeznek a levegő áramlásának útjában. Ha túlhűlt vízcseppek is vannak a levegőben, akkor a csepp a vezeték mellett vagy elhalad vagy beleütközik az akadályba. Ebből következik, hogy annak a légrétegnek a szélessége, amelynek a cseppjei elérik a vezetéket, kisebb lesz, mint a vezeték átmérője. A jéggel bevont sodrony (vezeték) melletti elhaladás feltételei függnek az akadály méretétől és a légáramlás sebességétől.

A jégteher növekedését a következő képlet írja le:

$$dG = 2\lambda\gamma_\omega v_d dt$$

ahol dG a jégteher növekedése adott méretű túlhűlt cseppek esetén, 2λ a légréteg szélessége, γ_ω a levegő adott méretű cseppek által alkotott nedvességtartalma, v_d a légáramban mozgó túlhűlt csepp tényleges sebessége.

A vezeték átmérője befolyásolja annak az aktív légrétegnek a vastagságát, amelynek cseppjei elérik a vezeték felületét. A 2λ értékét az alábbi egyenlet határozza meg, mely a cseppek mozgását írja le. A vezeték szomszédságában haladó légáramban tehát

$$2\lambda = d\left\{1 - \frac{1}{\left[\frac{2m_d}{k_s}(v'_d - v_\omega)\right]^2 + 1}\right\}$$

ahol v_ω szél sebessége, v'_d vízcseppek sebessége közvetlenül a vezeték elérése előtt, m_d vízcseppek tömege, k_s Stockes-féle együttható, d vezeték átmérője. A 2λ vastagsága növekszik egy bizonyos értékig az átmérővel, majd csökkenni fog (*4. ábra*).

A gyakorlatban különböző méretű cseppek egyszerre vannak jelen a levegőben, ezért 2λ=f(d) függvénnyel átlagolnak, miközben jellemző tulajdonságaikat megtartják. Ha a jég nagy, a lerakódás átmérője nő, viszont növekedési üteme csökken (*Csomor*, 1979).

A 2001 és 2010 közötti időszakra vonatkozó vizsgálatok. A magyar szinoptikus meteorológiai állomásokra zúzmara, harmat és dér észlelési illetve mérési adatokat a 2001 és 2010 közötti időszakra az Országos Meteorológiai Szolgálattól kértem. Az *5. ábra* mutatja a mikrocsapadék mérési programmal rendelkező magyar szinoptikus állomásokat. A 16 mikrocsapadék mérő állomásból 8 zúzmaraméréseket is végez. A szinoptikus állomáson kívül számos klímaállomás szintén rögzíti a dér illetve harmat előfordulását, a klímaállomások adatait azonban vizsgálataim során nem állt módomban használni.

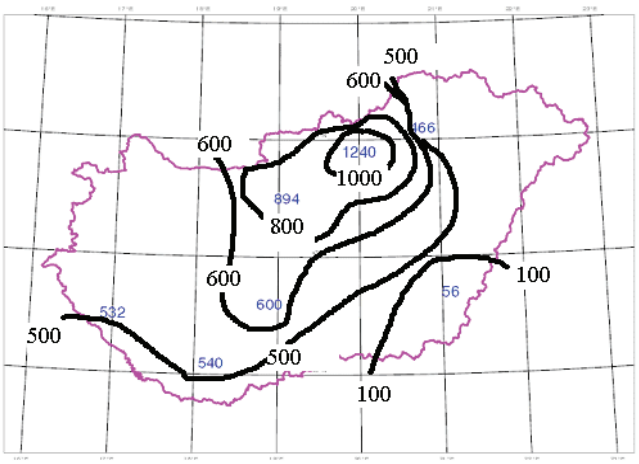
Először a harmat és dér statisztika havi gyakoriságát vizsgáltuk. A *7. ábrán* látható, hogy a legtöbb harmatot regisztrált város Békéscsaba és a legtöbbször deret észlelt város pedig Szombathely. Viszont Egerben, Nyíregyházán és Mosonmagyaróváron kevés harmatot és deret észleltek.

A következő lépésben megvizsgáltuk a zúzmara maximális lerakódás irányának gyakoriságát. A *8. ábra* alapján elmondható, hogy Magyarországon a leggyakoribb lerakódási irány a déli és a nyugati, míg kevés lerakódás figyelhető meg az északi és keleti irányban. A megfigyelhető leggyakoribb zúzmara-lerakódás természetesen a földrajzi adottságból eredően Kékestetőn van, míg a legkevesebb Pécs városában.

A zúzmara szélirány-gyakoriságot a meteorológiában gyakran használt szélrózsa felhasználásával ábrázoltuk (*9. ábra*). Most a zúzmara irányát csoportosítottuk, kiszámoltuk a gyakoriságát és ábrázoltuk a diagramon.

Látható a domborzat hatása a lerakódás irányára. A *10. ábrán* láthatjuk a leggyakoribb lerakódás irányát 1968 – 1978 közötti időszakban. Összehasonlítva a két időszakot megállapíthatjuk, hogy Miskolc és Pécs kivételével a többi 6 állomáson a maximális lerakódások iránya nem változott, csak a gyakoriságuk csökkent.

A maximális tömeg értékét *Csomor* (1975) módszerével



11. ábra: Grammban mért maximális zúzmara-lerakódási tömeg területi eloszlása, a 2001 és 2010 közötti időszakban

határozhatjuk meg. A módszer alkalmazása során a négy égtáj szerinti oldalon mért maximális víztartalmat megszorozzuk 20-szal, majd az így kapott értékeket összegezzük. A *11. és a 12. ábrán* megfigyelhető a két időszakbeli területi eloszlás. Kezdetben 20 állomáson mértek zúzmara-lerakódást, így az 1968/69-1978/79-es eloszlás térkép térben jóval megbízhatóbb, mint a 2001-2010-es időszakbeli térkép, mivel az állomásszám leredukálódott 7-8-ra. Az 1968/69 és 1977/78 közötti időszakban a maximális tömegeloszlás legnagyobb értéke 2160 g-mal Kékestetőn volt (*Csomor*, 1979). Vizsgálataink szerint a 2001–2010-es időszakban a legnagyobb értékkel, 1240 g-mal szintén Kékestetőn mutatkozott. A legkisebb maximum (56 g) Békéscsabán volt. Az átlagos maximum érték az országban 400 és 600 g között jellemző.

Összefoglalás. Összességében elmondható, hogy az elmúlt 10 évben a megfigyelési adatok szerint harmat és dér a délkeleti országrészben volt a leggyakoribb, míg az északkeleti országrészben a legritkább. Zúzmara-lerakódás leggyakrabban elhelyezkedéséből eredően a kékestetői állomáson volt. A leggyakoribb zúzmara-lerakódási irányánál felfedezhető a domborzat hatása. Viszont sajnálatos módon csökken a zúzmaramérést végző meteorológiai állomások száma, így bármilyen messzemenő következtetést nehéz levonni a rendelkezésre álló adatok alapján.

Fontos megemlíteni, hogy mindmáig Magyarországon a több évtizeddel ezelőtt meghonosodott módszerekkel mérnek, s megfontolandó a mérési technika modernizálása a szakemberek javaslatai alapján. Emellett megfontolandó az É-D és K-Ny irányú légvezeték minta tömegmérésére vonatkozó digitalizálási módszerek bevezetése. A zúzmara morfológia tekintetében pedig az érdemleges jelenségek esetén korszerű, ugyanakkor ma már elhanyagolható költségű digitális fényképezési technológia bevezetése.

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretném megköszönni *Mészáros Róbertnek*, *Ihász Istvánnak* és †*Ambrózy Pálnak* a sok segítséget, és a hasznos tanácsokat. Szeretnék még köszönetet nyilvánítani *Molnár Lászlónak, Révész Beátának, Hercsényi Lászlónak, Tóth Jánosnak* az OMSZ munkatársainak, hogy rendelkezésemre bocsátották a vizsgálatokhoz szükséges meteorológiai adatokat. Szeretném továbbá hálámat kifejezni az OMSZ könyvtárosának, *Tölgyesiné Puskás Mártának* a szükséges szakirodalom összegyűjtésében nyújtott segítségéért.

Irodalom

Antal, E., 1956: A harmat, a dér és a zúzmara megfigyelésének jelentősége. *Légkör* 1(4) 9

Buckley, B., Hopkins, E.J. és Whitaker, R., 2005: A klímakutatás enciklopédiája, *Jószöveg Műhely Kiadó*

Czelnai, R. 1981: Bevezetés a meteorológiába III. - A meteorológia eszközei és módszerei, 86-87, *Országos Meteorológiai Szolgálat*

Csomor, M. és Kissné Tóth, E., 1966: A zúzmara megfigyelésének fontossága. *Légkör* 11(3) 63-64

Csomor, M., 1972: A zúzmara Magyarországon. Doktori értekezés. *ELTE Meteorológia Tanszék*, Budapest

Csomor, M. 1975: Útmutatás a zúzmara megfigyelésére és mérésére. *Kézirat. Országos Meteorológiai Szolgálat*

Csomor, M. 1975: A zúzmara megfigyelése. *Légkör* 20(3), 70-71

Csomor, M,. 1979: A hazai zúzmaramérések eredményei. *Légkör* 24(4), 10-14

Csomor, M,. 1980: Összehasonlító zúzmaramérések eredményei. *Légkör* 25(4) 9-13

Hajósy, F., 1965: A zúzmaráról. *Légkör* 10(4) 89-91

Mészáros, E., 2008: Légkör megismerésének története. *MTA Történettudományi Intézet*

Mika, J., Szentimrey, T., Csomor, M., Kövér, Zs., Nemes, Cs. és Domonkos P., 1995: Correlation of ice load with large-scale and local meteorological conditions in Hungary. *Atmospheric Research* 36, 261-276.

Molnár, L., 2004: A zúzmaraképződés mechanizmusa és bemutatása egy esettanulmányon keresztül. *Légkör* 49(2), 23-24.

Pődör, J., 1959: Harmatmérés Lambrecht-féle harmatmérleggel. *Légkör* 4(5), 5-6,

Réthly, A., 1998: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. *Országos Meteorológiai Szolgálat*

Réthly, A., 1998: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801-től 1900-ig. *Országos Meteorológiai Szolgálat*

AZ ÉGHAJLATI PARAMÉTEREK ÉS A SZŐLŐ FENOLÓGIAI VIZSGÁLATA KERKAMENTE, MURAMENTE ÉS MURAVIDÉK TERÜLETÉN

ANALYSIS OF THE CLIMATIC PARAMETERS AND GRAPE PHENOLOGY IN KERKAMENTE, MURAMENTE AND MURAVIDÉK AREA

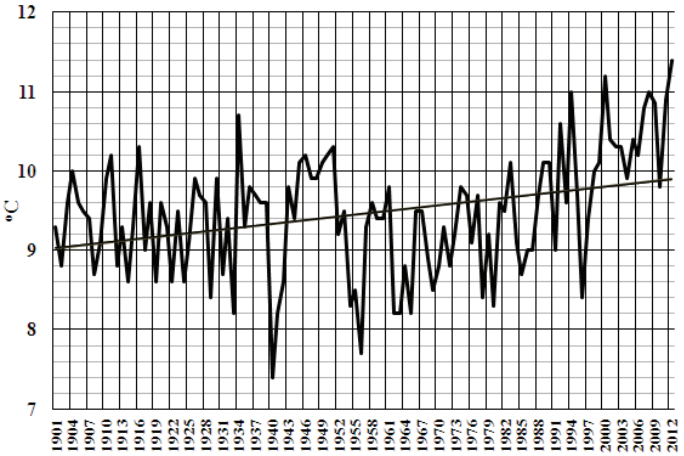
Kovács Erik, Puskás János

Nyugat-magyarországi Egyetem Földrajz-és Környezettudományi Intézet, *kovacs.erik@aol.com; pjanos@gmail.com*

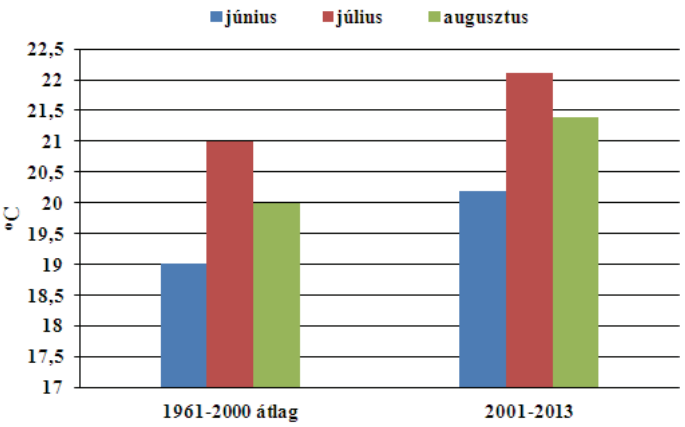
Összefoglalás. Az éghajlati paraméterek változása mellett megállapíthatjuk, hogy egyre gyakoribbak Kerkamente, Muramente és Muravidék területén is a szélsőséges időjárási események. Hasonló tendenciát mutat, mint az országos átlag, de ugyanakkor nem olyan nagymértékű, mint pl. az alföldi tájakon vagy – ha a Kárpát-medencét nézzük – az Erdélyi-medence területén. A változást mutató éghajlati paraméterek, a növekvő és sűrűsödő szélsőséges időjárási események jelentős károkat okoznak a helyi mezőgazdaságnak, illetve jelentősen befolyásolják a növények életműködését. A negatív tendencia következménye, hogy átlagban csökkent a termés mennyisége és sok esetben minősége is, a szélsőséges időjárás jelentős anyagi károkat okoz az ebből élő embereknek. A területen végzett szőlő fenológiai vizsgálatokból azt a konklúziót lehet levonni, hogy 17 év megfigyelés alatt a szőlő tenyészideje rövidülést, változást mutat. A rügyfakadás átlagosan 4 nappal korábban történik, hamarabb figyelhető meg a virágzás és a szüretek is korábbra tolódtak 3 nappal.

Abstract. Beyond the changes in climatic parameters we can conclude that more often and often occure extreme weather events on the Hungarian, Croatian and Slovenian area of pelisse Mur river and Big Krka creek. It shows a similar tendency like the national average but it's not so major as, for example in Transylvania or on the landscapes of Great Hungarian Plain. The climatic parameters showing changes and the growing extreme weather events cause significant damages in the local agriculture and these influences the process of life functions of the plants. The consequence of negative trend is that the quantity and quality of the crop decreased and the extreme weather causes enormous damages for the inhabitants and peasants living there. After 17 years we can do a conclusion of the grape phenological studies: grape gemmation begins 4 days earlier than the average time period and the grape harvest begins and ends sooner than the usual time period.

Bevezetés. A XXI. század egyik legjelentősebb nemzetközi, hazai és regionális kihívása a klímaváltozás és a következményei elleni védelem. A kutatásunk és megfigyeléseink célja bemutatni, hogy Dél-Zalában, Kerkamente és Muramente illetve Muravidék Magyarországra eső területein, az éghajlatváltozás ilyen kis területeinek, éghajlatának megfigyelése, illetve az éghajlati paraméterek változásának (hőmérséklet, csapadék, légnyomás, havas napok, téli napok, fagyos napok, hőség napok, nyári napok, száraz időszakok) vizsgálata (állomások: *Nagykanizsa, Letenye, Iklódbördőce, Lenti, Lendva és. Csáktornya)*,



1.ábra: Az évi középhőmérséklet alakulása 1901-2012 között Nagykanizsán. (OMSZ adatok alapján)



2 ábra: A nyári hónapok középhőmérsékletei

ten is érezteti hatását, az időjárási elemek (pl. hőmérséklet, csapadék) változása milyen irányban és mértékben módosultak, és ezeknek a változásoknak illetve a szaporodó szélsőséges időjárási eseményeknek milyen hatásaik vannak a helyi mezőgazdaságra (különös tekintettel a szőlő és bortermelésre). Sajnos, ez a geográfiai térség rendkívül elhanyagolt a magyar kutatók körében, ezért nagyon fontosnak tartjuk az itt végzett vizsgálatokat.

