

L É G K Ö R

52. évfolyam

2007. 2. szám



Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bihari Zita
Bóna Márta
Dr. Gyuró György
Dr. Haszpra László
Dr. Hunkár Márta
Ihász István
Németh Péter
Dr. Putsay Mária
Szudár Béla
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Dunkel Zoltán
az OMSZ elnöke

Készült:
Az **FHM Kft.**
nyomdájában
800 példányban

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1365 Ft

Megrendelhető
az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Budapest, Pf.: 38. 1525

TARTALOM

A címlapon: Hónapmutató napóra
(Colmar, Kelet-Franciaország)
Szili Kristóf felvétele

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit: Ciklonpályák elemzése a Földközi-tenger térségében	2
Kolláth Kornél: Meteoalarm. Veszélyjelzés Európa térségére	5
Seres András Tamás, Fodor Zoltán és Horváth Ákos: Januári vihar Európában	6
Kravinszkaja Gabriella: A Kyrill viharciklon hatása és lecsengése a Balatonon	9
KISLEXIKON	11
Kereszturi Ákos: Éghajlat változás a Marson I. rész	12
Seres András Tamás, Szalai Tamás: A 2007. január 27-i dunántúli hóvihar	18
Dunkel Zoltán: Dr. Kéri Menyhért 1914–2007	20
Varga Balázs: A Balaton és a Keszthelyi-öböl vízháztartásának hidrometeorológiai vonatkozásai	21
Wantuch Ferenc: Egy év repülésmeteorológiai külszolgálat Máltán	27
Ambrózy Pál: Új csapadék világcsúcs	29
Bem Judit, Kocsis Tímea, Anda Angéla és Soós Gábor: Keszthelyi meteorológiai adatok alapján végzett homogenitás és extrémítás vizsgálatok	30
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	34
Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2006-os tevékenységéről	34
dr. Dobi Ildikó: Elhunyt Obasi professzor, a WMO egykori elnöke	37
Marczell György síremlékének avatása	38
Schlanger Vera: 2007 tavaszának időjárása	39

CIKLONPÁLYÁK ELEMZÉSE A FÖLDKÖZI-TENGER TÉRSÉGÉBEN

Összefoglalás

Kutatásainkhoz az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) 1°-os horizontális felbontású ERA-40 reanalízis* adatbázisát használtuk fel. A nyomási-mezők alapján beazonosítottuk a mediterrán térség ciklon-középpontjait, majd 6 órás időlépcsővel végigkövettük a ciklonok pályáját. Az 1957–2002 időszakra elemeztük a ciklonok fő keletkezési helyeit, gyakoriságait, a ciklonaktivitási indexeket, valamint az évszakos változási tendenciákat.

1. Bevezetés

Az atlanti-európai térségben két jelentős ciklogenezis centrum található: az egyik az Észak-Atlanti régióban (Grönland/Izland), a másik a Földközi-tenger vidékén. A Kárpát-medence időjárását mindkét térségből érkező ciklonok befolyásolják. A Légkör idei 1. számában megjelent cikkünk (Bartholy et al., 2007) eredményei alapján állíthatjuk, hogy jelentősen eltérnek egymástól a két régióban keletkező ciklonok tulajdonságai, valamint a Kárpát-medence időjárása szempontjából jelentős változások indultak el a mediterrán térségben. Ezért e cikkben elsődlegesen a mediterrán ciklonok elemzését tűztük ki célul.

A mérsékelt övi ciklonok vizsgálatának két lehetséges módja az euleri, illetve a langrange-i közelítés. Előbbi esetén a legerősebb baroklin hullámaktivitás* mentén definiálhatjuk a ciklon útvonalakat, például az 500 hPa-os geopotenciálszint felhasználásával (Blackmon, 1976; Hoskins és Valdes, 1990). A másik eljárás során a ciklonok életciklusát követjük végig a genezistől a feloszlásig (pl.: Blender et al., 1997; Bartholy et al., 2006). Az itt bemutatott kutatásban mi ezt a langrange-i közelítést alkalmaztuk. A vizsgálatok során használt ECMWF ERA-40

reanalízis adatbázist, valamint a ciklonpálya azonosításának módszertanát már részletesen bemutattuk e folyóiratban megjelent előző írásunkban (Bartholy et al., 2007), így ezt itt nem ismételjük meg. E cikkben a korábban (Pongrácz et al., 2006) vizsgált 2,5°-os felbontású adatbázis helyett a lényegesen finomabb felbontású, 1°-os rácshálózatot használjuk. E tanulmányban a mediterrán ciklonok keletkezését, gyakoriságát és aktivitását, valamint a ciklonpályák változását, eltolódását vizsgáljuk az 1957–2002 időszakra vonatkozóan.

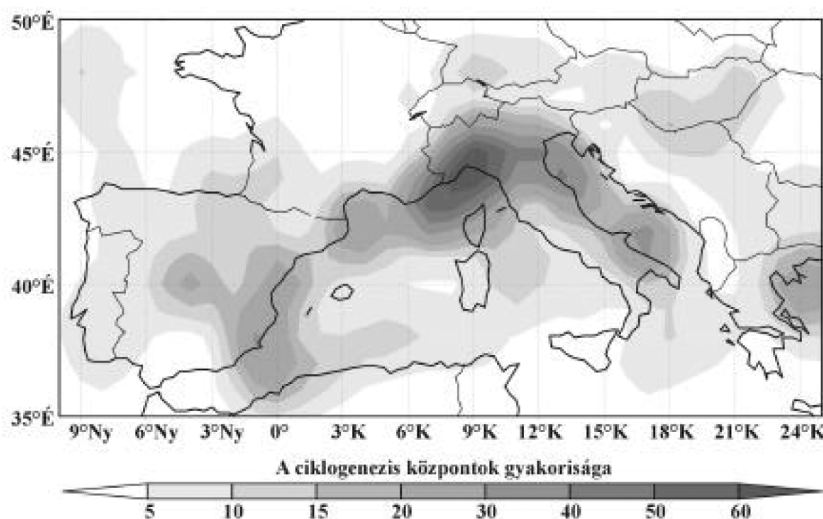
2. A mediterrán ciklonok gyakoriságának és pályáinak elemzése

Mindenegyed rácspontra meghatároztuk a ciklogenezisek számát a teljes 45 éves időszakban. Az 1. ábra a ciklogenezis középpontok gyakorisági értékeit mutatja be térképes formában. A legnagyobb gyakorisági értékek a Genovai-öböl térségében figyelhetők meg. Két másik ciklon keletkezési központot is azonosíthatunk: (1) az Adriai-tenger déli részén, (2) az Ibériai-félsziget keleti partvidékén. Dél-Európa partmenti

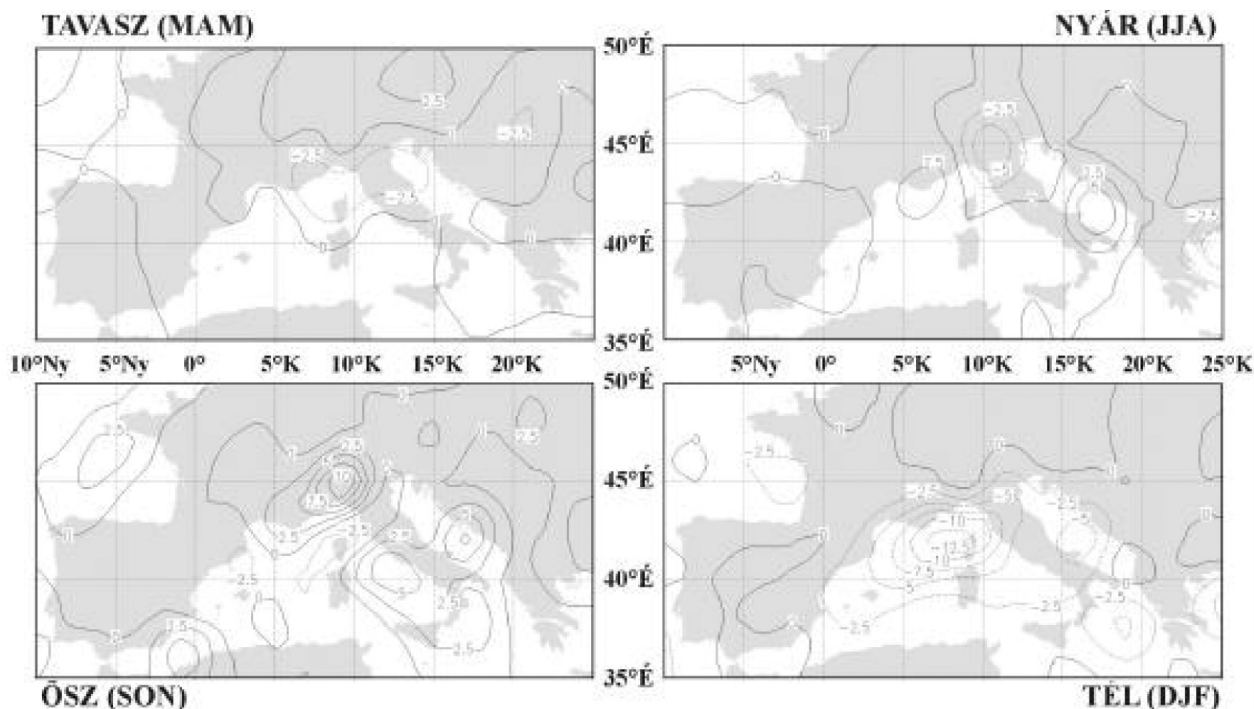
térségében a gyakori ciklon keletkezési régiók egy jól látható, ún. mediterrán-öv mentén helyezkednek el, melyet a későbbiek során még részletesen elemzünk.