A kutatás módszere. A kutatás két nagy részből áll:

- az első rész, Dél-Zala, Kerkamente, Muravidék és Muramente horvátországi és szlovéniai magyar lakta terü-
- a második rész pedig a szőlő fenológiai vizsgálatát mutatja be.

Az első rész megfigyeléséhez az Országos Meteorológiai Szolgálat (továbbiakban: OMSZ) két állomása (a nagykanizsai és az iklódbördőcei), két dél-zalai magán mérőállomás, és a szlovén lendvai állomás és egy horvát csáktornyai állomás szabadon elérhető adatait használjuk fel.

Az egyik magán eszköz 2005 novembere óta Letenyén működik. Ez egy La Crosse WS 3600-as készülék. Ehhez tartozik egy kültéri szélmérő, szélirányméro, páratartalom mérő, csapadékmérő szenzor és egy bel-, illetve kül-

téri hőmérséklet, légnyomás, harmatpont, csapadékintenzitás mérő eszköz. A mérőtartozékok a WMO előírásoknak megfelelő helyen vannak kihelyezve. A mini computer mérési ideje 1 percre van beállítva, azonban a napi legalacsonyabb és legmagasabb hőmérséklet mérése manuálisan történik. Ezek mérése november 1. és március 31. között reggel 7 és délután 14 órakor, április 1. és október 31. között reggel 6 és délután 15 órakor történik.

A mérőállomás szélmérője és szélirányméröje egy La Crosse WS 3610–es tartozékkal is kiegészítve működik, mivel ezzel pontosabb méréseket lehet végezni, mint a korábbi széria szélmérőjével.

A másik magán mérőállomás Lentiben található egy WS 2300-as állomás, mely 2003 óta üzemel. Ahhoz, hogy meg tudjuk nézni és össze tudjuk hasonlítani az éghajlati paraméterek módosulását, néhány esetben fluktuálását, mint a hőmérsékletváltozást, csapadékváltozást, illetve a havas napok számának változását, fagyos napok számának változását, a hőhullámos időszakok változását stb., ehhez a korábban is a vizsgált térségben található nagykanizsai OMSZ és a szlovén lendvai állomás adatait kellett, illetve kell feldolgozni. A harmadik magán állomás 2001 óta működik Horvátország Csáktornya településén.

Hőmérséklet és csapadék vizsgálatnál a fő hangsúly az 1961-től kezdődő időszakra koncentrálódik, de a 110 éves változásokat is vizsgáljuk. Az 1961-2000 és az 1971-2000 közötti időintervallumhoz hasonlítottuk a 2001-től kezdődő időszakot. A csapadékváltozást csak hosszabb időtávban érdemes tanulmányozni, ehhez az OMSZ nagykanizsai állomás 1901-2012 közötti időszak adataira volt szükség.

Fentebb írtuk, hogy vizsgáljuk a helyi mikroklíma változását és a szélsőséges időjárás következményeit a vizsgált területen, különösen a térség mezőgazdaságára gyakorolt hatását. Ezek az események: az aszály, vízhiány, hőség következtében bekövetkezett károk és mértékük, a zivatarok, felhőszakadások, jégesők következményei és az extrém csapadékos időszakok és hatásaik.

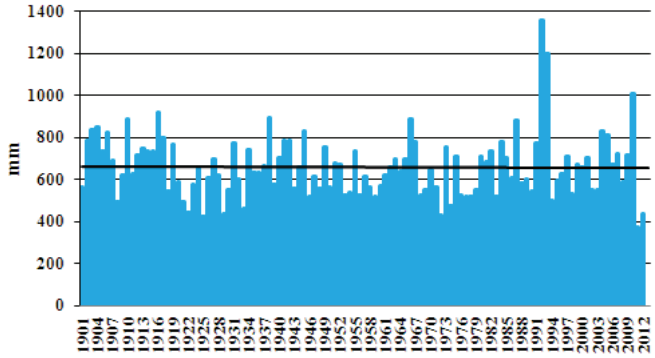
Vizsgáljuk a klímaváltozásnak és a szélsőséges időjárási eseményeknek a szőlő vegetációjára gyakorolt hatását. Ez a kutatás a dél-zalai szőlőhegyeken a Zalai Borvidék Kerka- és Muramenti Hegyközség szőlőshegyein kezdődött, ma már a Zalakaros Térsége Egyesült Hegyközség, Nagykanizsai Hegyközség, a Muravidéki Borvidék-Lendvai Hegyközség (Szlovénia) és Csáktornya (Horvátország, Zagorje-Muraközi Borvidék) 23 szőlősgazdájánál végezzük, 14 szőlőshegyen.

A kutatás lényege, a szőlő vegetációs idejének megfigyelése: mikor kezdődik a rügyezés, virágzás, milyen gyorsan érik be a szőlő, az egyes években a szüret előtti 60 napban milyen makroszinoptikus helyzetek voltak jellemzőek, és ezáltal a must cukorfoka milyen értékű (*Puskás et al*. 2011; *Puskás és Unger* 2011; *Károssy* 2013), illetve vizsgáljuk, hogy mikor történik a szüret, illetve az éghajlatváltozás és a szélsőséges időjárás milyen mértékben gyengítik a szőlő ellenálló képességét (betegségek), képes-e a szőlő a gyors alkalmazkodáshoz és mindezek miatt milyen termésátlagot produkál évenként.

Mi szándékosan nem fenológiai modellek alapján folytatjuk megfigyeléseinket, mivel a rügyezés, virágzás és a szüret idején 2-3 naponta rendszeres terepbejárást folytatunk és nap mint nap a szőlőben dolgozó helyi gazdák is segítenek nekünk megfigyeléseikkel. Így közel 100%-ig pontos adatokat tudunk kapni. A fenológiai modellek a gyümölcsök esetében gyakran 5-6 napot is tévednek főleg a rügyfakadás esetében (*Chuine et al*., 1999).

A szőlő szüret idején csak három szőlőfajtán (Szürkebarát, Olaszrizling, Rizlingszilváni) végezzük a megfigyelést, mivel e három szőlőfaj megtalálható mind a 23 gazdánál. Ezt a vizsgálatunkat szeretnénk kiterjeszteni az egész Zalai Borvidékre és Kerkamente, Muramente, Muravidék egész horvátországi és szlovén területeire is.

Az éghajlati paraméterek változása. Az éghajlati paraméterek jelentős módosulást mutatnak a vizsgált térségben. Az évi középhőmérséklet 1901-2012 között ~0,7 °C-os hőmérsékletemelkedést mutat (*1. ábra*). Az elmúlt 112 évben a tíz legmelegebb évből nyolcat 1990 után regisztráltak a térségben, melyek közül a legmagasabb középhőmérsékletű év 2012 lett. A hat állomás átlaga 11,4 °C, mely 1,5 °C -kal magasabb, mint a 110 évi átlag.



3. ábra: A csapadék évi mennyisége Nagykanizsán

Az évszakok közül nyáron figyelhetjük meg a legjelentősebb hőmérsékletemelkedést (*2. ábra*). A júniusi hónap középhőmérséklete 2001-2013 között 1,2 °C-kal haladja meg az 1961-2000 közötti átlagot. A júliusé 1,1 °C-kal, míg az augusztusé 1,4 °C-kal. Jelentősnek mondható az úgynevezett átmeneti hónapok középhőmérsékletének változása is, melyek közül a szeptember mutatja a legnagyobb változást a 40 éves átlaghoz képest, közel 1,6 °C-os hőmérsékletemelkedéssel, a május csekélyebb, „csak” 0,8 °C-os emelkedést mutat.

Letenyén – saját mért adatok alapján – 2006-2012 között csak egy olyan év volt mely a nagykanizsai 110 éves évi átlag középhőmérsékletet nem érte el (2010), a legmelegebb év 2012 volt, 11,5 °C-kal.

A téli napok száma 6 napos csökkenést mutat, a fagyos napok 3 nappal csökkentek, míg a nyári napok 4 nappal bővültek az 1961-2000 közötti időszakhoz képest.

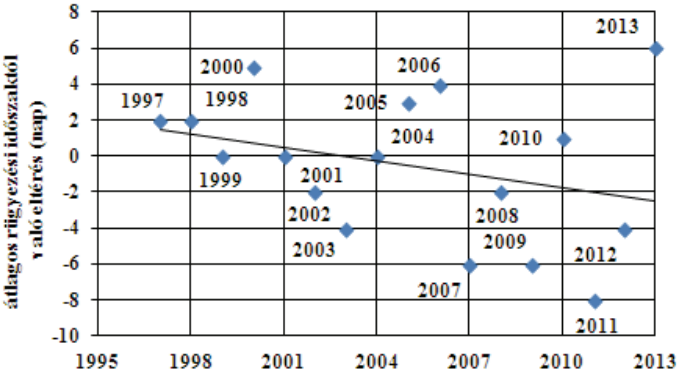
A nyári évszakban jelentősen megnőtt a hőségnapok száma, 2001-2013 között a legtöbb hőségnapos év 2012 (49 nap), 2003 (48 nap) és 2007 (34 nap) voltak a vizsgált térségben. Az évi hőösszeg Magyarországon 2200-3300 °C (*Nádor és Oravecz* 2007; *Szász és Tőkei* 1997),

a vizsgált területen az évi hőösszeg átlaga 2001 és 2012 között a hat mérőállomás adatai alapján 2900 °C. A legalacsonyabb hőösszegű év a tenyészidőszak idején 2010 volt, a legmagasabb 2012.

A csapadékvizsgálat nem mutat olyan egyértelmű változást, mint a hőmérséklet. Mivel a csapadék térben és időben is eltérő éghajlati paraméter (*Lakatos et al*. 2012), ezért ha a hosszú 112 évi változást vizsgáljuk, nem lehet egyértelműen kijelenteni egy egységes folyamatot. Nagykanizsán 1901-2012 között nem történt jelentős változás, átlagosan 10 mm csapadékcsökkenés történt (*3. ábra*). A 20. század második felétől elkezdődött a csapadékcsökkenés erőteljesebb folyamata, főleg a tavaszi és nyári évszakokban, mely 1981-2013 között átlagosan 1,2 mm/nap csökkenést jelent. A csapadék változékonyságát mutatja, hogy ugyanezen időintervallumban Lendván 1,3 mm/nap csapadéknövekedés figyelhető meg, pedig a távolság a két állomás között csak 50 km. A vizsgált időszakban regisztrálták hivatalosan a térség legszárazabb évét 2011-et, melyet egy szélsőségesen csapadékos év 2010 előzött meg.

Muravidék legcsapadékosabb éve 1992 volt, közel 1350 mm évi csapadékkal (Nagykanizsa, Lendva adatai), a legszárazabb pedig 2011, alig 404 mm-el (6 állomás adata). Itt érdemes megemlíteni, hogy 1971 óta, 18 olyan év volt a vizsgált térségben, mikor a növények tenyészidejében – átlagosan április-október közötti időszak – hosszabb-rövidebb időszakig csapadékhiány lépett fel. Ezek közül a legintenzívebb 2011 és 2012 volt.

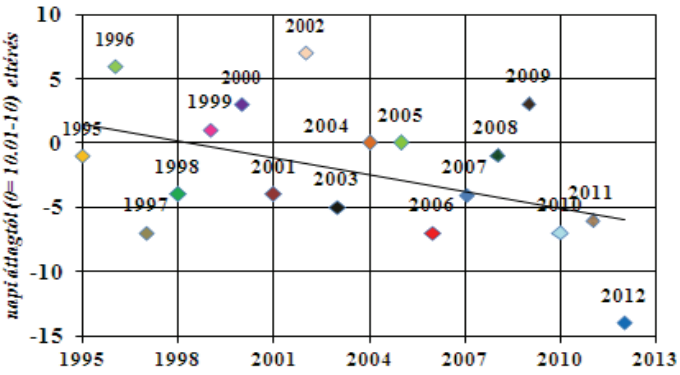
A havas napok száma csökkenést mutat: átlagosan 36-40 nap (*Péczely,*2002) között változik, de 2001-2012 között: 32 napra csökkent, 2006-2012 között Letenyén: 31 nap. A zivataros napok száma is csökkenést mutat Muravidék, Muramente és Kerkamente területén. Míg 1971-2000 között 32 nap volt zivataros nap átlagban egy évben, addig 2001-2012 között ez már csak 27 nap (Letenyén saját megfigyelésem alapján 2006-2012 között 26 nap). Miközben csökken a zivataros napok száma, megfigyelhetjük, hogy a zivatarokhoz köthető káresemények mértéke nőtt az elmúlt időszakban. Extrém zivataros év (jelentős káresemények történtek a zivatarok és a zivatarokat kísérő jelenségek következtében) volt a térségben 2000 után 2002, 2006, 2008, 2009 és 2012.



4. ábra: A rügyfakadás ideje az összes szőlőfajta esetében, 1997-2013 között a viszgált területen

A szélsőséges időjárási események hatása a vizsgált térség mezőgazdaságára. Sajnos a növekvő aszályos, száraz időszakok időbeli hosszának növekedése, a hőhullámok, az egyre szélsőségesebb zivatarok, jégesők, a téli és tavaszi fagyok, a gyakran rövid idő alatt lehulló extrém sok csapadék, a havas napok számának csökkenése jelentős károkat okoznak a helyi mezőgazdaságnak, mivel csökkentik a termés mennyiségét és sok esetben minőségét is. A mezőgazdaságból élők között Zalában egyre kevesebb a biztosított, de még így is nőtt az elmúlt 10 évben a bejelentett károk mértéke, illetve változott az igényelt és kifizetett kárenyhítési pénzek aránya is. Amíg 1991-2000 között vízkárra (árvíz, belvíz) és fagykárra, 2001-2012 között aszálykárra és jégkárra fizették ki a biztosító társaságok és az állami szervek a legtöbb pénzt Zala megyében. Az aszályos, vízhiányos időszakok illetve a zivatarok, jégesők okozták a legtöbb kárt a mezőgazdaságban 2001-2012 között. Az 1991-2000-es időszakban a károk megoszlása: aszály 19, jég 11, fagy 15, víz 30, s egyéb 19% volt. Ezzel szemben a 2001-2012-es periódusban a megoszlás: azsály 45, jég 24, fagy 10, víz 19, egyéb 2%. Az adatok forrásai: MABISZ, FVM és falugazdászok.

Szőlő fenológiai vizsgálatok. A klíma megváltozása a növények, állatok életciklusára is jelentős hatást gyakorol. A hőmérsékletemelkedésre a növények és az állatok reagálnak a leggyorsabban. A növények esetében a kilombozódásra, rügyfakadásra, virágzásra, tenyészidőszak változására van jelentős hatással. Például Magyarországon 3-8 nappal változott az akác virágzásának ideje 1854-1997 között. Angliában egyes növények virágzása 1 hónappal korábban kezdődik, mint 1950 előtt. A városokban jobban érződik a hőmérsékletemelkedés (városklíma), ezáltal ezek a változások itt a növények életében gyorsabban lejátszódnak. Az állatok esetében, pl. az Alpokban megháromszorozódott (Magyarországon is) a kullancsok száma, 35 nem vándorló európai lepkefaj közül 22 faj előfordulási területe észak felé tolódott (35-240 km-el), 1 fajé délre. Angliában 1975-1990 között 60 vizsgált énekesmadárból 20, 4-17 nappal korábban fészkelni kezdett, mint előtte (*Kalapos,* 2011).



5.ábra: A szüret időpontjainak változása 1995-2012 között Dél-Zala (szürkebarát,rizlingszilváni,olaszrizling)

Tehát, láthatjuk, hogy bizonyítottan befolyásolja az éghajlat változása és az abiotikus tényezők változása a növények és állatok életműködését.

A szőlőnek, mint fás növénynek a produkcióját genetikai adottsága és külső környezete, ezen belül az év időjárása is meghatározza (*Hajdu,* 2007; *Hajdu E. és Borbásné Saskői*, 2009). Ha a szőlő életterét tanulmányozzuk, akkor figyelembe kell vennünk a növényt, mint genetikai potenciált, a talajt, amelyben gyökerezik, támaszkodik, amelyből elsősorban vizet és tápelemeket vesz fel, amely védelmet ad a kiszáradással szemben, és a növényt körülvevő, ráható időjárási elemeket (*Kriszten*, 1999). A környezeti tényezők között az időjárási elemek a szőlő termésének alakításában fontos szerepet játszanak. A napfény, a léghőmérséklet és a csapadék igen befolyásolják, asszimilálják képződését, sőt halmozott érvényesülésükkel szelekciós nyomást gyakorolnak a szőlőre. Ezen hatások alatt a szőlőfajták szelektálódhatnak az adott tájban uralkodó éghajlathoz. Például a fagyérzékeny fajták a lehűléseknél elfagynak és növekedésükben, termésükben visszaesnek. Ugyanez a jelenség tapasztalható aszálykor a vízigényes fajtáknál (*Tar és Hajdu*, 2009).

A szőlőtermesztés sikere nagyban függ az időjárás és az éghajlat paramétereitől. A változó éghajlat hatásának már látható jegyei vannak az egyes fenológiai fázisokban (*Kovács*, 2008). A szőlő fenológiai szakaszai közül a rügyfakadás és a virágnyílás modellezése fontos lehet a sikeres növényvédelem vagy a termesztési technológia szüret idejére (szürkebarát, olaszrizling, rizlingszilváni esetében), és vizsgáljuk, hogy egyes években a szüret előtti 60 napban milyen makroszinoptikus helyzetek voltak jellemzőek, és ezáltal a must cukorfoka milyen értéket produkál. A szőlő tenyészideje 17 év megfigyelés után változást mutat Muravidék, Muramente és Kerkamente szőlőhegyein. Megfigyelhetjük, hogy szignifikáns összefüggés van a kora tavaszi átlaghőmérsékletek alakulása és a rügyezés időpontja között és ugyancsak szignifikáns összefüggés van a nyári hőmérsékletek, csapadék és a must cukorfok értékének kapcsolatában.

Azokban az években mikor az átlagnál enyhébbek a tavaszok, akkor a rügyezés hamarabb történik, azokban az években mikor hűvösebb a tavasz, különösen az áprilisi hónap első fele, akkor később történik a rügyfakadás.

A rügyfakadáshoz legkevesebb 10 °C szükséges, míg 12–13 °C a virágzáskori alsó határ. 1997-2013 között a rügyfakadás átlagosan 4 nappal korábbra tolódott, az átlagos április 10-20 közötti időszakhoz képest (*4. ábra*). A rügyfakadás kezdő időpontjai a vizsgált termőhelyeken akkor lettek feljegyezve, amikor az állomány 10 %-ánál megtörtént a rügyfakadás. A szüretek időpontja is változott, 3 nappal a növekvő meleg, forró és száraz hőhullámoknak köszönhetően (*5. ábra*). Itt kell megjegyezni, hogy a szőlő vízigénye erősen változó. A vegetációs fázistól függ nagymértékben a vízfelhasználás.

1. táblázat: A ciklonális és anticiklonális napok számának összefüggése a szőlő cukorfokával
**Péczely típusok összesítésével*

Év	Cukorfok	Ciklonális nap %*	Anticiklonális nap %*
2001	19,0	33	67
2002	19,8	32	68
2003	21,6	22	78
2004	19,5	27	73
2005	19,6	26	74
2006	21,2	22	78
2007	20,0	30	70
2008	19,5	25	75
2009	18,6	20	80
2010	16,7	45	55
2011	21,5	12	88
2012	22,6	15	85
Átlag 2001-2012	**19,9**	**25,75**	**74,25**

tervezésének szempontjából (*Hlaszny et al.*, 2010; *Hlaszny*, 2013).

A szőlőn végzett vizsgálatok eleinte csak a Kerka- és Muramenti Hegyközség 8 szőlőshegyén történtek, ma már a Zalakaros Térsége Egyesült Hegyközség, Nagykanizsai Hegyközség, a Lendvai Hegyközség (Szlovénia, Muravidéki Borvidék) és Varasd-Csáktornya (Horvátország, Zagorje-Muraközi Borvidék) 23 szőlősgazdájánál, 14 szőlőshegyen (*A szőlő fenológia vizsgált területei: Kerka- és Muramenti Hegyközség, Zalakaros Térség Egyesült Hegyközség, Nagykanizsai Hegyközség, Lendva, Varasd-Csáktornya*). A kutatás kiterjed az öt – térségben termesztett – leggyakoribb szőlőfajta rügyfakadási idejére, a szőlő virágzására, a szőlő termésátlagára, a

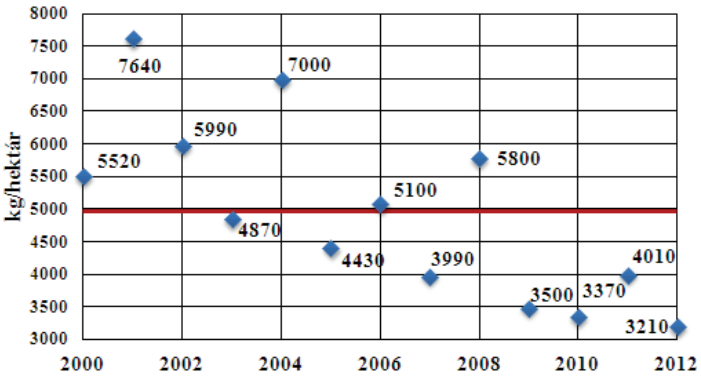
A legtöbb vizet a fejlődés legaktívabb szakaszában igényli minden szőlőfajta. A tenyészidőszak első felében (rügyfakadástól a virágzás befejeztéig) kevésbé érzékeny a csapadékra és a talaj víztartamára a szőlő, mint a második felében (kötődéstől a beérésig) (*Szőke és Novák,* 2005; *Hajdu és Botos* 2004).

Ezen vízhiányos, aszályos években (pl. 2011, 2012) a cukor felhalmozódás gyorsabban megtörtént, kevesebb, de nagyon jó minőségű szőlő termett. Vannak olyan évek is, mint pl. 2010, amikor amiatt kellett hamarabb elkezdeni a szüretelést sok gazdánál, mivel a rendkívül csapadékos időjárás miatt nem történt megfelelő mennyiségű cukor felhalmozódás, a sok csapadék és a magas páratartalom illetve a szőlő betegségek (peronoszpóra, szürke-

harmat, lisztharmat) túl nagy károkat okoztak a termésben.

Ha vizsgáljuk a szüretek előtti 60 napban a makroszinoptikus helyzeteket, akkor megállapíthatjuk, hogy igazán jó minőségű szőlő azon években termett, mikor magas volt az anticiklonális napok száma (*1. táblázat*). Ilyen év volt többek között 2003 (78%), 2006 (78%), 2011 (88%), 2012 (85%). Magasabb értéket mutatott ezen években az aktív hőtöbblet, ezáltal a cukor felhalmozódás gyorsabban zajlott és az érés is gyorsabban történt. A szüret előtti 60 nap csapadéka jelentősen meghatározza a szőlő mennyiségét és milyenségét, ezáltal ez az időszak a szőlő évjáratát is jelentősen befolyásolja (*Kriszten,* 1999).

Termésátlag (*6. ábra*): A 2000 és 2012 közötti időszakban, a szőlő termésátlagában is megfigyelhetőek a szélsőséges időjárás és a betegségek általi termésmennyiség változások.



6. ábra: A szőlő termésátlaga a vizsgált területen.
Az átlagot, 4956 kg/hektár, vízszintes piros vonallal jelöltük.
(Forrás: KSH, falugazdászok, hegyközségek)

A térség szőlőhegyein az átlagos terméshozam 4960 kg/hektár. A legjelentősebb terméskiesés 2010-ben volt megfigyelhető, összesen 3350 kg/hektár szőlő termett, ez közel 35%-os terméskiesést jelent. Ennek oka az egész évben rendkívül csapadékos időjárás, a hűvös tavasz és kora nyár, a rothadás, a peronoszpóra, lisztharmat betegségek. Ugyancsak átlagon aluli termésátlagot mutat 2005 a nagyon csapadékos, jégesőkkel tűzdelt és hűvös nyár miatt (4400 kg/hektár). De rontotta az átlagot a nagy hőség és szárazság is, pl. 2007-ben, 2011-ben és 2012-ben.

2007-ben alig 3990 kg/hektár, 2011-ben 4010 kg/hektár, 2012-ben 3210 kg/hektár volt a szőlő termésátlaga a vizsgált térségben. A termésátlag változással nem jár együtt a minőség romlása vagy javulása általában.

A klíma megváltozása és a szélsőséges időjárás jelentősen gyengítik a szőlő ellenálló képességét, ennek következménye, hogy a szőlőbetegségek jelentősen károsítják egyes években, időszakokban a helyi szőlőket és az egyes időjárási elemekkel együtt időnként komoly terméskiesést és anyagi kárt okoznak.

Köszönetnyilvánítás*:* A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával 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 konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

Irodalom

Chuine, I., Cour, P. és Rousseau, D. D., 1999: Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell Environ*., 1-13.

Hajdu, E., 2007: A klímaváltozás hatásai a szőlőültetvényekben. *Agroinform* 12, 16-17.

Hajdu E., és Borbásné Saskői, É., 2009: Abiotikus stresszhatások a szőlő életterében. *Agroinform*, Budapest, pp. 227

Hajdu E. és Botos, E., 2004: A valószínűsíthető klímaváltozás hatásai a szőlő- és bortermelésre. *Agro-21 füzetek*: *Az agrárgazdaság jövőképe* 34, 61-73.

Hlaszny, E., Ladányi, M., Pernesz, G.y és Bisztray, Gy., 2010: A szőlő (Vitis vinifera L.) rügyfakadásának és virágzásának előrejelzése helvéciai megfigyelések alapján. *2. Szőlő és Klíma Konferencia*, Kőszeg, 1-14.

Hlaszny, E., 2013: Egyes szőlőfajták (Vitis vinifera L.) fenológiai válaszadása a Kunsági borvidéken várható klimatikus változásokra. *Doktori (PhD) értekezés*, Budapest, pp. 166

Kalapos, T., 2011*:* A globális környezeti változások ökológiai következményei. *ELTE, Egyetemi jegyzet,* Budapest

Károssy, *Cs.*, 2013: Szóbeli közlés

Kovács, P., 2008*:* A borturizmus helyzete és lehetőségei a Balatonmelléke (Zalai) borvidék Muravidéki Körzetében. *Károly Róbert Főiskola*, Gyöngyös, (kézirat) pp. 62.

Kriszten Gy. (1999): Tavasztól-tavaszig a szőlőben. *Mezőgazda Kiadó,* Budapest,pp. 175

Lakatos, M., Szépszó, G., Bihari, Z., Krüzselyi, I., Szabó, P., Bartholy, J., Pongrácz, R., Pieczka, I. és Torma, Cs., 2012: Éghajlati szélsőségek változásai Magyarországon: közelmúlt és jövő. *OMSZ- ELTE*, 6-7.

Nádor. G. és Oravecz. S.. 2007: A 2007. évi aszálykárok felmérése. *Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium*, Aszály Konferencia 2007. 09. 20., Budapest

Péczely. Gy., 2002: Éghajlattan. *Nemzeti Tankönyvkiadó*, Budapest, pp. 336

Puskás J., Károssy Cs., Németh L., Kiss Z., 2011: A bor minősége – komplex időjárási jellemzők és a „Szőlő jövésének könyve” bejegyzései alapján. *VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia*, Kolozsvár (március 24-27.), 336-340.

Puskás J. és Unger I., 2011: A kőszegi bor minőségi adatai a szüret időpontja és komplex időjárási jellemzők alapján. *Vasi Szemle* 65(3), 332-339.

Szász, G. és, Tőkei, L., (szerk.) 1997: Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, p. 724.

Szőke L. és Novák, J., 2005: Agrometeorológia, *Kecskeméti Főiskola*, Kecskemét, pp. 155

Tar K. és Hajdu, E., 2009: A szőlő produkciójának összefüggése az időjárási elemekkel. 1. *Szőlő és Klíma Konferencia*, Kőszeg, 1-9.

A 2013. ÉVI BALATONI ÉS VELENCEI-TAVI VIHARJELZÉSI SZEZONRÓL

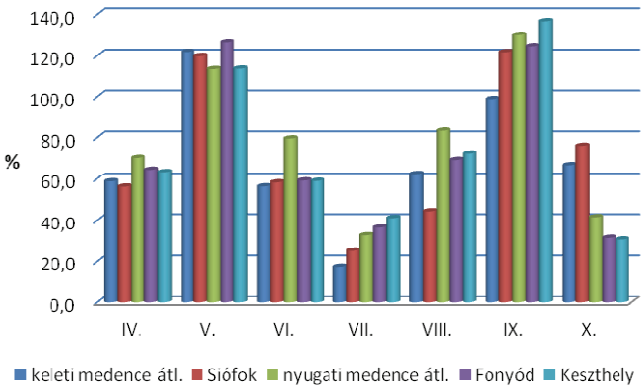
ABOUT THE STORM WARNING SEASON OF 2013 AT LAKE BALATON AND VELENCEI

Zsikla Ágota
Országos Meteorológiai Szolgálat Viharelőrejelző Obszervatórium, 8600 Siófok, Vitorlás u. 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 2005 óta két hónappal hosszabb ideig: április 1-je és október 30-a között tart. Az alábbi cikkben a 2013-es viharjelzési szezon időjárási eseményeit és kiadott viharjelzéseit tekintjük át.

Abstract. At lake Balaton and Velencei 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 season in 2013.

Bevezetés. A tavon lévők biztonságát szolgáló balatoni viharjelzés a 79. szezonját teljesítette 2013-ban. Ez volt a második év, hogy a Tisza-tóra is kikerültek a megfelelő viharjelzések az OMSZ veszélyjelző osztályáról és szintén második éve, hogy a Balatonra három medencére bontva adunk ki jelzéseket. A szezon során az erős viharok száma jelentősen csökkent az előző hat év nagyszámú viharaihoz képest, ugyanakkor az átlagos szélsebesség a szezon egészére nézve a 2012-es átlagtól csak 5%-nál kisebb mértékben csökkent. A 2010-es nagy csapadékú évet követően folytatódott az átlagosnál szárazabb szezonok sorozata.



1.ábra: 2013. évi havi csapadékösszegek a sokévi átlag százalékában (1961-1990).

A viharjelzési szezon időjárásának főbb jellemzői. 2013-ban az erős viharos napok száma 7 lett, ami éppen a 2012. évi érték fele. Jelentős volt a csökkenés az előző évekhez képest is, de a mostani érték egyben megfelel a sokévi átlagnak. A szezonban viszonylag egyenletesen eloszolva májusban egy, júniusban és augusztusban kettő, szeptemberben és októberben egy-egy napon fordult elő 90 km/h fölötti szélsebesség a Balatonnál.