A mérsékeltövi ciklonok intenzitásának komplex jellemzésére az ún. Ciklon Aktivitási Indexet (CAI) alkalmaztuk, melyet Zhang et al. (2004) vezetett be. Definíciója szerint: (1) Meghatározzuk a 45 éves tengerszinti nyomásértékek napi zonális átlagát minden földrajzi szélességre. (2) Vesszük a ciklonközéppont tengerszinti nyomási értékének és az (1) lépésben meghatározott, adott időpontra és adott szélességre vonatkozó zonális átlag abszolút különbségét. Amennyiben az adott rácspont felett nem található ciklon, akkor azt nullának vesszük. (3) Ezt minden időpontra és rácspontra elvégezzük. (4) Havonként és rácspontonként összegezzük az (1)-(3) lépésben számított értékeket, s így kapjuk meg a végső CAI értékeket.

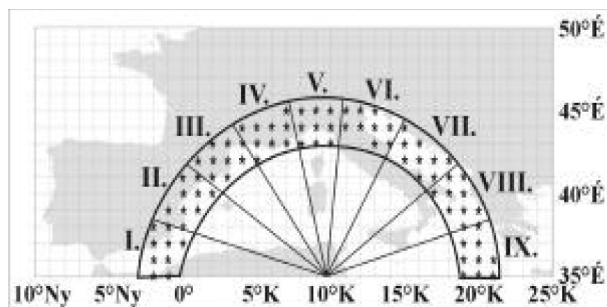
Vizsgálataink során meghatároztuk a mediterrán térség évszakos CAI mezőit, majd ezek alapján a teljes 45 éves időszakra vonatkozó évszakos trendegyütthatókat, melyeket a 2. ábrán mutatunk be (hPa/évtized



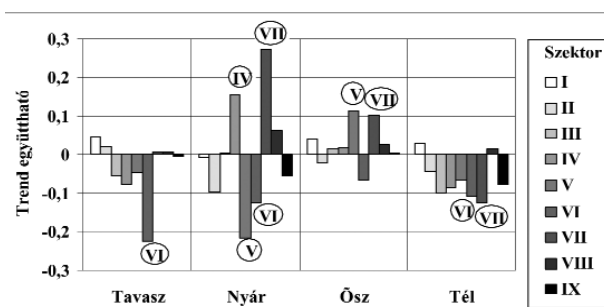
1. ábra. A ciklogenezis központok gyakoriságai a mediterrán térségben, 1957–2002.



2. ábra. A Ciklon Aktivitási Index (CAI) évszakos trendelemzése a mediterrán térségre hPa/évtized egységben kifejezve, 1957–2002.



3. ábra. A mediterrán öv kilenc szektora, melynek minden szektor 9 rácpontot tartalmaz.



4. ábra. Az évszakos ciklongyakorisági trendegyütthatók a mediterrán-öv kilenc szektorában, 1957–2002.

egységben). A térképekről leolvasható, hogy a ciklonok intenzitása a tavaszi és a nyári időszakban minimálisan, míg ősszel és télen jelentősen megváltozott a vizsgált időszak alatt. Télen a teljes Földközi-tenger térségében negatív CAI trendegyütthatók jelennek meg, melynek központja a Ligur-tenger vidéke. Ősszel viszont a ciklon aktivitás nagymértékben megnövekedett a Genovai-öböl környékén, valamint kisebb mértékben az Adriai-tenger déli részén, a Tírrén-tenger térségében, és az Ibériai-félszigettől délre a Gibraltári-szoros közelében.

Az előző két ábrán jól kirajzolódik egy körív, melynek mentén mind a

ciklogenezisek, mind a ciklonpályák gyakorisága nagyobb. Ez a mediterrán öv (3. ábra) lefedi a következő térségeket: az Alborán-medencét Európa és Afrika között (I. szektor), a Baleár-szigetek térségét és az Ibériai-félsziget északkeleti partjait (II. szektor), a Lion (Oroszlán)-öböl vidékét (III. szektor), Provence-ot és a francia Cote d'Azur partvidéket (IV. szektor), a Genovai-öböl és a Pó-síkság nyugati részét (V. szektor), a Pó-síkság keleti részét és a Velencei-öböl (VI. szektor), az Adriai-tenger középső részét (VII. szektor), az Adriai-tenger déli részét, a Tarantói-öböl és az Otrantói-szorost (VIII. szektor), valamint a Jón-tengert (IX. szektor).

A jobb összehasonlíthatóság érdekében minden egyes szektorhoz kilenc rácpontot rendeltünk, melyek pontos földrajzi helyzetét a 3. ábra mutatja.

Az évszakos ciklongyakoriságok idősorai alapján lineáris trendet illesztettünk a teljes 45 éves időszakra, s meghatároztuk a lineáris trendegyütthatókat mind a kilenc szektorra (4. ábra). A legerősebb tendenciákat a IV., V., VI. és VII. szektorban észleltük, melyek értékei meghaladják a 0,1 ciklon/dekád küszöbértéket. Általában a teljes mediterrán-övben csökkent a ciklongyakoriság tavasszal és télen, míg ősszel a legtöbb szektorban növekvő trendet detektáltunk. A téli ciklonok gyakoriságának

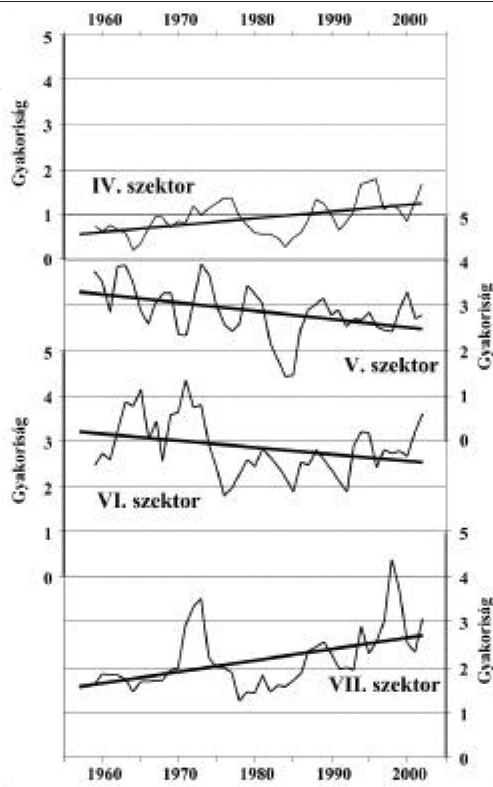
csökkenése jó egyezést mutat Geng és Sugi (2003), valamint Bengtsson *et al.* (2006) eredményeivel. A legnagyobb trendegyüttható értékeket nyáron figyelhetjük meg, bár ezek szektoronként jelentősen eltérnek egymástól. Például a IV. és VII. szektorban nagyon megnövekedett a ciklonok száma, míg az V. és VI. szektorban erőteljes csökkenést detektáltunk. Az 5. ábra jeleníti meg a nyári ciklongyakoriságok három éves mozgó átlagainak idősorát, s az erre illesztett lineáris trendet. A Genovai-öbölben, a Velencei-öbölben, valamint a Pó-síkságon (V. és VI. szektor) jelentősen csökkent a ciklonok gyakorisága a XX. század végére, míg a két szomszédos (IV. és VII.) szektorban ezzel ellentétes, növekedő tendencia figyelhető meg. Ez a ciklonpályák nyugati, illetve délkeleti irányba való eltolódását valószínűsíti.