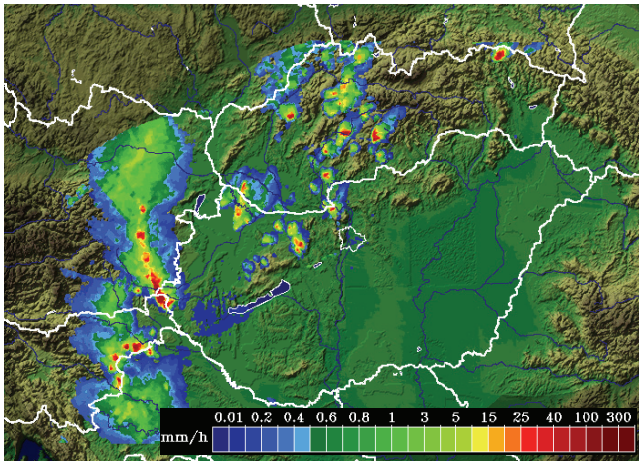
A havi átlagos **szélsebességet** tekintve a legszelesebb hónap a május, a legcsendesebb pedig az október lett. Ez utóbbi a horgásztársadalom örömére egyben az átlagosnál melegebb is volt, így különösen késő délután, estefelé rendszeresen vonultak ki a hajók, csónakok egy-egy jó fogás reményében a tóra. Az év egészére elmondhatjuk, hogy a vízen tartózkodásra sokak számára korlátozást jelentő másodfokú jelzések fenntartása csak májusban és júniusban emelkedett 100 óra fölé, és éppen az egyik legkevesebb fenntartási idő októberre esett (*1. táblázat*). Ennek ellenére erős vihar még októberben is előfordult. 16-án egy hidegfront átvonulását követően kialakult tartós északias áramlás idején éjszaka, száraz időben Balatonőszödnél átmenetileg 94 km/h-ra emelkedett a szélsebesség. A strandszezon lassan indult az átlagosnál szelesebb és csapadékosabb május és a változékony időjárású június következtében. Júniusban a napi maximum **hőmérsékletek** Keszthelyen pl. 15 és 34,0 °C között változtak. Június utolsó hetében a Balatonnál csak egy napon volt 25 °C feletti hőmérséklet: a hét maximum hőmérsékleteinek átlaga 21,3-21,6 °C körül alakult. Júliusban és augusztusban már tartósabban beköszöntött a kánikula. Ekkor az időnkénti hűvösebb napok ellenére a havi átlaghőmérsékletek Keszthelyen 1,6-1,0, Siófokon 2,7-2,3 fokkal haladták meg a sokéves átlagot. Júliusban és augusztusban összesen 20-21 nap volt a hőségnapok száma és 6 forró nap is adódott 35 °C feletti napi maximumokkal. A legmelegebb időszak a július 18. és augusztus 19-ig terjedő bő egy hónap volt. A nyár legmelegebb napja augusztus 8-a lett, amikor a napi maximumhőmérséklet a térségben sokfelé elérte a 38-39 fokot. A Balaton-parton is Fonyódon 39,3 fokig emelkedett a hőmérséklet, míg Sümegen elérte a 39,9 °C-t! A 2013-as viharjelzési szezon is összességében száraznak bizonyult. **Csapadékösszege** az előző évihez közelített: a sokéves (1961-1990) átlagnak a keleti medencében átlagosan 68, a nyugati medencében 78,8%-a hullott le. Május és szeptember hónap volt csak az átlagosnál csapadékosabb, a július viszont nagyon száraz lett (*1. ábra*). Ekkor az elvárható csapadéknak átlagosan csak a negyede, harmada hullott le, de voltak helyek, ahol a havi csapadékösszeg a 10 mm-t sem érte el. Augusztusban folytatódott a száraz idő, ami a kánikulai napokkal is egybeesett, így sok embert vonzott a Balatonhoz. A szárazság csak huszonkettedike után enyhült kissé, amikor a havi csapadékösszeg 2/3 – 3/4 része esett le. Az átlagosnál szárazabb szezonban a zivataros napok száma – a Balaton 5-6 km-es körzetében lévő szinoptikus és csapadékmérő állomások megfigyelései alapján – a megelőző évihez képest is csökkent. A nyugati medencében például 2012-ben 54, 2013-ban 36 napon jegyeztek fel zivatart az észlelők. **A Balaton vízszintje** a szárazabb szezon ellenére sem került nagyon alacsonyra az év eleji csapadék és a vízkészlet gazdálkodásnak köszönhetően. Az év első három hónapjában ugyanis az átlagoshoz képest mintegy 2-2,5

szeres mennyiségű csapadék hullott a Balaton térségében, mely a Balaton vízszintjét a január elsején mért 48 cm-ről április elsejére 99 cm-re emelte. Majd május 5-én és 6-án a vízszint elérte az évi maximumát, 125 cm-t. Ekkor a Balatont a magas vízállás miatt már 6. napja engedték a Siózsilipen keresztül. A vízleengedés május 20-án fejeződött be 121 cm-es vízszintnél.

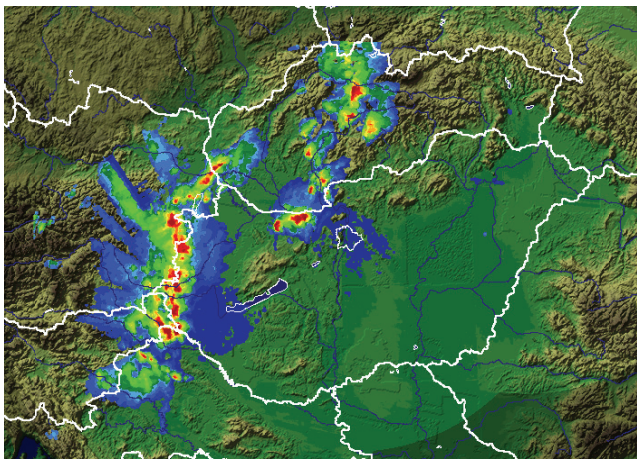
A Balaton esetében felmerült, hogy a felső szabályozási szintet már magasabban, 120 centiméterben jelöljék meg a korábbi 110 cm helyett. Ezt a magasságot sokan üdvözölték, hiszen az utóbbi évek meleg száraz nyarai hasonló esetek előfordulását vetítik előre. Így a magasabb nyár-eleji vízszint esetén a jelentős párolgás mellett is magasabb vízállás tartható. A mederben tárolt vízkészlet most még júniusban sem csökkent érezhetően, a vízmérce a hónap végén 117 cm-en állt.

A száraz és kánikulai meleg időszak beköszöntével azonban július végére már 12, majd augusztus végére tovább 13 cm csökkenés volt megfigyelhető. Szeptemberben bár már csapadékosabbra fordult az idő, még további 5 cm-rel lett alacsonyabb a vízszint. A szezonban mért legalacsonyabb érték az október 10. körüli napokban volt: 86 cm. Majd ezt követően a novemberi csapadékos időjárásnak köszönhetően év utolsó hónapjára már ismét 100 cm fölé emelkedett.

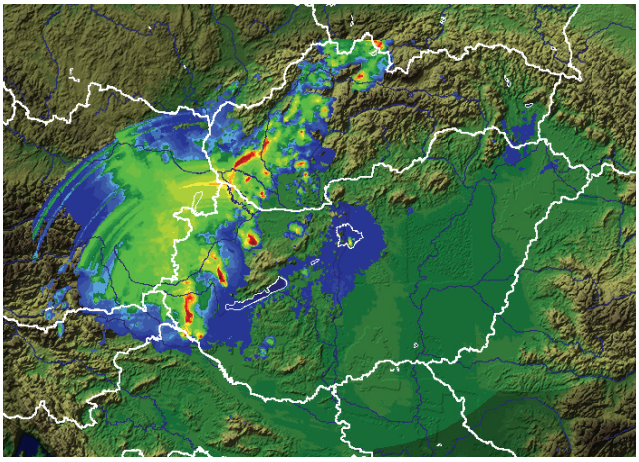
A legnagyobb viharokról. A szezonban mért legnagyobb szélerősség szeptemberben fordult elő poszt-frontális időjárási helyzetben, a déli órákban. Tizenhetedikén hajnalban egy hullámzó front érkezett a Balatonhoz, mely lassan haladt kelet felé. A front mentén és mögött a Dunántúlon csapadékosra fordult az idő és megerősödött az északnyugati szél. A keleti országrészben a front még megtorpant, így délutánra nagyobb légnyomáskülönbség alakult ki a Dunántúl középső és keleti területei fölött. Ugyanakkor északnyugat felől az egyre erőteljesebb hideg levegő beáramlás hatására a déli órákban a csapadék intenzitása a Dunántúlon gyengülni kezdett, vagy meg is szűnt. A szélsebesség ebben az időszakban már Balaton-szerte elérte a 60-70 km/h-t, a déli parton a 80 km/h sebességet, de Balatonőszödnél 11:30 és 14:30 között 80 km/h fölötti széllökések voltak a jellemzőek, időnként 90 km/h, majd maximumként a 106,9 km/h is előfordult. 100 km/h feletti szélsebességet regisztráltak a műszerek még augusztus kilencedikén, az egyik legforróbb nap éjszakáján. Ezen a napon egy lassan mozgó hullámzó frontrendszer egy szakasza az Alpok keleti része felett húzódott már a kora délutáni órákban. A frontrendszer a Finnország feletti centrumú ciklont és az Olaszország feletti peremciklonát kötötte össze. A délutáni órákban az Alpok feletti labilis levegőben (12 UTC Bécs, *CAPE*: 2247 J/kg) eleinte csak helyen-



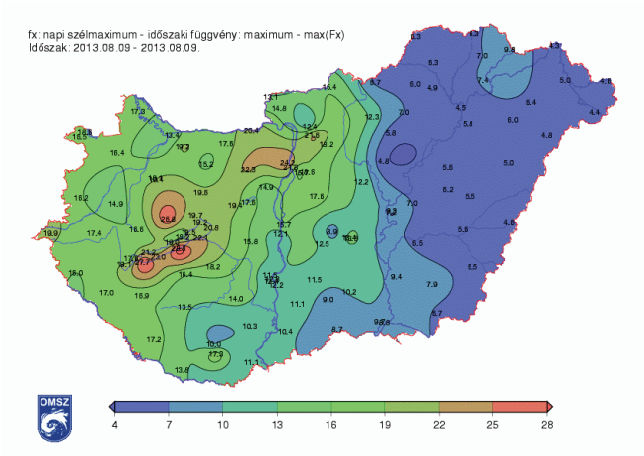
2.a ábra: Kompozit csapadékintenzitás radarkép 2013.08.09. 17:40 UTC. Fejlődő zivatarok a Dunántúl térségében



2.b ábra: Kompozit csapadékintenzitás radarkép 2013.08.09. 18:45 UTC, zivatarvonal nyugati határainknál.



2.c ábra: Kompozit csapadékintenzitás radarkép : 2013.08.09. 20:45UTC, a zivatarvonal feloszlóban.



2.d ábra: 2013.08.09. Napi szélmaximumok Magyarországon

ként, majd késő délutánra többfelé fejlődtek ki zivatarok (emelt konvekció mellett), melyek még a határainkon kívül egyre inkább vonalas alakzatot vettek fel. A felsorakozó zivatarok érkezése előtt, a késő délutáni órákban (15 UTC után) megkezdődött a Dunántúlra északnyugat felől a hideg levegő beáramlása. 17 UTC-ig a szélerősödés elérte a Győr-Pápa-Sümeg-Zalaegerszeg vonalat. Szentgotthárdon ekkor még csak élénk szél volt. Az első viharos lökések Balatonmária és Szentgotthárd (70 km/h körül) térségében közel egy időben 17:40 UTC körül jelentek meg. A Balatont ekkor érte el a front, Szentgotthárd térségében pedig a viharos szél a front mellett nagyobbrészt az érkező heves zivatarnak volt köszönhető (*2.a. ábra*). Az Ausztriából már átnyúló egymás mögött sorakozó zivatarokat a dél-délkelet felől felhúzódó meleg-nedves szállítószalag táplálta nedvességgel. A zivatar Szentgotthárd–Farkasfára érve 1 óra alatt 10 fokos hőmérséklet csökkenést és 44,8 mm-nyi csapadékot okozott. A szentgotthárdi, és a szomszédos intenzív cellák (egy-egy szupercella) hatására a térségben még többfelé jelentettek nagymennyiségű csapadékot (Kercaszomor 58,2 mm), helyenként jégesőt. Az északnyugat felől meginduló hidegadvekció és a front mozgása megváltoztatta a zivatarzóna helyzetét, így az a radarképek tanúsága szerint egyre inkább párhuzamos lett a nyugati országhatárral (*2.b. ábra*) és 19 UTC-re már nagyobbrészt határainkon belül volt. A fenyegető kép ellenére a zivatarzóna nyugati, északnyugati ága nem érte el a Balatont, 20 UTC után gyengült, majd nagyobbrészt feloszlott. Hatása azonban nem maradt el a Balatonra, mivel a front nyomában kialakult erős északias áramlást átmenetileg tovább erősítette a zivatarzóna által létrehozott magasnyomás és a leépülő zivatarokból kiáramló szél. Így együttes hatásként átmenetileg a Balatonnál jöttek létre a legerősebb, 100 km/h-t elérő széllökések: Balatonmáriánál 19:55 UTC-kor 99,7, Balatonőszödnél 20:25 UTC-kor 103,7 km/h sebességet mértek az automaták északnyugati szélirány mellett. A *2.c. ábrán* a feloszlóban lévő zivatarzóna radarképe látható a balatoni szélmaximumok beálltát követő időszakban. A szélsebességben erős vihart a Balatonon kívül, csak a Kab-hegyi automata mért a Dunántúlon (*2.d. ábra*). 2013.08.09-én éjjel a csapadékzóna tehát legyengült, feloszlott, de a délnyugati ága hamarosan újraéledt és konvergencia vonalként lassan haladt a nyugati medence irányába, közben rajta néhány új zivatarcella is felépült. Helyi időben az éjféli órákban el is érte a medencét, majd a délnyugat-északkelet irányban fejlődő vonal mentén néhány óráig a térségben újratermelődtek a kisebb zivatarok. Így augusztus 10.-én a 01:30 és 02: 00 UTC-körüli időben a már erős, helyenként viharos északi, északnyugati szél és a konvergencia vonal hatására Keszthely és Balatonmária térségében a szélsebesség átmenetileg ismét elérte a 90 km/h -t. Érdemes megemlíteni 2013.06.22-t is, ami szintén egy a zivatarok szempontjából igen mozgalmas nap volt. A Tiszántúlon már napközben is többfelé, a Balatonnál a késő délutáni, esti órákban alakultak ki zivatarok, helyenként 100 km/h feletti széllel, kiadós csapadékkal. Aznap a Kárpát-medence fölött sekély alacsony légnyomású terület helyezkedett el labilis légrétegződéssel, Ausztriában egy legyengült, feloszlóban lévő fronttal. A délutáni órákban a középtroposzférában egyre inkább egy magassági teknő előolda került fölénk felerősödő délnyugati áramlással, ami késő délutánra 20 m/s fölötti szélnyírást hozott létre a Dunántúl nyugati felén az alsó hat km-es légrétegben. A kedvező időjárási körülmények között Ausztriából Szombathely térsége fölé egy szupercellás zivatar helyeződött át, melyből jégesőt is jelentettek. A zivatar kelet felé haladva egészen a Bakony fölé jutott és itt feloszlott. Az esti órák felé közeledvén a Balatontól különösen jól lehetett látni a szombathelyi szupercella mozgását. A cella legyengülésével egyidejűleg Pest megyében is fejlődésnek indult egy hosszú életű szupercella, majd a Balaton térségében is kezdtek kialakulni a magasra törő zivatarfelhők. A Balatonnál estétől egészen az éjféli órákig tartott a zivataros időszak. Az itteni zivatarokat többfelé viharos széllökések kísérték. A két legerősebb zivatar Zánka (94,7 km/h széllel), illetve Balatonaliga térségében eredményezett 90 km/h feletti szélsebességet. Balatonaligánál a szélmaximum elérte a 97,9 km/h-t 62 km/h-s tízperces átlagsebesség mellett. A zivatar már éjfél után; 00:45 körül érte el Aligát, úgy, hogy az előző tízperces mérés csupán 12 km/h átlagsebességet és 30 km/h lökést jelzett. A szélirány mindkét esetben már délnyugati volt.

A viharjelzések értékelése. A Balatonnál a viharjelzések kiadásakor második éve van lehetőség az időjárás függvényében a tavat három medencére bontani (a három medence: a Keszthely-Badacsony közötti nyugati, a Badacsony-Tihany közötti középső és a Tihanytól keletre eső keleti medence). 2012-ben a középső medencében, 2013-ban a keleti medencében volt a legrövidebb, a nyugatiban pedig a legtöbb az összesített fenntartási idő. Mindhárom tavunknál az első és másodfokú viharjelzések összesített fenntartási ideje az előző évekhez mérten csökkent. A csökkenés a Balatonnál és a Tisza-tónál leginkább a másodfokú viharjelzések rövidebb fenntartásának köszönhető. A Balaton nyugati medencéjében 2084, a középső medencében 2005, a keleti medencében 1972, a Velencei-tónál 1395, a Tisza-tónál 1200 órán át volt érvényben valamilyen fokozatú viharjelzés. Az összesített fenntartási értékek a keleti medencében csökkentek a leginkább, több mint százötven órával. A Velencei-tónál is a csökkenés több mint száz óra, a legkevésbé szeles Tisza-tónál 15 óra. A Tisza-tóhoz a siófoki fejlesztéseknek köszönhetően augusztus végén égkép figyelő kamerát is telepítettek a kollégák. A Balatonra kiadott másodfokú viharjelzések összesített fenntartási ideje a teljes időszaknak a keleti és a nyugati medencében a 12,2, a középső medencében 12,3, a Velencei-tónál a 7,7 százalékára terjedt ki. Mindegyik területen az előző évihez képest csökkenés mutatkozik. Legnagyobb mértékben a nyugati medencében csökkent a fenntartás 3.5%-kal (183 óra), de a keleti és a középső medencében is 100 óra körül alakult. A legkisebb mértékben a Velencei-tónál, mindössze 48 órával. A legkevésbé szeles Tisza-tónál is a tavalyihoz képest csökkent a másodfokú viharjelzések fenntartási ideje. Az összesítések szerint 2013-ban itt volt szükség a legrövidebb ideig a másodfokú viharjelzések fenntartására, ez a teljes szezon mindössze 3,1 százalékára terjedt ki. A Balatonra kiadott viharjelzések összbeválása 84, a Velencei-tavi 86%-os lett.

RADICS KORNÉLIA AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÚJ ELNÖKE

THE NEW PRESIDENT OF HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE: KORNÉLIA RADICS

A vidékfejlesztési miniszter 2013. november 1-jével Dr. Radics Kornélia honvéd őrnagyot nevezte ki az Országos Meteorológiai Szolgálat elnökévé.

The minister of rural development appointed Ms Kornélia Radics the President of OMSZ – Hungarian Meteorological Service 1 November 2013.

Radics Kornélia 1973. június 29-én született Nagykanizsán. Középiskolai tanulmányait a nagykanizsai Batthyány Lajos Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskolában végezte. Az érettségi után a kecskeméti Gépipari és Automatizálási Főiskolán folytatta tanulmányait 1992-ig, amikor felvételt nyert az ELTE TTK meteorológus szakára. 1997-ben kapott meteorológus diplomát. Az 1994-99-es években az ELTE csillagász szakát is elvégezte, s 1999-ben lett okleveles csillagász. A Földrajz-Meteorológia doktori iskola hallgatója volt 1997 és 2000 között.

Egyetemi hallgatóként, 1995-ben az International Conference of Physics Students rendezvényén Soros ösztöndíjjal vett részt Koppenhágában. Ugyanebben az évben IAESTE ösztöndíjjal 3 hónapot töltött Brazíliában a Sao Paulo-i egyetemen. 1998-ban egy hónapot az European Science Foundation (ESF) ösztöndíjával Bornö-ben (Svédország) töltött. A European Research Course on Atmospheres keretében pedig 1 hónapos szakmai úton volt Grenobleban. 1999-ben kétszer 3 hónapig a University of Uppsalan végzett tanulmányokat, ERASMUS ösztöndíjjal, illetve egy posztgraduális kurzus keretében. Egy hónapos tanulmányúton volt Palma de Mallorcán ESF ösztöndíjjal. 2002-ben NATO ösztöndíjjal Párizsban, majd Manchesterben vett részt nemzetközi konferenciákon.

A doktori (PhD) fokozatot 2004-ben szerzete meg *„A szélenergia hasznosításának lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklímája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése és modellezése”* című, summa cum laude minősítésű dolgozatával.

2001-től ─ hivatásos katonaként ─ a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálat információtechnikai és koordinációs osztályán, 2007-től az MH Geoinformációs Szolgálat Időjárás-előrejelző és Szakkiképzési Osztályán töltötte be a meteorológus főtiszti, majd osztályvezető-helyettesi pozíciót.

A szakmai- és kutatómunka mellett aktívan vett részt az oktatásban is. 1997-től kezdődően az ELTE Meteorológiai Tanszékén *Klimatológia, Válogatott fejezetek a matematikából*, *Bevezetés a meteorológiába, Katonai meteorológia, Repülésmeteorológia* tárgyak oktatásában működött közre, s részt vett különböző szaktanfolyamok oktatási tevékenységében az *Alkalmazott meteorológia, Általános meteorológia, Klimatológia* tárgyak keretében.

1995-től kezdődően 12 kutatási projekt munkájában vett részt (OTKA, COST, EU). A legfontosabb kutatási témák ezeken belül: *szélklíma, klímaváltozás, szélenergia, megújuló energiaforrások, levegőkörnyezeti elemzések*.

A Magyar Tudományos Akadémia *Pro Scientia Aranyérmét* 1997-ben kapta meg, majd elnyerte az MTA *Bolyai János Kutatási Ösztöndíját* a 2005 és 2011 közötti időszakra.

A Honvédelmi Minisztérium Honvéd Vezérkar főnökétől 2005-ben kapott *Emlékplakettet*, 2007-ben a *Szolgálati Érdemjel bronz fokozatát*, 2011-ben a *Tiszti Szolgálati Jel III. fokozatát*, 2012-ben a *Szolgálati Érdemjel ezüst fokozatát* kapta. 2013-ban a vidékfejlesztési miniszter *Pro Meteorologia Emlékplakettel* tüntette ki.

A Magyar Meteorológiai Társaságnak 1995 óta tagja. A Társaság 1996-ben *Hille Alfréd Díjjal*, 2005-ben *Róna Zsigmond Ifjúsági Díjjal* jutalmazta munkáját. A Társaság 2011-ben főtitkárává választotta.

Férjezett, két leánygyermek édesanyja.

A METEOROLÓGIA IRÁNTI ELKÖTELEZETTSÉG A LEGMAGASABB DIPLOMÁCIA SZINTJÉN, A WMO FŐTITKÁR LÁTOGATÁSA

COMMITMENT TO METEOROLOGY AT HIGH-LEVEL DIPLOMACY THE VISIT OF SECERTARY GENERAL OF WMO

Lábó Eszter, Radics Kornélia

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1.. *labo.e@met.hu, radics.k@met.hu*

Michel Jarraud, a Meteorológiai Világszervezet (WMO) főtitkára 2013. október 7-én Budapesten járt. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) elnökének meghívására egynapos program keretében látogatást tett az OMSZ-nál, a Vidékfejlesztési Minisztériumban, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatánál és az ELTE Meteorológiai Tanszékén. A WMO az ENSZ szakosított intézményeként részt vesz a tagországok meteorológiai tevékenységének nemzetközi szintű összehangolásában, és együttműködik más nemzetközi szervezetekkel az időjárásra és éghajlatra vonatkozó információk hasznosításában. A Főtitkár az OMSZ-nál a legfontosabb területek közül a meteorológiai megfigyelések automatizálásának fontosságát és az éghajlati adatok felhasználásának elősegítését emelte ki. A látogatás során tájékozódott a hazai katonai meteorológiai tevékenység aktuális kérdéseiről, és találkozott a meteorológus-képzésben részt vevő hallgatókkal is.

Michel Jarraud, Secretary-General of the World Meteorological Organization (WMO) came to Budapest 7 October 2013. At the invitation of the President of the Hungarian Meteorological Service, in the frame of a one-day program, he has visited the OMSZ, the Ministry of Rural Development, the Geoinformation Service of Hungarian Defence Forces, and the Meteorological Department of the Eötvös University. The WMO is the specialized agency of the United Nations which harmonizes on international level the meteorological activities of its Member States, and cooperates with other international organizations in the exploitation of weather and climate-related information. During his stay at OMSZ, Michel Jarraud emphasized the importance of the automatization of the meteorological observations, as well as the promotion of the application of climate data. During his visit, he was presented the current topics of the meteorological activities within the Hungarian Defence Forces, and lastly, he has met the students studying meteorology at the ELTE University.

Röviden beszámolunk Michel Jarraud-nak, a Meteorológiai Világszervezet főtitkárának 2013. október 7-én az Országos Meteorológiai Szolgálatnál, a Vidékfejlesztési Minisztériumban, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatánál és az ELTE Meteorológiai Tanszékén tett látogatásáról.

A Meteorológiai Világszervezet és Magyarország kapcsolata. Magyarország nem csupán a Meteorológiai Világszervezetnek tagja, de már az 1873-ben létrehozott jogelődjének, az IMO-nak (International Meteorological Organization) is alapító tagja volt. Az ENSZ 1945-ös megalakítását követően az elsők között hozták létre a WMO-t, mint az ENSZ szakosított nemzetközi szervezetét. A WMO jogállása szerint független, kormányközi szervezet, tevékenységét önállóan, önálló költségvetéssel végzi. Székhelye Genfben van. Legfőbb irányító és döntéshozó szervezete a Kongresszus. A világ legtöbb nemzeti (hidro)meteorológiai szolgálata megtalálható a tagjai között, számuk jelenleg 189.

A meteorológia, mint a légkörrel foglalkozó tudomány természetéből fakadóan nem korlátozható országhatárokon belülre, így a nemzetközi együttműködés nélkülözhetetlen részét képezi a meteorológiai tevékenységnek. Az együttműködés a mérési és megfigyelési adatok cseréjére és az egységes szabványokra épülő adatfeldolgozásra terjed ki. A közös infrastruktúra megteremtése és a tevékenységek összehangolása a Meteorológiai Világszervezet alapvető küldetése. Emellett a WMO feladata, hogy elősegítse az egységes, földi méretű mérő- és megfigyelőrendszer kialakítását, fenntartását, valamint közreműködjön a globális meteorológiai távközlési rendszer létrehozásában és annak működtetésében. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a WMO nem csupán az operatív meteorológiai tevékenységeket koordinálja, hanem aktívan részt vesz a kutatás és képzés fenntartásában is. Számos programot működtet önállóan és az ENSZ más szakosított intézményeivel együtt (pl. az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezettel, a FAO-val, vagy a Nemzetközi Egészségügyi Szervezettel, a WHO-val). Legújabb programja, az Éghajlati Szolgáltatások Globális Keretrendszer (*Global Framework of Climate Services, azaz GFCS*) a 2012. október 29-31. között Genfben megtartott rendkívüli kongresszuson került elfogadásra. Ez a Keretrendszer egyedülálló módon harmonizálja a rendel-

kezésre álló éghajlati ismereteket, kielégíti az adatok és a jövőbeli tendenciák felhasználói oldalról felmerülő igényeit.

A WMO főtitkára, Michel Jarraud meteorológusként végzett Párizsban, ahol numerikus előrejelző számítógépes modellekkel foglalkozott. Ezt követően az ECMWF-ben (*Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központja*) folytatta kutatói munkáját. Innen 1986-ban visszatért Franciaországba, ahol az előrejelzéssel foglalkozó főosztály vezetője lett. 1991-ben az ECMWF igazgatóhelyettesévé választották. 1995 óta dolgozik a WMO-nál: először főtitkár-helyettesként, majd főtitkárként, mely tisztségre már kétszer is kinevezték. Irányításával sikerült a WMO munkáját az ENSZ többi intézményeivel harmonizálni és ENSZ-szinten elfogadtatni, valamint a WMO Titkárság munkáját hatékonyabbá tenni. A meteorológia és a környezet ügye iránti elkötelezettségének és magabiztos szakmai tudásának köszönhetően Európában nagy elismertségnek örvend. Közvetlen, barátságos személyiségét az is jelzi, hogy főtitkárként immár második alkalommal is szívesen jött Magyarországra.

A 2013-as főtitkári látogatás. A budapesti Víz Világtalálkozó (2013. október 8-10.) alkalmából a magyar kormány meghívására érkezett hazánkba Michel Jarraud, aki egyben az ENSZ Vízügyi Bizottságának elnöke is. Az alkalmat megragadva Dunkel Zoltán, az Országos Meteorológiai Szolgálat korábbi elnöke tolmácsolta a WMO főtitkár felé azt a kérést, hogy budapesti tartózkodása során látogassa meg az OMSZ-t, az MH Geoinformációs Szolgálatot (MH GEOSZ-t) és az ELTE Meteorológiai Tanszékét. A Főtitkár a kérésnek örömmel tett eleget, és 2013. október 7-én egész napos program keretében tiszteletét tette az érintett intézményekben, valamint a Vidékfejlesztési Minisztériumban.

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál szervezett program első részében szakmai egyeztetésre került sor az OMSZ megfigyelő-hálózatának átalakításáról. A Szolgálatnál kidolgozott elképzeléseket Horváth Gyula, a Megfigyelési Főosztály vezetője ismertette. Főtitkár válaszában hangsúlyozta, hogy a megfigyelőrendszerek az egész világon átalakulóban vannak, a mérőeszközök automatizálásában rejlő lehetőséget minden országban igyekeznek egyre nagyobb mértékben kihasználni. Ebbe a nemzetközi irányba jól illeszkednek az OMSZ-nál történő változások, amelyeket a Főtitkár elismerő szavai és hasznos tanácsai is megerősítettek.

Ezt követően az OMSZ időjárás-előrejelzési tevékenységének bemutatására került sor. Bonta Imre, az Előrejelzési Főosztály vezetője előadásában vázolta az OMSZ által fejlesztett HAWK meteorológiai megjelenítő rendszer legfontosabb tulajdonságait, majd részletesen ismertette a saját fejlesztésű ECMWF EPS produktumokat. Röviden szóba került a verifikálás, valamint az előrejelzési szolgáltatások automatizálásának kérdése is.

Az OMSZ tevékenységének bemutatását követően – a felkérésének eleget téve – a WMO prioritásairól tartott Michel Jarraud rövid tájékoztatást. Rámutatott a megfigyelő rendszerek fontosságára mind az éghajlat változásának nyomon követése, mind a katasztrófák megelőzésének sikeressége terén. A WMO kiemelt tevékenységeként említette a szolgáltatások fejlesztését a repülés-kiszolgálás, és a mezőgazdasági és a társadalmi igényeket felölelő időjárás-előrejelzések kiépítése vonatkozásában. A beszélgetés során kiemelte, hogy a meteorológia, mint állami tevékenység legfontosabb feladata az élet- és vagyonvédelem. Emellett azonban az éghajlat változásának kérdéskörében is a nemzeti meteorológiai szolgálatok szerepének erősödését ösztönzi a WMO. Ez nem csupán a főosztályvezetőkkel tartott megbeszélés során került szóba, hanem később, a Vidékfejlesztési Minisztériumban tartott munkaebéden is fontos témaként szerepelt.