Mind a négy évszakra bemutatjuk a két kulcsfontosságú régióban (VI. és VII. szektor) a ciklongyakoriságok

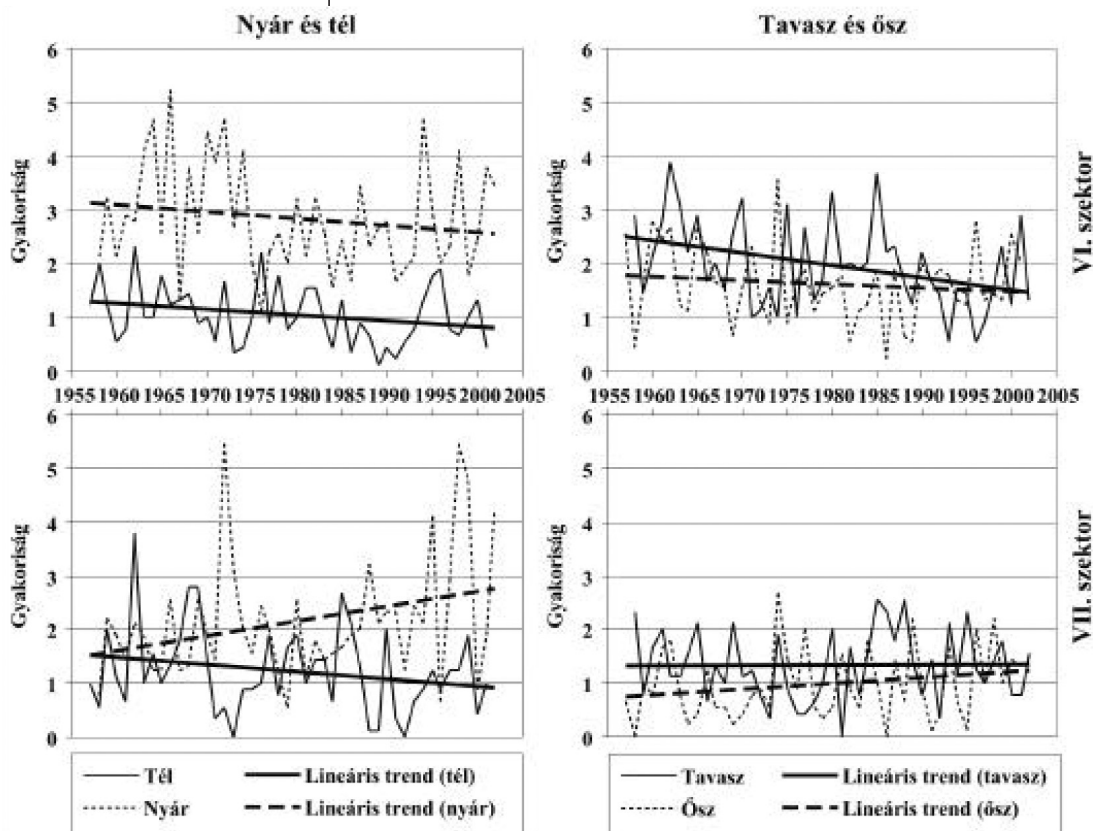
alakulását (6. ábra). Az ábra bal, illetve jobb oszlopa rendre a nyár és a tél, illetve a tavasz és az őszi gyakorisági idősorait jeleníti meg, továbbá bemutatja az illesztett lineáris trendeket. A VI. szektorban (a Pó-síkság keleti részén és a Velencei-öbölben) mind a négy évszakban határozott csökkenő tendencia figyelhető meg, mely a felső grafikonokon látható. Az alsó grafikonokon a VII. szektor (az Adria-tenger középső része) idősoraira illesztett trendek viszont nem ilyen egységesek: nyáron nőtt, télen csökkent a ciklonok gyakorisága, míg a többi évszakban nem volt jelentős változás az 1957–2002 időszakban.

3. Következtetések

Az Atlanti-Európai régió ciklonpályáinak vizsgálatát e cikkben leszűkítettük a mediterrán térség ciklongyakoriságainak,



5. ábra. A nyári ciklongyakoriságok alakulása a IV., V., VI. és VII. szektorban, 1957–2002.



6. ábra. Évszakos ciklongyakoriságok alakulása a VI. (a Pó-síkság keleti része és a Velencei-öböl) és a VII. (az Adria-tenger középső része) szektorban, 1957–2002.

ciklon-intenzitásának elemzésére. Kutatásainkat az ECMWF ERA-40 1°-os rácsfelbontású reanalízis adatbázisának tengerszintre átszámított légnyomás mezője alapján végeztük. Vizsgálataink eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze.

1. A legnagyobb ciklogenezis gyakorisági értékek a Genovai-öböl térségében figyelhetők meg. Két másik ciklon keletkezési központot is azonosíthatunk: az Adriai-tenger déli részén, valamint az Ibériai-félsziget keleti partvidékén.

2. A ciklonok intenzitása a tavaszi és a nyári időszakban minimálisan, míg ősszel és télen jelentősen megváltozott az 1957–2002 időszakban. Télen a teljes Földközi-tenger térségében negatív CAI trendegyütthatókat detektáltunk, melynek központja a Ligur-tenger vidéke. Ősszel viszont a ciklon aktivitás nagymértékben megnövekedett a Genovai-öböl környékén, valamint kisebb mértékben az Adriai-tenger déli részén, a Tirrén-tenger térségében, és az Ibériai-félszigettől délre a Gibraltári-szoros közelében.

3. Általában a teljes mediterrán-öbön csökkent a ciklongyakoriság tavasszal és télen, míg ősszel növekvő trendet detektáltunk.

4. Nyáron a Genovai-öbölben, a Velencei-öbölben, valamint a Pó-síkságon jelentősen csökkent a ciklonok

gyakorisága a XX. század végére, míg Provence és a francia Cote d'Azur partvidéken, továbbá az Adriai-tenger középső részén ezzel ellentétes, növekedő tendenciát figyeltünk meg. Ez a ciklonpályák nyugati, illetve délkeleti irányba való eltolódását valószínűsíti.

Köszönetnyilvánítás. Az ERA-40 adatbázist az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) állította össze és bocsátotta rendelkezésünkre. A letöltéshez az Országos Meteorológiai Szolgálat főtanácsosa, Ihász István volt segítségünkre. Kutatásainkat az OTKA T-049824 számú pályázata, az NKFP-3A/0082/2004 és az NKFP-6/079/2005 pályázatok támogatták. További segítséget nyújtott az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005) és az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című, 2006/TKI/246 számú programja.

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2006: European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 datasets. *Int. J. Climatology* 26, 1517-1527.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2007: A cirkulációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben. *Légkör* 52/1, 18-24.

Bengtsson, L., Hodges, K.I., Roeckner, E., 2006: Storm track and climate change. *J. Climate* 19, 3518-3543.

Blackmon, M.L., 1976: A climatological spectral study of the 500 mb geopotential height of the Northern Hemisphere. *J. Atmos. Sci.* 33, 1607-1623.

Blender, R., Fraedrich, K., Lunkeit, F., 1997: Identification of cyclone-regimes in the North-Atlantic. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 123, 727-741.

Geng, Q., Sugi, M., 2003: Possible change of extratropical cyclone activity due to enhanced greenhouse gases and sulfate aerosols - Study with a high-resolution AGCM. *J. Climate* 16, 2262-2274.

Hoskins, B.J., Valdes, P.J., 1990: On the existence of storm tracks. *J. Atmos. Sci.* 47, 1854-1864.

Pongrácz R., Bartholy J., Pattantyús-Ábrahám M., Pátkai Zs., 2006: Az Atlanti-Európai térség szinoptikus-klimatológiai vizsgálata. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok - Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások (Szerk: Weidinger T.) OMSz, Budapest. 144-159.

Zhang, X., Walsh, J.E., Zhang, J., Bhatt, U.S., Ikeda, M., 2004: Climatology and interannual variability of arctic cyclone activity: 1948-2002. *J. Climate* 17, 2300-2317.

Meteoalarm. Veszélyjelzés Európa térségére

2007 március 21-én kezdte meg operatív működését az EUMETNET új, a tagországok hivatalos veszélyjelzési információit egységesen összefogó portálja a www.meteoalarm.eu. A projekt elsősorban a nagyközönség országghatárokon átvélő konzisztens tájékoztatását tűzte ki célul, emellett kritikus időjárási helyzetekben az előrejelzők összehangoltabb munkáját is segíti. Az oldal jelekkel és színekkel ellátott térképére pillantva azonnal látható, hogy az egyes országokban, térségekben milyen típusú és milyen veszélyességi fokozatú időjárási jelenség előfordulása várható. A veszélyjezések az aktuális napra (ma) és a következő napra (holnap) vonatkoznak. A portálon az Országos Meteorológiai Szolgálat által kiadott figyelmeztetések is megjelennek. Ezen figyelmeztetések előzik meg a csak néhány órával a veszélyes jelenség előtt kiadott riasztásokat. A hazánkra vonatkozó riasztásokat az előzetes figyelmeztetésekkel együtt a www.met.hu/hunalarm oldalon követhetjük nyomon.