Nem véletlen tehát, hogy a szervezők előzetesen az éghajlati szolgáltatások témakörben kérték fel Michel Jarraud-ot előadás tartására. Az OMSZ Tanácstermében rendezett szakmai fórumon a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, a Vidékfejlesztési Minisztérium szakemberei, valamint a Magyar Meteorológiai Társaság tagjai is képviseltették magukat. A Főtitkár a WMO éghajlati szolgáltatásokhoz kötődő tavaly elfogadott új programját (GFCS) ismertette. E keretrendszer célja, hogy a mezőgazdasági, élelmezési, vízügyi területen dolgozók számára megfelelő éghajlati információkat szolgáltasson, kiemelten szem előtt tartva a fejlődő országok igényeit. Ezt követően az OMSZ munkatársa, Lakatos Mónika mutatta be az OMSZ éghajlati adatsorát és az arra épülő éghajlati adatszolgáltatási lehetőségeket. A Főtitkár kiemelte a felhasználókkal való kapcsolattartás fontosságát, és elismeréssel nyilatkozott az OMSZ éghajlatváltozás ismertségére vonatkozó társadalmi felméréséről.

Ezt követően a Vidékfejlesztési Minisztériumban Illés Zoltán környezetügyért felelős államtitkár fogadta munkaebéden Michel Jarraud-t. A találkozás jó hangulatban telt, amelyen a meteorológia mellett a vízügy témája is kiemelkedő szerepet kapott. A Főtitkár a vízügyi együttműködések szerepét hangsúlyozta, hiszen a több országot átszelő folyók szabályozása és hasznosítása a szomszédos országok közös problémája is lehet.

Délután Michel Jarraud az MH GEOSZ objektumában a Honvéd Vezérkar (HVK) képviseletében Szűcs András dandártábornok, a HVK Felderítő Csoportfőnökség csoportfőnöke, valamint Kovács László alezredes, az MH GEOSZ szolgálatfőnök-helyettese fogadta. Előadások keretében a Szolgálat szakemberei a Magyar Honvédség meteorológiai támogató rendszeréről, a védelmi tevékenységekről, valamint az aktuális katonameteorológiai fejlesztésekről nyújtottak tájékoztatást. A katonai programot a Magyar Katonai Térképészet Szakmatörténeti Múzeumában tett látogatás zárta.

A program utolsó állomása a hazai meteorológusok képzését végző ELTE Meteorológiai Tanszéke volt, ahol az egyetemi hallgatók bemutatkozása került előtérbe. A Szinoptikus Hallgatói Laboratórium működésének ismertetését követően Merics Attila elemezte az aktuális időjárási

helyzetet. Ezután Breuer Hajnalka tanársegéd a hallgatók kutatásokba való bekapcsolódását foglalta össze. Végezetül a Tudományos Diákköri dolgozatok szerzői is szót kaptak, s a hallgatók által feltett kérdésekre is örömmel válaszolt a neves vendég. A kérdésekből nagyon érdekes beszélgetés alakult ki. A legizgalmasabb az előrejelzés jövőjéről szóló eszmecsere volt. A Főtitkár, aki maga is előrejelzőként kezdte a pályafutását, így be tudott számolni olyan esetekről, amikor az ECMWF modell ellenében csupán az előrejelzők tapasztalatával tudtak sikeres előrejelzést adni. Bár a modellek ma már lényegesen pontosabbak, az előrejelzők hozzáértésére, szubjektív megítélésére mindig is szükség lesz. Hallgatói kérdésre azt is kiemelte, hogy tevékenysége során a Globális Éghajlati Szolgáltatások Keretrendszerének elindítására a legbüszkébb, amelylyel a meteorológia és az éghajlat még inkább a társadalom szolgálatába állítható.

Budapesti látogatása során a legszembetűnőbb az volt, hogy a meteorológia, mint tudomány napi kérdései is élénken foglalkoztatják, annak ellenére, hogy közel 20 éve dolgozik világszintű szervezetek vezetőjeként. Tiszteletre méltó, hogy mennyire érti és ismeri a szakma apró részleteit is. Nem volt olyan tudományos kérdés, amelyhez ne tudott volna előremutatóan hozzászólni vagy a részletekre rákérdezni. Mintha nem is az ENSZ szervezet irányítójával töltöttük volna a napot, hanem sokkal inkább egy olyan kollégával, aki ismeri és messzemenően támogatja a meteorológiát, a hozzá kapcsolódó területeket és a szakma minden egyes képviselőjét.

Kovács László alezredes az MH GEOSZ szolgálatfőnök-helyettese és a Főtitkár az ajándékba adott térképpel

Vendégségben az MH-GEOSZ-nál: Kecskés Réka fhdgy., Lábó Eszter, Kovács László alez., Szabó Péter alez., Michel Jarraud, Radics Kornélia., Szücs András dt., Hernádi Balázs alez., Czender Csilla sz. fhdgy.

Az OMSZ-ban tett látogatás emléklapjának átadása: Dunkel Zoltán, Lábó Eszter, Michel Jarraud, Lakatos Mónika

Vendégségben az OMSZ-nál: Labancz Krisztina főov., Horváth Gyula főov., Bonta Imre főov. Tölgyesi László főov.,Buda István mb. elnök, Michel Jarraud WMO Főtitkár, Lábó Eszter ov.

SZAKMAI ÚTON KIRGIZISZTÁNBAN

MISSION TO KYRGYZSTAN

Tóth Róbert

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

Összefoglalás: Az ENSZ Környezeti Programja (UNEP) 2012-ben a kirgiz fővárosba, Biskekbe hívta a magaslégköri ózonréteg védelméért felelős kelet-európai és közép-ázsiai szakembereket. A magyar tapasztalatok átadása érdekében hívtak meg előadóként. Az ötnapos szakmai úton e távoli országról szerzett benyomásaimat kívánom megosztani ezzel az írással.

Abstract: The United Nations Environment Programme (UNEP) convened the experts responsible for protecting the stratospheric ozone layer – from Eastern Europe and Central Asia to Bishkek, the capital of Kyrgyzstan – in 2012. I was invited to give presentations on the Hungarian experiences. In this paper I wish to share my impression on this remote country gained during my five-day-visit.

2012-ben már a 25. évébe lépett a magaslégköri ózonréteg védelméről szóló Montreali Jegyzőkönyv. A környezetvédelem terén ez a nemzetközi jogi eszköz érte el először, hogy a világ valamennyi országa csatlakozott hozzá. Ennek köszönhetően jelentős eredményeket tud felmutatni az ózonréteget lebontó anyagok gyártásának, felhasználásának csökkentésében. Magyarország is részt vesz az intézkedések végrehajtásában, s 1990 óta a Sokoldalú Pénzügyi Alapon keresztül anyagilag is támogatta a fejlődő világ ilyen irányú erőfeszítéseit egészen a legutóbbi évekig. Szakmai segítséget is nyújtunk a fejlődő országoknak.

1. ábra: A Csu folyó Kirgizisztánban

2. ábra: A Tien-san havas bércei Biskeknél

Több kelet-európai és közép-ázsiai ország kezdeményezésére létrejött egy olyan szakértői hálózat, amelyik a UNEP anyagi segítségével és szervezésében rendszeresen találkozik a Montreali Jegyzőkönyv kötelezettségeinek összehangolt teljesítése érdekében. Hazánk kezdettől fogva támogatta ennek a szervezetnek a munkáját, ez a segítségnyújtás jelenleg az ózonkárosító anyagok kiváltása terén szerzett tapasztalataink átadását jelenti. Az érdekelt országok 2012 márciusában, Kirgizisztánban jöttek össze, ahova meghívtak több előadás megtartására.

Az Aeroflot járat szép tavaszi időben szállt fel Budapestről, Moszkva és környéke felett azonban, ahogy illik, mindent hó takart még. A kirgiz fővárosba egy lényegesen nagyobb géppel utaztunk tovább, maximális kihasználtsággal. Kora reggel érkeztünk meg Biskekbe. A repülőtéren az első meglepő dolog a nagyszámú amerikai katonai szállítógépek látványa volt. Sok más dologhoz hasonlóan, 25 éve ez is elképzelhetetlen lett volna. Az Egyesült Államok 2002-ben jogot szerzett a város központjától 25 km-re fekvő Manasz (legendás kirgiz hős) nemzetközi repülőtér igénybevételére, ahol légibázist alakítottak ki. Az USA légiereje innen hajtja végre afganisztáni és iraki bevetéseinek nagy részét. Ezek után Oroszország is létrehozta saját légibázisát a közeli Kant városában. Kirgizisztán 2004-ben csatlakozott a NATO Békepartneséghez.

A reptérről a városba menet megfigyelhető volt, hogy a fák törzsét a talajtól mintegy 1 m-ig fehérre meszelték. Ez a fameszelés a volt Szovjetunió szinte minden utódállamára jellemző, állítólag növényvédelmi célokat szolgál. A legtöbb ház tetejét hullámpala fedte. Sok férfi hordott a fején jellegzetes kirgiz kalpagot, szőrmesüveget.

Kirgizisztán 1991 óta független állam Közép-Ázsiában. Azon kevés országok közé sorolható, amelyek szinte teljes felszíne (közel 200 ezer km^2) magas hegyvidék, illetve közrezárt medencék és völgyek.

Az ország vízhálózata sűrű, de a folyók rövidek. Zömmel az Aral, a Balhas és az Iszik-köl tavak, valamint a Tarim folyó vízrendszeréhez tartoznak. Legjelentősebb folyója a Narin, ami a Szir-Darja felső folyása, a Tien-sanban ered és az Aral tóba folyik. A Csu 1186 km hosszú (*1.*

ábra), a Talasz 661 km, itt erednek, majd elhagyják az ország területét és elvesznek Kazahsztán sivatagjaiban. Kb. 3000 tava közül a legnagyobb az Isszik-köl, a világ ötödik legmélyebb tava (702 m), amelyik 1608 méterrel fekszik a tenger szintje fölött. Kirgiz neve meleg vizet jelent. Lefolyástalan, enyhén sós (5,8‰) tó az Északi-Tien-sanban. Hossza 178 km, legnagyobb szélessége 60 km. Kb. 50 folyó ömlik bele. Vizének hőmérséklete nyáron 20-23 °C, januárban pedig 2-3 °C. Azért nem fagy be télen, mert meleg vizű források táplálják. Állatvilága szegényes, de halfajainak száma meghaladja a húszat, közülük többet halásznak. Partvidékének jelentős része üdülő- és gyógykörzet. Az ország területe lefolyástalan.

Éghajlatát alapvetően meghatározza fekvése és domborzata. Az ország Közép-Ázsia belsejében, az óceánoktól távol fekszik. Nagyjából a 40-43. szélességi fokok közt

3. ábra: A Lásztocska nevű bolt Biskekben

található (mint Nápoly és Róma). Területe a mérsékelt öv száraz kontinentális és hegyvidéki éghajlati zónájához tartozik. A nyár meleg, a csapadék kevés. A Ferganavölgy éghajlata szubtrópusi, nyáron rendkívül forró, gyakran eléri a 40 °C-ot. A hegyvidékek a magasság szerint jelentősen módosítják a hőmérsékletet és a csapadékot; a tél hideg és bő csapadék hull. A leghidegebb területeken a hőmérséklet télen negyven napig marad 0 °C alatt. A januári középhőmérséklet az alacsony völgyekben -4 és -9 °C, a középhegységekben -10 és -20 °C közötti, felfelé fokozatosan csökken. A csapadék területi eloszlása változatos. Az átlagos csapadék 533 mm/év, télen főleg hó formájában hullik, és sokáig megmarad. Az északi alacsony medencékben az évi átlag kb. 200 mm, a hegységekben helyenként eléri az 1500 mm-t. Az ország belseje is elég száraz, 200-400 mm hull évente. A hóhatár a kevesebb csapadék és a déli fekvés miatt csak 3500-4000 m magasságban húzódik (*2. ábra*).

Száraz kontinentális és hegyvidéki éghajlata nem kedvez a fás növényzet kialakulásának. Területének csak 3,5%-át borítja erdő. A völgyek, medencék jellegzetes növényzete a füves puszta, a sztyepp. 3500 m felett főleg hó és jégtakaró található. Palearktikus állatvilágára az ázsiai elemek jellemzők. Főbb ragadozói az ázsiai vadkutya, a pusztai róka, a tigris és a hópárduc. A párosujjú patások közül megtalálható a visszatelepített európai bölény, a golyvás gazella és az argali juh. A madarak közül itt él a fehérkarmú vércse, a barátkeselyű, a haris, a túzok. A hüllők közül jellemző a kobra és a négyujjú teknős.

Jelenleg mintegy 5,5 millió ember él Kirgizisztánban, 69%-uk kirgiz, 14% üzbég, mintegy 9% orosz és sok egyéb nép. Kirgiz kollégám mondta, hogy 40 népcsoport lakja az országot, egyikük délen magát madzsarnak nevezi, s a hunok és magyarok rokonának tekinti. Mivel a kirgiz nyelv is török eredetű, sok közös szavunk létezik. Erre egy példa a 3. *ábrán* látható „*kis bolt*”[1] felirata.

A lakosság döntően szunnita mohamedán, kisebb részben pravoszláv, s van kisszámú római katolikus is. Az iszlámot török kereskedők hozták be a 7. században.

Kirgizisztán mai területét először szkíták népesítették be. A régi kirgizek a Jenyiszej felső völgyében éltek. A kirgiz állam a legnagyobb kiterjedését 840-ben érte el, ami-

4. ábra: Kirgizisztán nemzeti lobogója

kor legyőzték az ujgur kánságot. Az ország mai területe a 13-14. században mongol uralom alatt állt. A török eredetű kirgiz lakosság a Tien-san hegyei közt nomád pásztorkodásból élt. A 19. század első felében a Kokandi Kánság része volt, majd a század második felében fokozatosan orosz fennhatóság alá került. 1920-tól a Szovjet Turkesztán részeként a Kara-Kirgiz Autonóm Terület alakult meg, amely 1921 áprilisában Autonóm Szovjet Szocialista Köztársaság (*SZSZK*) lett. 1926-ban, amikor Közép-Ázsiát területileg újjászervezték a nemzetiségek alapján, Kirgízia kivált Turkesztánból és az Oroszországi SZSZK autonóm köztársasága lett. 1936 decemberében kiáltották ki a Kirgiz SZSZK-t, mint a Szovjetunió önálló tagköztársaságát. A Szovjetunió felbomlása után megalakult a független, demokratikus Kirgiz Köztársaság. Zászlajuk egy 40 sárga sugarú napot ábrázol, ami a mitikus hős, Manasz 40 harcosát jelképezi (4. *ábra*). A piros háttér Kirgizisztán nyitottságát és békéjét mutatja. A zászlót 1992. március 3-án vezették be. A *kürgüz* szó jelentése: „vörös”; a vörös ősidőktől fogva a kirgizek nemzeti színe. Vörös volt a zászlaja Manasznak is, aki a kirgizek egységéért küzdve létrehozta a kirgiz nemzetet.

[1] A cirill betűt nem ismerő olvasó tájékoztatására a КИЧИ МАРКЕТИ kiolvasva:*kicsi marketi,* szó szerint.