Kolláth Kornél

JANUÁRI VIHAR EURÓPÁBAN

Bevezetés

2007. január közepén heves szélviharok söpörtek végig Európán. A vihar végigpusztította Angliát, majd a Benelux államokon keresztül Németországra, Csehországra illetve Lengyelországra tört, és nagy szelet okozott a Baltikumban is. A szélvihar erejére jellemző, hogy a széllökések erőssége többfelé elérte a 120 km/h sebességet, sőt néhány helyen még a 150 km/h-t is meghaladta (1. táblázat). A vihar Európa-szerte emberáldozatokat követelt, legkevesebb 44 halottat. Az anyagi veszteségek is óriásiak voltak, az épületek mellett a legtöbb kár a villamoshálózatokat érte, a szél által letépett vezetékek illetve kidőlt fák miatt. Több országban megbénult a közlekedés.

Helyszín	H	V _{max}
Wendelstein	1835 m	202 km/h
Brocken	1142 m	155 km/h
Hohenpeissenberg	986 m	144 km/h
Chieming	553 m	137 km/h
Fürstenzell	480 m	137 km/h
Zugspitze	2962 m	137 km/h
Feldberg/Schwarzwald	1493 m	133 km/h
Weinbiet/Pfalz	557 m	126 km/h
Chemnitz	420 m	122 km/h

1. táblázat: helyi idő szerint 18 és 19 óra között észlelt viharos, illetve orkán erejű széllökések Németországban (forrás: <http://www.wetteronline.de>). H = tengerszintfeletti magasság, V_{max} = a legerősebb széllökés értéke.

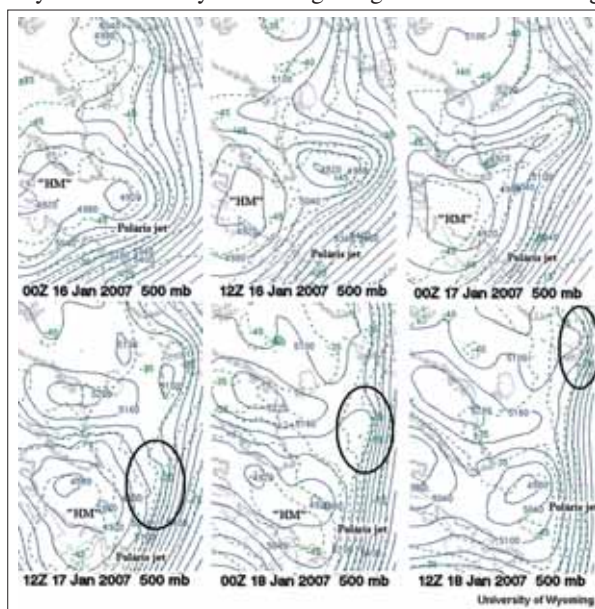
Európában, annak is elsősorban a nyugati felén, az utóbbi években többször is előfordultak téli nagy viharok: hasonló erejű szélvész pusztított 1999. decemberében, illetve 2004-ben, november közepén. Az ilyen típusú viharok az atlanti térségben alakulnak ki, és Európa partjainál vagy a kontinens fölött mélyülnek ki, legfőbb sajátosságuk a szokatlanul gyors fejlődés, áthelyeződés. Központjukban rendkívül alacsony légnyomási értékek fordulnak elő, ezért gyakran viharciklonoknak is nevezik őket. A különösen heves rendszereket személynevekkel illetik. Ez a ciklon a *Kyrrill* nevet kapta. Írásunkban röviden ismertetjük a viharciklon kialakulását, fejlődését és az általa okozott eseményeket.

A meteorológiai előzmények

A viharciklon kialakulását megelőző két-három hétben az észak-atlanti térséget erős ciklon aktivitás jellemezte, míg Európa déli részei felett a szokottnál erősebb anticiklonális volt megfigyelhető. Január első felében a sarkvidéken (Grönland és Kanada északi részénél) nagy mennyiségű hideg levegő halmozódott fel. Eközben az európai és az

észak-amerikai kontinens jelentős része felett, valamint Kelet-Szibériában a megszokottnál több fokkal enyhébb időjárás uralkodott. Az 500 hPa-os légnyomási szinten ún. "hideg mag" volt megfigyelhető, mely a sarkvidéki hideg ciklonokhoz kötődött. Az ilyen "hideg magok" jellemzője, hogy bennük minden magassági szinten rendkívül hideg levegő található. Az 500 hPa-os szintet rendszerint 490 gpm alatti geopotenciál* értékek jellemzik, illetve -40 °C-nál is alacsonyabb a szint hőmérséklete. A 850 hPa-os légnyomási szinten pedig nem ritka a 30 °C-nál alacsonyabb hőmérséklet sem. Ilyen "hideg mag" indult el Grönlandon át dél felé, útja során egyre mélyebb és erősebb ciklonokat hozott létre az észak-atlanti térségben. Ezzel egy időben 2–3 nap alatt egész Kanadát sarkvidéki eredetű, nagyon hideg levegő árasztotta el. A sarkvidéki hidegbetöréssel egy időben meleg léghullámok indultak meg Észak-Amerika felett az alacsonyabb szélességek felől. Ezen légtömegek ütköző zónája január 14. és január 16. között az amerikai kontinens keleti partvidéke lett, melyhez párosult a sarkvidékről elinduló, Grönlandon áthaladó "hideg mag" is. Ezek a szinoptikus körülmények rendkívül erős poláris futóáramlás (jet-stream) kialakulásának lehetőségét teremtették meg.

A Labrador-tenger fölé érkezett "hideg mag" és az egyre erősödő poláris futóáramlás ciklongenezis központot alakított ki az óceán felett a Labrador-félszigettől keletre. A folyamatosan mélyülő "hideg mag" és az erős meleg

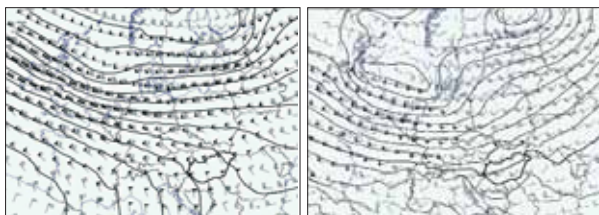


1. ábra: Az 500 hPa-os nyomási szint magassága (folytonos vonallal jelölve, 60 gpm-es felbontásban) és hőmérsékleti viszonyai (szaggatott vonallal jelölve, 5 fokos sűrűséggel) 12 órás bontásban 2007. január 16-a és 18-a között az észak-atlanti térség felett a wyomingi egyetem analízise alapján. "HM" = "hideg mag". Az ellipszisszel jelölt terület a ciklongenezis helyét mutatja.

advekcio hatására január 17-én kora délutánra rendkívül nagy hőmérsékleti és légnyomási különbség keletkezett. A kontrasztot jól jellemzi, hogy az 500 hPa-os légnyomási szinten, egy körülbelül 1000 km-es horizontális terjedelmű sávon belül hozzávetőlegesen 60 gpm-es geopotenciál és 30–35°C-os hőmérséklet különbség alakult ki. Az izohipszák és izotermák egymással párhuzamosan futottak. A legnagyobb kontrasztú zónától keletre, a sugáram előoldalán háborgás alakult ki a magasabb szinteken, a felszínen ezt gyors ciklonképződés követte, majd a ciklon viharciklonná erősödött (1. ábra). A ciklon gyors kifejlődésének kedvezhetett az is, hogy ez idő alatt a Golf-áramlat és az Észak-atlanti áramlat felszíni vízhőmérséklete az átlagnál magasabb volt. A ciklon Európa partjainál is többlet energiára tehetett szert, ugyanis a kontinens partjai közelében a tengerek felszíni vízhőmérséklete az átlagnál 1–1,5 °C-kal melegebb volt.

A viharciklon

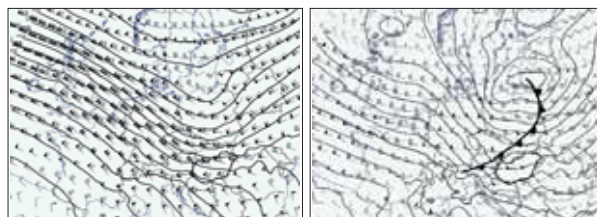
A ciklogenezis és a jet-stream erősségét január 18-án már jól jelezték a 300 hPa-os szinten az atlanti partoknál előforduló igen nagy szélességek (2a. ábra). A legnagyobb szélességek a Brit-szigetek felett voltak, itt 80–90 m/s-os értékek is előfordultak. A középső troposzférában, az 500 hPa-os szinten ugyancsak megjelentek az igen erős szelek. A Brit-szigetek közelében látható ciklon jól látszott a tengerszinti légnyomás és a 925 hPa-os szint szélmezejében is (2b. ábra). A ciklon kelet felé mozogva, fokoza-



2a. ábra: A 300 hPa-os légnyomási szint magassága (80 m-es sűrűséggel jelezve) és szélviszonyai 2007. január 18-án 12 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.

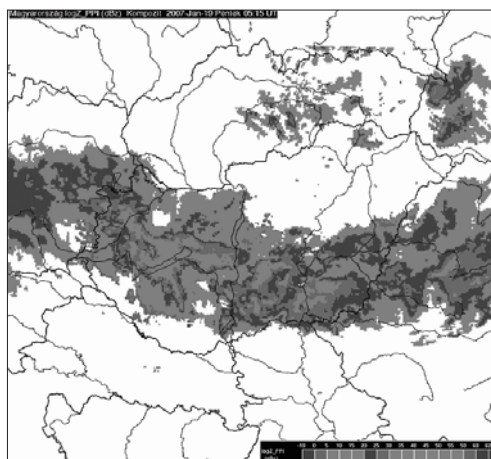
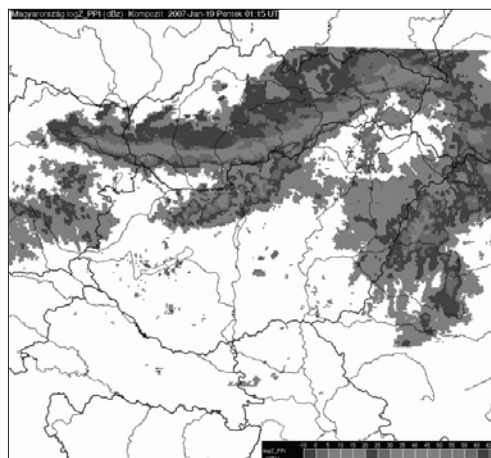
2b. ábra: A tengerszintre számított légnyomás (5 hPa-os felbontásban) és a 925 hPa-os légnyomási szint szélmezeje 2007. január 18-án 12 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.

tosan mélyült és január 19-én 00 UTC-kor a 300 hPa-on Németország fölött az analízis alapján 90 m/s-os (!) erősségű volt a jet-stream (3a. ábra). Az 500 hPa-on is rendkívül erős volt az áramlás, 60 m/s szélerősséggel. A talajszinten a ciklon centruma már a Baltikum fölé sodródott 964 hPa-os maggal, hidegfrontja pedig Közép-Európa felett volt (3b. ábra). A viharciklon hidegfrontja végig-söpört Nyugat- majd Közép-Európán. A front áthelyeződését igen heves zivatarvevényesség kísérte, Németország felett a frontvonalon zivatarvonal épült ki, mely Csehországot, majd Lengyelországot érte el. Útja során viharos erősségű szélleökéseket, helyenként heves csapadékokat okozott, sőt, Németországból tornádót is jelen-



3.a-b. ábra: Ugyanaz, mint a 2. a-b. ábra, de 2007. január 19-én 00 UTC-kor. Az ábrára a hidegfrontot is berajzoltuk.

tettek. Nem sokkal éjjel után Bécsben hirtelen hőmérséklet-növekedést észleltek, amelynek során 20°C-ig melegedett a levegő. Ennek oka feltehetőleg az volt, hogy a front közeledtével a délnyugati, nyugati irányú légmozgás egyre jobban megerősödött és a hegyeken átbukva meleg fön-szélként jelentkezett. A front és vele együtt a zivatarvonal elérve a Tátrát, erejét veszítette, és mire a hazai időjárási radarok látókörébe ért, a csapadékmezője is vékonyodott (4a. ábra). Később, amikor már Magyarországot is elérte, átmenetileg újra megerősödött a rendszer, de már csak néhol, elsősorban az ország középső és északkeleti részein okozott zivatarokat. A front a hajnali, reggeli órák folyamán fokozatosan áthaladt hazánkon, felhőzete többnyire záporos csapadékokat adott (4b. ábra). Hazánkban a legnagyobb



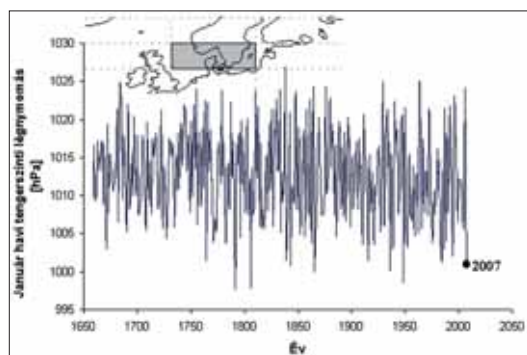
4. ábra: országos, kompozit radarképek 2007. január 19-én a) 01:15 UTC-kor, b) 05:15 UTC-kor. Az ábrák alján található skálán az intenzitás értékeket láthatjuk dBz-ben megadva.

szélsébséget még a front megérkezése előtt, tehát előoldali helyzetben regisztrálták Siófokon, ahol 108 km/h-s széllökést mértek. Magyarországon a vihar rendkívülisége abban állt, hogy az előoldali szél az éjszakai órákban képes volt közel 30 m/s-os lökéseket okozni, illetve példátlanul erősek voltak a magassági áramlások. A délnyugati szél számottevő víztömeget sodort át a Balaton keleti medencéjébe, átmenetileg megnövelve annak vízszintjét. (Ld. erről a ...oldalon kezdődő cikket; - a szerk.)

A viharciklon északkelet felé mozogva január 20-án éjjel már Oroszország nyugati vidékei fölött, 21-én éjjel pedig már a sarkkör közelében, Északkelet-Európában tartózkodott. Ekkor már folyamatosan töltődött, azaz középpontjában emelkedett a légnyomás, így fokozatosan veszített az erejéből. Ennek ellenére, főleg az időszak elején, további károkat okozott Kelet-Európa több országában is.

Klimatológiai háttér

A viharciklonokat rendszerint több mély ciklon is megelőzi, illetve követi Európa északi, északnyugati partjainál. A Kyrill esetében is így történt. Ezért azokban a hónapokban, amelyekben viharciklon jelentkezik, a tengerszinti légnyomás átlagos havi értéke alacsony lesz. Tekintve, hogy a viharciklon központja az Északi-tenger és Dánia térségében vonult át és korábban is gyengébb, de mély ciklonok érintették a területet, elkészítettük az 5. ábrán szürke kitöltésű téglalappal jelölt terület január havi átlagos

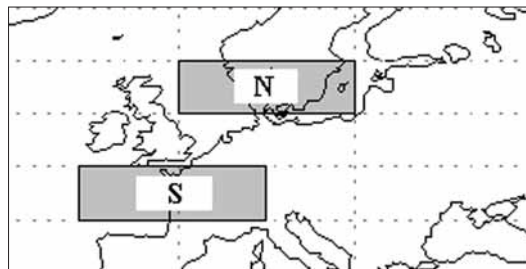


5. ábra: január hónapra vonatkozó átlagos havi tengerszinti légnyomás alakulása 1659-től 2007-ig az Északi-tenger térsége felett.

A diagrammról leolvasható értékek az ábrán szürkével jelezett területre vonatkoznak. Látható, hogy a 2007-es év januárjában előfordult átlagos légnyomás a legalacsonyabb értékek közé tartozik. (Kalnay et al., 1996 és Luterbacher et al., 2002 nyomán.)

tengerszinti légnyomás rekonstrukcióját, légnyomási reanalízis adatok segítségével (Kalnay et al., 1996 és Luterbacher et al., 2002). Ugyanezt a területet láthatjuk a 6. ábrán "N" betűvel jelölve. A rekonstrukció során nemcsak a terület sarkainál szereplő rácspontokat, hanem a területen belüli rácspontokat is figyelembe vettük. Az utóbbi 349 év hetedik legalacsonyabb január havi tengerszinti légnyomása volt 2007. januárjában.