Ez a békesség 2010 áprilisában csorbát szenvedett, amikor a kormányellenes zavargásokban 89 ember meghalt és 500 megsebesült. Az elnök elhagyta az országot. 2012-ben már semmi nem emlékeztetett a konfliktusokra. Földje ásványkincsekben (kőszén, arany, higany, urán, antimon) gazdag. A villamosenergia nagy részét vízierőművek állítják elő. Ipara a főváros körül koncentrálódik. A lakosság jelentős része állattenyésztéssel (juh, kecske, szarvasmarha, ló), illetve öntözéses földműveléssel (gyapot, dohány, burgonya, cukorrépa, zöldségfélék, szőlő, gyümölcs és bogyósok) foglalkozik. Kirgiz kollégám családja húsz lovat tart, ő maga jól lovagol.

A rendezvény szakmai részének befejezése után autóbuszos kiránduláson vehettünk részt. Az egykori Selyemút mentén jutottunk el 4-5 óra alatt Biskekből az Iszik-köl tóhoz. Útközben szegényes falvakon haladtunk keresztül. megálltunk egy karavánszerájnál, ahol bepillantást kaphattunk a keleti illemhelyek minden érzékszervet próbára tevő állapotáról. A tóhoz közel meglátogattunk egy ózonmegfigyelő állomást, amelyik a Közép-ázsiai Monitoring Rendszer része. A kutatóállomáson mérnek még különböző éghajlati, sugárzási, levegőminőségi paramétereket is. 2004 óta részt vesznek a WMO GAW programjában. Feltűnt az ingatlan kertjének elhanyagoltsága. Az Iszik-köl tavat a kormány üdülőingatlanában közelítettük meg. Ez már lényegesen elegánsabb volt a korábban látottaknál, ugyanakkor rajtunk kívül csak az objektumot védő egyenruhások voltak a kerítésen belül. Egy hajókázást követően megnéztük az üdülő területén látható szobrokat, templomokat és jurtákat (*5. és 6. ábra*). Végül egy igen bőséges lakomát rendeztek vendéglátóink, ahol a húsételek domináltak s megkóstolhattuk őseink italát, a kumiszt is.

5. ábra Az Iszik-köl partvidéke

6. ábra: Barátságos fogadtatás az Iszik-köl partján

Itt-ott lovak, juhok és kecskék legelésztek a félsivatagos területen. Az út állapota a középkori karavánok óta nem sokat javulhatott, helyenként teljesen eltűnt. Úrközben Összességében a kirgizekben barátságos népet ismertem meg. Magas hegyeik és tavaik sok természeti szépséget rejtenek. A szerény orosz nyelvtudás is hasznos útravaló.

KISLEXIKON
POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

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

CAPE <röv., ang.> *convective available potential energy*, *konvektíven rendelkezésre álló potenciális energia*, a meteorológiai gyakorlatban használt *stabilitási index*, az emelkedő részecske maximális energiája Jkg^{-1} egységben kifejezve. Értéke meghatározható grafikusan *termodinamikai diagram*on, ahol az a pozitívnak nevezett terület, amelyet az emelkedő részecske pályája és az ténylegesen mért *profil* zár közre, a részecske *szabad konvekció*s szintjétől az egyensúlyi szintjéig. Számszerűen:

$$CAPE = \int_{p_n}^{p_f} (\propto_p - \propto_e)\, dp$$

ahol p_f, p_n, a *nyomás* a *szabad konvekció* illetve az egyensúly szintjén, α_p, a *nedves adiabatikus*an emelkedő részecske, míg α_e a környezet *specifikus térfogat*a. (*Zsikla Ágota: A 2013. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról)*

endoreverzibilis termodinamika <gör.> a hőerőgépek tárgyalásakor a hőtartályok és a hőerőgép munkaközege közötti hőcsere leírásában figyelembe veszi az irreverzibilitást, azzal hogy a hőtartályok és a munkaközeg között nem tételez fel hőmérsékleti egyensúlyt. A hőerőgép munkaközege által végzett körfolyamatot azonban reverzibilisnek tekinti. Innen ered a a belső (endo) reverzibitás fogalma azaz, hogy a reverzibilitás csak magára a munkaközegre vonatkozóan áll fenn. (*Fejős Ádám és Tasnádi Péter: Hogyan működnek a hurrikánok?)*

prelátus <lat.> a katolikus egyházban a pápa által adományozott főpapi cím különleges megbízatás keretében vagy kitüntetésképpen. *(Tar Károly és Németh István: Hegyfoky Kabos Szavalóverseny)*

HEGYFOKY KABOS SZAVALÓVERSENY

KABOS HEGYFOKY'S RECITING CONTEST

Tar Károly[1], Németh István[2]
[1]Nyíregyházi Főiskola, [2]Keviföld Alapítvány

2013. február 16-án a Keviföld Alapítvány és a Korda Vince Táncművészeti, Képzőművészeti és Színjáték Alapfokú Művészeti Iskola szervezésében Hegyfoky Kabosra emlékezve harmadik alkalommal szavalóver-senyt tartottunk. Már első esetben is igen nagy volt az érdeklődés, 52 tanuló jelentkezett, a második alkalommal 74 tanuló. Ez a túrkevei gyermekeknek kb. 10%-a. A szülők és a pedagógus kollégák segítenek a vers kiválasztásában és a versenyre való felkészítésben. Sokan családi programnak is tekintik, a család tagjai elkísérve a versenyző gyermeket. Minden évben kegyeleti szentmise keretében a római katolikus egyház is megemlékezést tart egykori lelkipásztora emlékére. A kegyeleti szentmisét celebrálja dr. Ondavay Tibor főesperes, pápai prelátus. A szentmise után koszorúzás van Hegyfoky Kabos templomkertben lévő sírjánál. Ki is volt Hegyfoky Kabos? 1847-ben született Új-Lesznán, mely jelenleg Szlovákia területén van a Magas-Tátra tövében. 1871-ben szentelték katolikus pappá Egerben. 1891-ben került Túrkevére és itt is hunyt el 1919. február 1-jén. Római katolikus plébánosi munkája mellett meteorológiai megfigyeléseket végzett. E munkássága révén vált országos, sőt nemzetközi hírű tudóssá. A mintegy 30 éves munkássága alatt írt 8 db nagy könyvet, 8 értekezést és 246 dolgozatot. Fő művei: A felhőzet a Magyar Szentkorona Országaiban; Május havi meteorológiai viszonyok Magyarországon; A zivatarokról; Folyóink vízállása és a csapadék. 1917-ben megkapta a Ferenc József Rend Lovagkeresztjét a meteorológia és a hazai klimatológia terén kifejtett sokévi buzgó működése elismeréséül. Tudományos és papi tevékenysége mellett a város közéletében is részt vett. Elnöke volt a Vöröskereszt Egyletnek, jelentős szerepet vállalt az első világháború sebesültjeinek ápolásában. Önkormányzati képviselő is volt. 1934-ben nevéről díjat alapítottak. A díjat minden évben a legkiválóbb magyar klimatológus kapta. A díjat 1946-ban megszüntették, mert abban a korban nem volt dicséretes dolog egy papról elnevezett díj. Légköri megfigyeléseit, tapasztalatait máig tanítják az egyetemek földtani tanszékein. Halálának évfordulójára emlékezve harmadik alkalommal hirdettük meg a szavalóversenyt. A szervezők egy kikötést tettek, mégpedig a választott versben időjárással kapcsolatos fogalmaknak kellett lenni. Pl.: eső, hó, vihar, zivatar, napfény, felhő stb. 77 tanulót 20 pedagógus kolléga készített fel. Munkájukat ez úton is megköszönjük. A verseny két zsűri előtt folyt, összesen 20 arany, 21 ezüst és 16 bronz minősítés született. Emléklapot 12-en kaptak. Öt fő betegség miatt nem jelent meg. A gyermekeket számos szülő, nagyszülő, testvér kísért el, nyugodtan mondhatjuk, hogy ez a nap a vers ünnepe volt városunkban. Öröm volt látni a mosolygós arcokat a csillogó szemeket, amikor az érmeket a versenyzők megkapták. A Magyar Meteorológiai Társaság és Túrkeve város évek óta együttműködve igyekszik Hegyfoky Kabos emlékét fenntartani. Az MMT 1936-ban Hegyfoky Kabos Emlékérmet alapított, amit az éghajlat kutatása terén kimagasló eredményeket elért kutatóknak és a példamutató munkát végző észlelőknek adományoztak 1949-ig. Túrkevén pedig 1979. július 7-én – elsőként a városi szoborparkban – felavatták Hegyfoky Kabos emlékoszlopát. 1992-ben, születésének 145. évfordulóján az MMT Debreceni Csoportjának és Túrkeve város közös rendezésében egy emlékülésre került sor, amelynek előadásai egy kötetben megjelentek. 2009-ben, halálának 100. évfordulójáról több rendezvényen is megemlékeztünk, amelyek szervezésében az MMT Szombathelyi Csoportja is kivette részét, a fiatalságnak szánva a főszerepet. A Magyar Meteorológiai Társaság a 2010. évvel kezdődően újra adományozza az általa 1936-ban alapított és 1949-ig mintegy 60 alkalommal kiadott Hegyfoky Kabos Emlékérmet.

Simon Bálint, Nemes Zsófia és Marjai Roland

Irodalom

*Zách, A.,*1980: Hegyfoky-emlékoszlop Túrkevén. *Légkö*r 25, 35

Tar, K., 1993: Hegyfoky Kabos, az elfelejtett klimatológus. *Légkör* 37, 37-38.

Tar, K,. 1993: Hegyfoky Kabos, az elfelejtett klimatológus. *Magyar Tudomány* 12, 1510-1512.

Németh,I., Puskás, J., és Tar, K., 2009: Hegyfoky emlékülés Debrecenben és Túrkevén. *Légkör* 54(1),. 30-31.

Tar, K. (szerk.), 1992: Hegyfoky Kabos klimatológus születésének 145. évfordulója alkalmából rendezett tudományos emlékülés előadásai. *Debrecen-Túrkeve* 1992. június 8-9. pp. 170

2013 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA
WEATHER OF AUTUMN 2013

Rajhonáné Nagy Andrea
Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., *eghajlat@met.hu*

A 2013-as ősz az országban mindenhol melegebbnek bizonyult a megszokottnál, csapadék szempontjából pedig kevéssel az átlag felett alakult.

Szeptember. A havi középhőmérséklet (egy kis területtől eltekintve az Észak-Dunántúlon) országszerte elmaradt az 1971-2000-es sokévi átlagtól, 0 °C és -1,5 °C közötti anomália volt jellemző hazánkban. A szeptember átlag körüli napi középhőmérsékletekkel indult, majd 9-től a hónap végéig, 2 rövidebb időszaktól eltekintve, normál alatti értékek jelentkeztek. A legnagyobb negatív eltérések 14-én, 18-án, valamint 27-30-a között adódtak, ezeken a napokon 3-3,5 °C-kal volt hidegebb az átlagosnál. A meleg küszöbnapok száma elmaradt a normáltól. Országos átlagban csupán 4 nyári napot (napi maximumhőmérséklet ≥ 25 °C) jegyeztünk a sokévi átlagos 8 nappal szemben, 30 °C feletti maximumhőmérsékletű hőségnap pedig már nem is jelentkezett a hónapban.

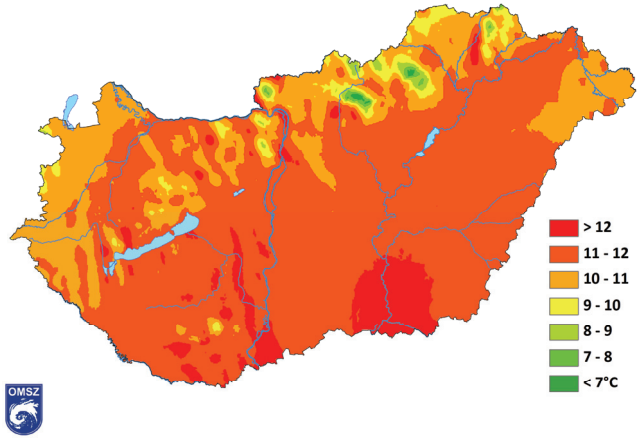
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***29,6 °C**, Baja Csávoly (Bács-Kiskun megye), szeptember 8.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***-2,0 °C**, Nyírlugos (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye), szeptember 29.*

A szeptember havi csapadékösszeget tekintve térben igen nagy különbségek jelentkeztek. Az 1971-2000-es átlaghoz viszonyítva a nyugati-délnyugati területeken csapadéktöbblet jelentkezett, itt a normál 120-200%-a volt jellemző (sőt a déli határszélen 200-280% közötti arány is előfordult), az ország északkeleti felében azonban elmaradtak az idei értékek a normáltól, csupán 40-80%-a hullott a sokévi átlagnak. Országos átlagban kevéssel a sokévi átlag felett alakult a havi összeg. A napi csapadékösszegeket tekintve, a hónap közepe és vége volt csapadékosabb, ekkor több kiemelkedő napi értéket is mértünk. A csapadékos napok száma meghaladta a sokévi átlagot (8 nap), országos átlagban 11 napon jegyeztünk mérhető mennyiségű csapadékot.

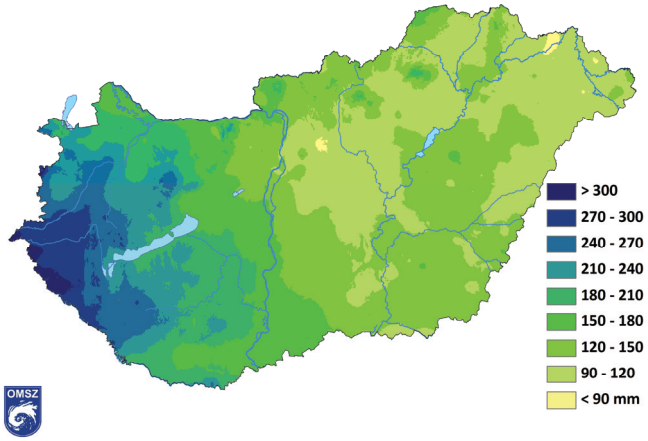
A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***156,4 mm**, Alsószentmárton (Baranya megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***16,9 mm**, Cserépfalu (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***62,4 mm**, Alsószentmárton (Baranya megye), szeptember 29.*

Október. Az 1971-2000-es sokévi átlagnál jellemzően 1,5-2,5 °C-kal melegebb havi középhőmérséklet jelentkezett az országban, de a Dél-Dunántúl legnagyobb részén, a Dunántúli-középhegység középső térségében, valamint az Északi-középhegység egyes területein ennél is nagyobb különbség adódott (+2,5-3 °C, de kis területeken +3 °C feletti érték is). Az országos napi középhőmérsékletek az átlagosnál jóval kisebb értékekkel indultak októberben, mely után 10-étől egy rövid melegebb periódus következett, majd a 16-19-e közötti átlagos időszakot követően a hónap utolsó harmada a normálnál jóval magasabb hőmérsékleteket hozott.

A hőmérsékleti küszöbnapok közel átlagosan alakultak. A normállal megegyezően 1 nyári nap fordult elő, 0 °C-nál alacsonyabb minimumhőmérsékletű fagyos napból pedig 3-at regisztráltunk (a normál 4 nap).