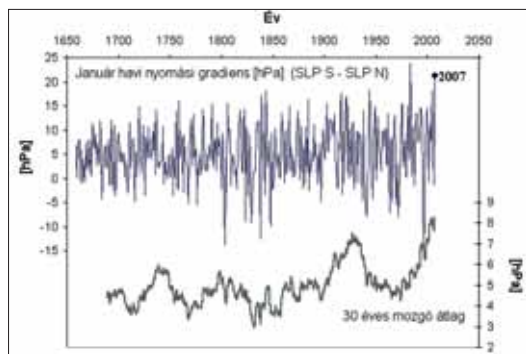
Amíg Európa északnyugati partjainál a szokásosnál alacsonyabb légnyomás értékek jelentkeztek, addig 1000



6. ábra: a január havi tengerszinti légnyomás rekonstrukciójához felhasznált "N" és "S" betűkkel, szürke színezéssel jelzett területek.

A rekonstrukció során nem csak a terület sarkainál szereplő rácspontokat, hanem a területen belüli rácspontokat is figyelembe vettük 5x5 fokos horizontális rácstávolságot alkalmazva.

kilométerrel délre, Franciaország délnyugati területei felett, az anticiklonok hatására az átlagosnál magasabb légnyomási értékek mutatkoztak. Elkészítettük a 6. ábrán "S"-sel jelölt, szürkével sátozott terület január havi átlagos tengerszinti légnyomás rekonstrukcióját a korábban említett reanalízis adatok segítségével. Megvizsgáltuk hogyan változott 1659-től napjainkig a két kitüntetett, "S"-sel és "N"-nel jelölt terület közötti nyomási gradiens (7. ábra). Az eljárás során a két területre számolt január havi átlagos tengerszinti légnyomás értékek különbségét vettük



7. ábra: a 6. ábrán "S" és "N" betűvel jelzett területekre vonatkozó január havi átlagos tengerszinti légnyomás értékek különbségének időbeli alakulása és 30 éves mozgó átlaga.

(SLP S – SLP N). A vihar és a hónap rendkívüliségét jól mutatja, hogy 1983 után 2007-ben volt a legnagyobb a két terület közti légnyomás-különbség. Az utóbbi 30 év nyomási gradiens átlaga a legmagasabb 1659 óta, hasonlóan erős zonalitás legutóbb a XX. század elején alakult ki.

Befejezés

Írásunkban a 2007. januárjában Európában pusztító Kyrill nevű viharciklon keletkezését, fejlődését és az általa okozott eseményeket ismertettük. A vihar kialakulásában fontos szerepet játszott a sarkvidékről elinduló "hideg mag", mely a közepes szélességekre lejutva, a délről érkező meleg légtömegekkel együtt rendkívül erős sugáraram és ciklongenezis kifejlődésének teremtett kedvező feltételeket. A viharciklon Európa északi részén orkán erejű széllökésekkel járt, sőt még tornádót is okozott. A viharciklon

elvonulása után Európa felett makroszinoptikus váltás következett: az addigi erős nyugatias áramlást felváltotta az északi, északnyugati áramlás. A klimatológiai elemzésből kiderült, hogy a hasonlóan mély ciklonokkal és erős zonalitással jellemzett szinoptikus helyzet, amely Európa északnyugati partjait jellemezte 2007. januárjában, rendkívül ritkán fordul elő.

Elmondható, hogy a számítógépes előrejelzéseknek köszönhetően Európa felkészülhetett a viharra. A hatóságok a lehetőségekhez képest mindent megtettek a várható természeti csapás kivédésére, az óvintézkedések nélkül valószínűleg sokkal több emberéletet követelt volna a vihar.

Köszönetnyilvánítás: Köszönet az NCEP reanalízis adatokért a NOAA-CIRES-nek (Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado állam, USA, elérhetőség: <http://www.cdc.noaa.gov/>). Továbbá köszönet illeti Luterbacher et al.-t a rekonstruált légnyomási mezőért.

Seres András Tamás, Fodor Zoltán és Horváth Ákos

Felhasznált irodalom

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 437-471.

Luterbacher, J., Xoplaki, E., Rickli, R., Gyalistras, D., Schmutz, C., Wanner, H., 2002: Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Climate Dynamics*, 18, 545-561. A rekonstruált mezők elérhetősége: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pubs/luterbacher2002/luterbacher2002.html>.

A Kyrill viharciklon hatása és lecsengése a Balatonon

A Balaton mellett élő ember megszokta már, hogy a nyár folyamán esetenként heves szélviharok söpörnek végig a tavon, télen azonban ritkán fordul elő vihar. E szokatlan jelenség az idei télen észlelhető volt nálunk is, melynek nem meteorológiai, hanem hidrológiai alakulásáról szeretnék rövid tájékoztatást adni.

Az idei év januárjában vihar pusztított Angliától a Baltikumig. Elérte szűkebb környezetünket, a Balatont is, ám a meteorológusok szerint már csak a viharzóna széle érintette a tavat és környékét. Ez is elégnék bizonyult azonban ahhoz, hogy a Balaton víztömegének kilendülése bekövetkezzen és a visszarendeződő kilengésekkel együtt több, mint 36 órán keresztül tartson. A közérthetőség végett röviden tekintsük át a tó vízmozgásainak ide vonatkozó értelmezését.

Legnagyobb állóvizünk, a Balaton csak nevében állóvíz. Mozgását a természet ereje irányítja, amelynek egyik integrált eleme a meteorológiai tényezők változása. Ez a mozgás, különböző szempontok szerint jellemezhető, azonban, ha a meteorológiai elemek közül dominánsan a szél hatását keressük, akkor három csoportot különböztethetünk meg (Muszkalay, 1966), melyek a következők:

- a felszín helyileg és időben erősen változó, periodikus jellegű mozgása (hullámzás),
- a teljes víztükör vízszintes helyzetéből történő kimozdulása (periodikus kitérése – a vízlebegés, tartós kitérése – a kilendülés),
- a felszín változásaival kapcsolatos mozgások (áramlások).

A fenti csoportosításból jelen esetben a dinamikus egyensúlyra törekvő, nem ismétlődő kilendülés a szá-

munkra érdekes, melynek hossz- és keresztirányú változata ismert. Miután a kilendülések alkalmával a teljes víztömeg kimozdulásáról van szó, a hossz- és keresztirányú kilendülések együtt jelentkeznek. Hidrometriai* jellemzőinek köszönhetően (kis vízmélység, nagy hossz, öblözetek tagoltsága, stb.) a tó hosszirányú kilendülése nagymértékű.

A kilendülések, és a kiváltó meteorológiai elemek nyomán követésére a partmenti automata vízszintregisztráló, és meteorológiai állomások alkalmasak. A Balatoni Integrációs és Fejlesztési Ügynökség Kht. (BIFÜ) az Európai Unió LIFE programja keretében kialakította a Balatoni Információs (monitoring) Rendszert (BIR), mely az internetre kivetítve (<http://lc.webeye.hu>) folyamatosan szolgáltatja fenti információkat. Jelen cikk összeállításakor a Közép-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, valamint az OMSZ két szélmérő állomásának (Szigliget, Balatonalmádi) adatait vettük figyelembe, de természetesen a kiértékelés teljessé tételéhez szükséges az OMSZ által üzemeltetett és érintett állomások teljes adatsorának közös elemzése. Jelen cikk csupán első lépése lehet egy jövőbeni közös munkának, melyben mindkét szervezet leteheti névjegyét a balatoni kilendülések előrejelzésének kidolgozása területén. Ennek jelentősége az esetleges kármegelőzésben, vagy mentésben számszerűsíthető, mely a rövididejű partmenti elöntéseket és a hajópark védelmét érinti.

A tó hosszirányú kilendülését két szélső állomásának – Keszthely – Balatonfüzfő, (1. ábra), keresztirányú kilendülését, két szemközti állomásának – Balatonszemes és

Balatonakali, (4. ábra)-, valamint, Balatonfűzfő – Siófok (5. ábra) egyidejű, vízállás töréspont adatsorával jellemeztük, a vízszinteket a 103,41 mBf.-i magasságra vonatkoztatjuk. A maximális szellőkések alakulását Szigliget – Balatonalmádi (3. ábra) vonalában, valamint a légnyomás változás alakulását Balatonszemes (2. ábra) hidrometeorológiai állomás adatai alapján szemléltetjük. A keszthelyi automata vízszintérzékelő bekötő csatornája 47 cm (103.88 mBf.) magasságra lett sok éve telepítve, így az annál alacsonyabb vízszinteket a szenzor nem érzékeli. A januári kilendülés hatására jelenleg folyamatban van a bekötőcsatorna sülyesztése.



1. ábra A Balaton kilendülése 2007. január 18–19-én Balatonfűzfő – Keszthely

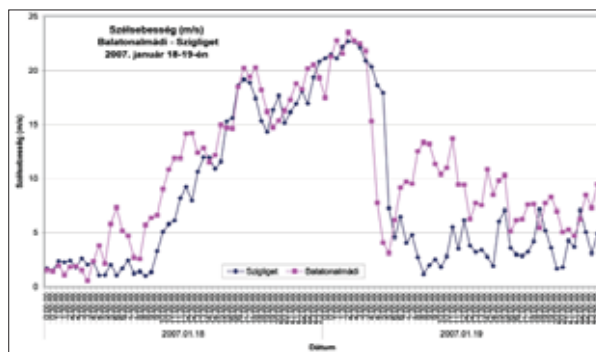


2. ábra A légnyomásértékek változása a tó kilendülésének ideje alatt

Az 1. ábra szemlélteti, hogy 18-án már a reggeli órákban, a légnyomás csökkenés (2. ábra) és az előoldali szél (3. ábra) hatására elkezdődött a tó kilendülése. Keszthely térségéből a 100 cm körüli vízfelszín, nyugalmi helyzetből az egyirányú áramlás hatására kimozdult, és az éjszakai órákra mérhetően 50 cm-t csökkent (47 cm-ig). A folyamatos DNy-i szél a vizet a Fűzfői öbölbe sodorta, ahol a vízszint elérte a 148 cm-t. A mérhető vízszintkülönbség 101 cm volt.

A légnyomás Balatonszemesen 985 hPa alá csökkent és a maximális kilendülés ideje alatt ott is maradt. Az előoldali szelek az éjszakai órákban is 20 m/s közeli, és feletti lökéseket okoztak, majd a front a hajnali órákon áthaladt a Balaton fölött. Fentiek eredményeként, a tó hossz tengelyében lévő két állomás között 1 m vízszin-

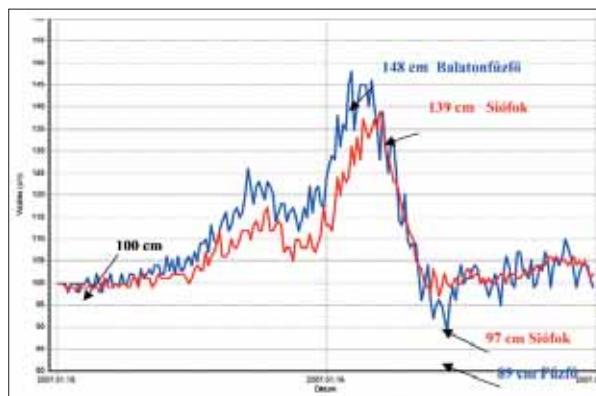
tkülönbség állt elő tartósan, 19-én éjjel 2 és 5 óra között. A méteres vízszintkülönbség megközelítőleg 20 óra alatt alakult ki és a teljes visszarendeződés kisebb nagyobb vízlevegések után (1. ábra) csak január 20.-a dél körül történt meg. A lengéseket a víztömeg visszaáramlása, és az Almádinál továbbra is észlelhető nagyobb szellőkések generálták. Közben a légnyomás is fokozatosan visszatért az 1000 hPa közelébe.



3. ábra. Szellőkések Szigliget – Balatonalmádi térségében a viharciklon átvonulása idején

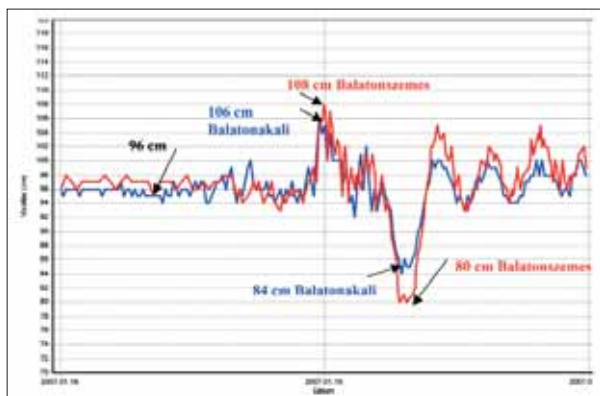
Az eddig észlelt és elemzett hosszirányú kilendülések közül az 1962. május 14-i esetén Keszthelynél 45 cm apadás, Alsóörsnél 52 cm emelkedés, összességében 97 cm-es vízszintkülönbség állt elő 9 óra alatt, 1961. július 13-án Keszthely és Balatonaliga között pedig 94 cm vízszintkülönbséget regisztráltak (Muszkalay, 1979). A Balaton dinamikus mozgásait figyelemmel kísérve megállapíthatjuk, hogy a Kyrill viharciklon okozta hosszirányú kilendülés, mértékét, idejét és tartamát tekintve is rendkívül jelentősnek számít.

A továbbiakban Balatonfűzfő és Siófok adataival a legnagyobb medence vízmozgását, majd Balatonszemes és Balatonakali együttes vízállás adatainak összevetésével a tó keresztirányú kilendüléseit vizsgáltuk.



4. ábra A Balaton kilendülése 2007. január 18-19-én Balatonfűzfő – Siófok

A 4. ábrán a Siófoki öböl kilendülését követhetjük nyomon. A 228 km² felületű, legnagyobb medence D-i és ÉK-i partján elhelyezkedő állomásokon (Siófok és Balatonfűzfő) a regisztrált vízszintek, analóg vízjárást mutatnak. Siófok értékei 8–12 cm-rel elmaradva, kissé tompítva de időben és tendenciában azonos



5. ábra A Balaton kilendülése 2007. január 18-19-én Balatonakali – Balatonszemes

módon az öböl teljes víztömegének kilendülését jelzik. Vízsíntemelkedés (áradási) oldalon 39 cm, vízszintcsökkenési (apadási) ágon 42 cm vízszintkülönbség állt elő, míg Füzfőn ugyanez az érték 48 cm és 59 cm volt. Az áradás itt is megközelítőleg 20 óra alatt következett be, míg az apadás gyorsabban, 9 óra alatt zajlott le. A kilendülést követő vízlebegések Siófokon alig, Füzfőn jóval erőteljesebben érződtek.

Balatonszemes és Balatonakali szemben fekvő állomások, a kilendülés ideje alatt azonban vízjárásuk analóg módon változott, mely kétsomós kilendülést, vagy szuperonáldott vízmozgást jelez. Az előoldali szél egyik állomás esetében sem okozott jelentős vízszintváltozást, az éjszakai front átvonulása idején 10-12 cm áradási vízszint-növekedést tapasztaltunk úgy, hogy a maximumokat 1.5 órával a hosszirányú kilendülés maximuma (Keszthely

esetében minimuma) előtt jelezték a szenzorok. Apadási oldalon 28 cm vízszintcsökkenést észleltünk Balatonszemesen, mely 7 óra alatt jelentkezett.

A kilendülés utáni visszarendeződés igazán szép lengéseket generált (5. ábra) Balatonszemes és Balatonakali állomásokon. A lengések 10-12 cm kezdeti amplitúdóval 3-3,5 órás visszatérési idővel harmonikusan csengtek le január 20-ára, a reggeli órákra.

Fentieket összefoglalva elmondhatjuk, hogy a Kyrill viharciklon erőteljes hosszirányú kilendülést okozott a Balatonon, mely a téli időszakban rendkívülinek számít. A kilendülés kiterjedt a tó teljes felületére és jelentős víztömeget mozgató meg a tó teljes hosszában. A partvédművel ellátott 180-160 cm-es koronamagasságok védelmet nyújtottak a Kyrill hatásai ellen, azonban a partvédművel nem rendelkező, vagy lédós partszakaszok esetében a mögöttes területek rövid idejű elöntésével számolni, illetve védelmről gondoskodni kell. A hajópark és a parti ingatlanok védelme szempontjából előrejelzési és riasztási rendszer kidolgozását javasoljuk.

**Kravinszkaja Gabriella hidrológus,
Balatoni Vízügyi Kirendeltség**

Irodalom

Muszkalay L., 1966: A Balaton hossz- és keresztirányú kilendülésének mértéke, Hidrológiai Közöny 1966.11. szám, Budapest
Muszkalay L., 1979.: A Balaton vízének mozgásai, A Balaton kutatási eredményeinek összefoglalása, VMGT 1979. 112.sz., Budapest

KISLEXIKON

[Cikkeinkben csillag jelzi azokat a kifejezéseket, amelyeket a kislexikonban szerepelnek]

ECMWF ERA-40 reanalízis

Bartholy J. és társai: Ciklonpályák elemzése...

Az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központban (ECMWF) 2000 és 2003 között előállított adatbázis az 1957 és 2001 között végzett meteorológiai és hidrológiai megfigyelések alapján. Az adatok hatóránkénti időlép-csöben állnak rendelkezésre. A térbeli felbontás átlagosan 125 km horizontálisan, és hatvan vertikális szintre terjed ki a földfelszín és a 65 km-es magasság között.

baroklin hullámaktivitás

Bartholy J. és társai: Ciklonpályák elemzése...