1. ábra: Az ősz középhőmérséklete (°C)



2. ábra: Az ősz csapadékösszege (mm)

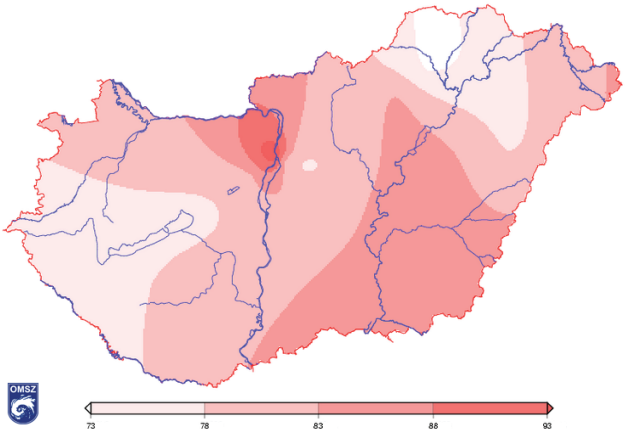
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***28,6 °C**, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye), október 12.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***-9,3 °C**, Zabar (Nógrád megye), október 4.*

Októberben jellemzően kis csapadékösszegeket mértünk hazánkban, a legkevesebb csapadék a nyugati, valamint északkeleti területeken hullott (< 25 mm), a legtöbb pedig a Tisza-tó térségében (> 50 mm). Az 1971-2000-es normálhoz viszonyítva az ország legnagyobb területén negatív eltérés adódott (a legnagyobb a délnyugati határszélen, itt a normál 15-30%-a esett), csupán a keleti országrészben jelentkeztek nagyobb területen átlagot meghaladó értékek. A napi csapadékösszegeket tekintve elmondhatjuk, hogy a hónap körülbelül felében nem volt mérhető mennyiségű napi csapadék, s a csapadékos napok többségében is igen kevés eső hullott. Ha nem lett volna a 16-i, igen kiemelkedő csapadék (országos átlagban közel 16 mm), akkor országszerte rendkívül száraz hónapot zártunk volna. Hócsapadék csupán 1 állomáson és egy napon fordult elő: 12-én, Salföldön.

A csapadékos napok száma (6 nap) elmaradt a sokévi átlagtól (8 nap). Havas-, illetve hótakarós nap országos átlagban nem jelentkezett.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***108,1 mm**, Nagyiván (Jász-Nagykun-Szolnok megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
***9,1 mm**, Királyegyháza (Baranya megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***94,0 mm**, Nagyiván (Jász-Nagykun-Szolnok megye), október 16.*

November. Országszerte melegebb volt a sokévi átlagnál, nyugatról keletre növekvő anomália értékek adódtak hazánkban. Még az ország északkeleti csücskében jelentkező legkisebb eltérés is +1,5 °C-nak adódott, a keleti határszélnél pedig meghaladta a 4 °C-ot is. Az országos átlagban vett napi középhőmérsékleteket tekintve elmondhatjuk, hogy egészen 24-éig jóval átlag feletti napi középhőmérsékletek adódtak, átlagosan 3,5 °C-kal volt melegebb ez az időszak a normálnál. A hónap végén azonban, 24-éről 25-ére – egy ciklon hatására – erőteljes lehűlés következett be, a napi értékek a sokévi átlag alá estek. Az enyhe időjárásnak köszönhetően a hideg küszöbnapok száma elmaradt az átlagostól. Fagyos napból (napi minimumhőmérséklet ≤ 0 °C) az átlagos 12 helyett csupán 5-öt regisztráltunk, míg téli nap (napi maximumhőmérséklet ≤ 0°C) országos átlagban nem fordult elő (a sokéves átlag 1 nap).



3. ábra: Az ősz globálsugárzás összege (kJ/cm²)

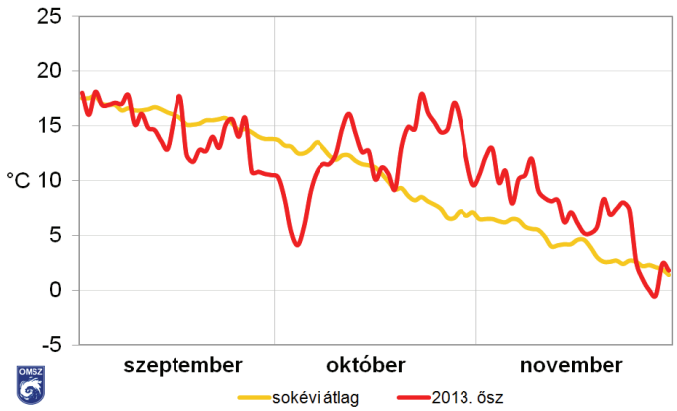
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
***23,1 °C**, Sellye (Baranya megye), november 9.*

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
***-10,4 °C**, Zabar (Nógrád megye), november 28.*

Országos átlagban az 1971-2000-es normál csapadék közel 1,5-szerese hullott november hónapban, mely kelet-nyugati irányú növekedést mutatott az ország területén. A Dunántúl nyugati felében a sokévi átlagos csapadék több mint 1,5-szerese hullott (volt, ahol a 2,5-szeresét is meghaladta), míg az ország többi részében jellemzően átlag körüli, ill. kicsivel átlag feletti értékek (100-140%) jelentkeztek. Néhány térségben azonban a normálnál kisebb értékek is adódtak, a déli és az északkeleti határszélen, illetve elszórtan egy-egy kisebb területen 60-100% közötti arányt figyelhetünk meg.

Az országos átlagban mért 13 csapadékos nap felülmúlta a 10 napos normált. A havas napok száma azonban elmaradt a sokévi átlagtól (3 nap), országos átlagban csupán 1 napon észleltünk hócsapadékot, melynek köszönhetően 2 hótakarós napot jegyeztünk. E napokból a legtöbbet Kékestető állomásunkon mértünk, szám szerint 5 havas napot és 6 hótakarós napot.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
***207,9 mm**, Kehidakustány (Zala megye)*



4. ábra: Az ősz napi középhőmérsékletei és a sokévi átlag (°C)

A hónap legkisebb csapadékösszege:
***27,8 mm**, Csólyospálos (Bács-Kiskun megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
***50,0 mm**, Vízvár (Somogy megye), november 10.*

2013 ősz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Globál-sugárzás	Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél
	Évszak összes	Eltérés	Évszak összeg. kJcm^{-2}	Évszak közép	Eltérés	Maxi-mum	Napja	Mini-mum	Napja	Évszak összes	Átlag %-ban	> 1mm napok	Viharos napok
Szombathely	398	5	77	10,9	1,3	27,3	09.08	-5,2	11.28	224	148	26	7
Nagykanizsa				10,8	1,0	26,3	09.03	-4,9	11.29	247	135	24	6
Siófok				12,4	1,4	29,0	09.08	-2,2	11.28	188	135	24	16
Pécs	431	-22	81	12,0	1,0	25,7	09.08	-4,2	11.28	169	121	24	8
Budapest	469	48	82	12,1	1,3	27,1	09.08	-5,6	11.28	104	83	19	8
Kékestető	436	-24	80	6,9	0,7	19,5	09.08	-7,4	11.27	165	83	21	28
Szolnok	438	-10	84	11,9	1,3	26,8	09.08	-5,4	11.28	113	104	21	4
Szeged	512	53	87	12,0	1,2	28,7	09.01	-3,0	10.05	128	127	22	10
Nyíregyháza				11,3	1,6	26,4	10.12	-6,1	11.28	113	98	20	7
Debrecen	487	56	78	11,6	1,4	27,2	09.08	-6,6	11.28	104	91	19	2
Békéscsaba				11,9	1,3	27,5	09.08	-3,1	10.05	119	106	19	7

AZ 58. ÉVFOLYAM (2013) SZERZŐI
AUTHORS OF VOLUME 58 (2013)

Ács Ferenc, Breuer Hajnalka, Skarbit Nóra és Krakker Dávid: **Magyarország éghajlata a XX. században különböző éghajlat-osztályozási módszerek alapján** 106
Dunkel Zoltán: **A nemzeti meteorológiai intézet szerepe a hazai és nemzetközi meteorológiai biztosításban** 17
Dunkel Zoltán: **Tőkei László temetésén, Törökbálinton 2013. március 11-én elhangzott búcsúztató** 29
Dunkel Zoltán: **Tőkei Lászlóra emlékezünk** 2
Edelényi Márton, Pödör Zoltán, Jereb László és Manninger Miklós: **Bükkfák éves növekedésmenetének leírása szigmoid növekedési függvényekkel** 49
Fejős Ádám és Tasnádi Péter: **Hogyan működnek a hurrikánok?** 136
Gálos Borbála, Hänsler Andreas, Kindermann Georg, Rechid Diana, Sieck Kevin és Jacob Daniela: **Esettanulmány a felszínborítás változás éghajlatmódosító hatásának vizsgálatára európában** 57
Gerhátné Kerényi Judit és Gróbné Szenyán Ildikó: **2012. év száraz időszakának vizsgálata műholdas adatok alapján** 111
Hágen András: **A pestisjárvány és az éghajlatváltozás a XIV. században** 115
Hunkár Márta, Vincze Enikő és Németh Ákos: **A tavaszi felmelegedés néhány vadnövény fenológiai reagálásában** 98
Kamandiné Végh Ágnes, Csiha Imre és Keserű Zsolt: **Sziki kocsányos tölgy állományok természetközeli felújítási kísérletei a klímaváltozás hatásai mellett** 63
Kerekes András: **Megemlékezés Katkó Bertalanról** 90
Kovács Erik, Puskás János: **Az éghajlati paraméterek és a szőlő fenológiai vizsgálata Kerkamente, Muramente és Muravidék területén** 156
Lábó Eszter és Radics Kornélia: **A meteorológia iránti elkötelezettség a legmagasabb diplomácia szintjén, a WMO főtitkár látogatása** 165
Lázár Dóra: **Mikrocsapadékok mérési módszerei és vizsgálata Magyarországon** 150
Lelovics Enikő, Unger János és Gál Tamás: **A lokális klímazónák termikus sajátos ságainak elemzése – szegedi esettanulmány** 142
Major György: **Áttekintés a hazai pirheliométeres tevékenység évszázadáról** 65
Major György: **Hazai meteorológusok létszáma** 27
Mészáros Ernő: **Az éghajlatkutatás kezdetei Magyarországon. A nagy elődd: Berde Áron** 92
Németh Ákos: **A Balaton térségének termikus komfort viszonyai és annak változásai** 145
Rácz Csaba, Nagy János, Dobos Attila Csaba: **Meteorológiai információk hasznosítása mezőgazdasági döntéstámogató rendszerekben** 53
Rajhonáné Nagy Andrea: **2013 tavaszának időjárása** 85
Rajhonáné Nagy Andrea: **A 2012. év időjárása** 36
Roszik Róbert és Kiss Márton: **Zivataros július Sopronban és környékén** 125
Sáhó Ágnes: **Meteorológiai Világnap 2013** 82
Simon André: **Tavaszi kökörcsin** (*Címlapkép*) 134
Somfalvi-Tóth Katalin: **Kislexikon** 124
Somfalvi-Tóth Katalin: **Kislexikon** 170
Szerkesztői üzenet: **A Marczell György Főobszervatórium főépülete 1955-ben** (*Címlapkép*) 1
Szerkesztői üzenet: **A norvégok megbecsülik meteorológusaikat** 131
Szerkesztői üzenet: **Az 58. évfolyam (2013) szerzői** 174
Szerkesztői üzenet: **Az Andrew hurrikán fejlődése, 1992. augusztus 23, 24 és 25-én** (*Címlapkép*) 133
Szerkesztői üzenet: **Elhunyt dr. Ambrózy Pál** 46
Szerkesztői üzenet: **Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlése és a VII. Erdő és Klíma Konferencia összefoglalói** 74
Szerkesztői üzenet: **Radics Kornélia az Országos Meteorológiai Szolgálat új elnöke** 164
Szerkesztői üzenet: **Szász Gábor 85 éves** 48
Szerkesztői üzenet: **Szász Gábor a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteletbeli elnöke** (*Címlapkép*) 45
Szerkesztői üzenet: **Vegetációs index kép, OMSZ Műholdas Kutató Laboratórium** (*Címlapkép*) 89
Tänczer Tibor: **Ambrózy Pál temetésén elmondott beszéd** 84
Tar Károly, Németh István: **Hegyfoky Kabos Szavalóverseny** 171
Tóth Róbert, Baranka Györgyi és Bozó László: **60 éves a Marczell György Főobszervatórium** 4
Tóth Róbert: **Szakmai úton Kirgizisztánban** 168
Varga György: **A Kárpát-medence légköri ásványi porkoncentrációjának alakulása a pleisztocén során** 119
Varga Miklós: **Történelmi arcképek – Réthly Antal** 175
Vincze Enikő: **2013 nyarának időjárása** 129
Vincze Enikő: **2013 őszének időjárása** 172
Vincze Enikő: A **2012/2013-as tél időjárása** 41
Wantuchné Dobi Ildikó és Vig Péter: **Meteorológiai vándorgyűlés és Erdő-Klíma konferencia Debrecenben** 72
Zsikla Ágota: **A 2012. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról** 31
Zsikla Ágota: **A 2013. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról** 161

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

HISTORICAL PORTRAITS

Varga Miklós

RÉTHLY ANTAL

Budapest,1879. május 3. ─ Budapest,1975. szeptember 21.

Középiskolai tanulmányit a Toldi Ferenc főreál iskolában kezdte, de az érettségit a közgazdasági gimnáziumban tette le. 1898-ban kerül állami szolgálatba, majd Konkoly-Thege Miklós igazgató kalkulátorként alkalmazza az OMFI-ban. Egyetemi tanulmányait – Konkoly támogatásával – napi munkája mellett rendkívüli hallgatóként folytatja. 1902-ben tudományos státusba kerül és asszisztensi kinevezést kap. 1903/04-ben az Ógyallai Obszervatóriumban Marczell György irányításával meteorológiai, csillagászati, földmágneses és földrengési megfigyeléseket végez.
1912-ben Kolozsváron Cholnoky Jenő professzornál doktorál „A földrengésről, különös tekintettel az Alföldre és Kecskemétre” című dolgozatával. 1913-ban a „Najda” hadihajó fedélzetén – több kollégájával – részt vesz az első Adria kutató expedíció munkájában. 1918-ban IV.Károly király egyetemi adjunktussá nevezi ki . A Tanácsköztársaság idején 1919-ben a Kisérletügyi Népbizottság keretében alakult Tudományos Kísérletezés Ügyosztály vezetője. 1920-tól megbízott egyetemi előadó.1923-ban „Éghajlattan” témakörben egyetemi magántanár. 1925-ben kezdeményezésére megalakul a Magyar Meteorológiai Társaság, melynek Ő lesz az első főtitkára.
1925 októberétől két éven át Törökországban dolgozik, mint „igazgató szakértő”, megszervezi az ottani megfigyelő hálózatot és Ankarában Obszervatóriumot létesít. Tevékenységét Kemál Atatürk államfő magas kitüntetéssel ismeri el. Hazatérése után megbízást kap az első nemzeti Éghajlati Atlasz szerkesztésére és 1934-ben mutatja be az 1901-1930 évek adataiból készült Atlaszt.
1933-ban helyettes igazgató, majd 1934-ben – akadémiai és miniszteri – előterjesztésre a Kormányzó 1934.április 30-ai dátummal az OMFI igazgatójának nevezi ki. 1939-ig bővíti az Intézet létszámát, rendszeresíti a műszeres napsugárzás méréseket, sűríti a napfénytartam-mérő hálózatot. Sok új éghajlati és csapadékmérő állomást szervez. 1939-ben az IMO felkérésére két utazó barométerrel Béll Bélával közösen 8 európai főváros és Budapest normál-barométereinek nemzetközi összehasonlítását végzi el.
Az ország német megszállását követően 1944. április 25-ével állásáról betegségre hivatkozva lemond, és családjával Tokajba költözik. 1945. május 3-án az Ideiglenes Nemzeti Kormány visszahelyezi igazgatói beosztásába. 1948. április 15-én vonul véglegesen nyugállományba. Maradandó alkotása az „Időjárási események és elemi csapások Magyarországon” címen három időszakra osztott, négy kötetbe foglalt monográfiája.