Az a folyamat, amely során a közepes földrajzi szélességek nyugatias áramlása a nagy horizontális hőmérséklet-különbségek – és az ehhez kapcsolódó vertikális széllyírás – miatt észak-dél irányú hullámzásba kezd, ami ciklonok keletkezéséhez vezet.

gpm (geopotenciális méter) – gpdm (geopotenciális dekaméter)

Seres A. T. és társai: Januári vihar Európában

A földi gravitáció által a légkörben keltett erőter nagyságának, az ún. standard geopotenciálnak a mértékegysége.

hidrometria

Kravinszkaja G.: A Kyrill viharciklon hatása...

Folyók és tavak vízállásának, vízsebességének, vízhozamának

és a hordalékhozamának mérése, valamint a talajvízszint megfigyelése.

hármaspont

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

Az a nyomás és hőmérséklet, amelyen egy adott anyag mindhárom halmazállapota jelen van, más szóval: egyensúlyban van.

terminátor

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

Egy égitest világos és sötét, azaz nappali és éjszakai oldalát határoló vonal.

tómm

Varga B.: A Balaton és a Keszthelyi öböl...

A hidrológiában használatos mértékegység, annak jelölésére szolgál (szemben a mm-rel), hogy az így megadott értékek számítottak és vízfelületre vannak vonatkoztatva.

Összeállította: Gyuró György

* * *

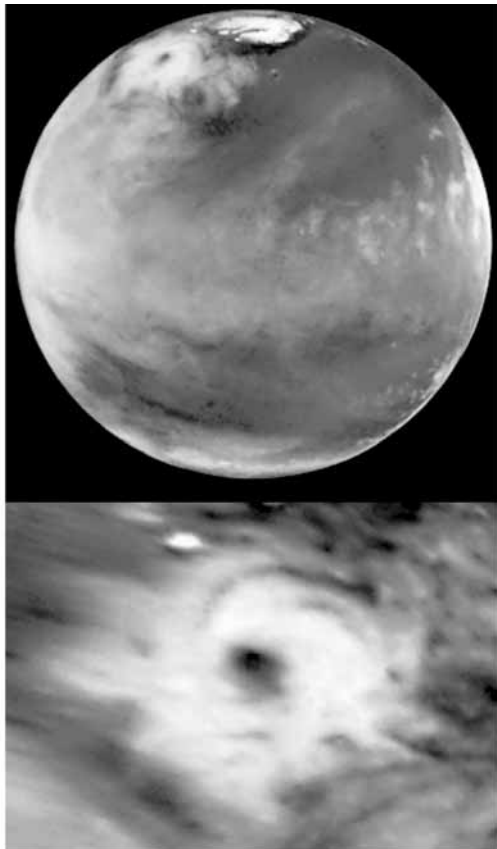
ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A MARSON

I. RÉSZ

A 80-as évek derekán a Léggör hasábjain cikksorozat jelent meg Rákóczi Ferenc professzor tollából a bolygók légköréről. Már akkorra is sok ismeret gyűlt össze űrszondás mérések segítségével, főleg a Vénuszról és a Marsról. Az azóta eltelt két évtized mérései birtokában már az időbeli változásokról is képet lehet alkotni, legalábbis a Mars esetében. Ezzel foglalkozik Kereszturi Ákos két részben megjelenő cikke. (A szerk.)

Bevezetés

Mai ismereteink alapján a meteorológia és az éghajlat-tan sok fogalmát kisebb-nagyobb változtatásokkal a Marsra is alkalmazhatjuk, amely érdekes új terepe lehet a kutatásoknak (1. ábra). A vörös bolygónál az éghajlat és változásainak ismerete két okból kiemelten fontos. Egyrészt a felszíni viszonyok elképzelhetővé teszik, hogy egykor ott is kialakult, esetleg máig fennmaradt az



1. ábra. Egy ciklonális jellegű légörvény az északi féltekén, a helyi nyár idején (fent) és közel függőleges rálátású helyzetre torzított, kinagyított képe (lent). A kb. 1600 km átmérőjű képződményt vízjégfelhők alkotják. A képet 410 nm-en, a kék fény hullámhosszán készítette a Hubble-űrtéleszkóp 1997.05.27-én WFPC-2 kamerájával (Jim Bell (Cornell), Steve Lee, Mike Wolff (SSI), NASA)).

élet, amit erősen befolyásolhat a klíma. Emellett az éghajlat ismerete az ún. klimatikus planetomorfológiának (az egyes égitesteken az éghajlat és a felszínformák kapcsolatának) kutatásában nyújt segítséget. A Mars-on a klíma változása jelentős felszíni átalakulásokat eredményez, mivel a felszíni viszonyok a két fontos illó anyag (H_2O és CO_2) esetében is azok hármaspont-jainak* közelében vannak. Ezért csekély éghajlati változás is komoly felszíni módosulásokkal járhat.

Mind a Föld, mind a Mars esetében az éghajlatváltozásoknál a nagy kérdés, hogy mekkora időintervallumra végezzük el vizsgálatunkat, keresve a határt a fluktuációk, ingadozások és a hosszabb skálájú éghajlatváltozások között (Bartholy, 1999). A Marsnál a korlátozott megfigyelési információk alapján viszonylag rövid időszakra, néhány évtizedre tudunk csak átlagolni, tehát hajlamosak vagyunk rövid időskálákat használni. Elméletileg a Mars éghajlata instabilabb a Földénél, ezért talán indokolt is a rövid időskálájú megközelítés. Az alábbi cikkben a hagyományos, földi éghajlattani témakörök és alapfogalmak szerint összegezzük ismereteinket a Marsról, bár néhol a vörös bolygó adottságaihoz alkalmazkodva egyes részeket elhanyagolunk, másokat a földinél részletesebben tárgyalunk. A ma általánosan elfogadott magyarázatokból és elgondolásokból merítünk – noha ezek a gyorsan növekvő ismeretanyag függvényében változhatnak a közeljövőben.

Az éghajlatot kialakító tényezők a Marson

A Mars légköri folyamatainak megértéséhez szükséges általános háttérismereteket az alábbiakban összegezzük, numerikusan pedig a mellékelt táblázatban sorolunk fel néhány fontos paramétert. A **pályaelemek** szempontjából kiemelt jelentőségű, hogy a Mars kb. másfélszer messzebb van a Naptól, mint a Föld, ezért a napállandó értéke (593 W/m^2) átlagosan kb. 43%-a a földinek. A földinél sokkal nagyobb a pálya excentricitása, a bolygó elnyúlt útvonalán a minimális és a maximális besugárzás között egy marsi évben az átlagértékhez viszonyítva kb. 40%-os az eltérés. Ezért naptávolban a felszíni átlaghőmérséklet 20–30 fokkal alacsonyabb, mint napközben. A forgástengelynek a pályasíkhoz viszonyított ferdesége a földi értékhez közeli, tehát évszakok váltakoznak a Marson, amelyek a pálya elnyúlt alakja miatt aszimmetrikus jellegűek a két féltekén (1. később).

A légkör összetétele alapvetően eltér a mai földitől, elsősorban szén-dioxidból áll, emellett kisebb arányban előforduló, de fontos összetevő még a nitrogén és az argon.

A felszíni **átlaghőmérséklet** -53°C , a maximum

Jellemző	Mars	Föld
Átlagos naptávolság (millió km)	228	150
Keringési idő (földi nap)	687	365,25
Excentricitás	0,0934	0,0167
Forgástengely ferdesége (fok)	25,19	23,45
Tengelyforgási idő (földi óra)	24,62	23,93
Légköri összetétel:	95% CO ₂ 2,7% N ₂ 1,6% Ar 0,13 O ₂ 0,07 CO 0,03% H ₂ O	78% N ₂ 21% O ₂ 1,9% Ar 0,035% CO ₂ 0,4-4% H ₂ O 0,0018% Ne
Légkör tömege (kg)	2,17x10 ¹⁶	4,99x10 ¹⁸
Átlagos légköri molekulatömeg (g/mol)	43,4	29
Átlagos hangsebesség (m/s)	229	321
Átlagos felszíni hőmérséklet (°C)	-53	+15
Maximális felszíni hőmérséklet (°C)	+20	+60
Minimális felszíni hőmérséklet (°C)	-140	-90
Átlagos felszíni légnyomás (hPa)	6,1	1013,25
Átlagos albedo	0,25	0,37
A víz átlagos forráspontja a magasság 0 méteres kezdőszintjén (°C)	+2	100
Napállandó a bolygó átlagos naptávolságában (W/m ²)	593	1365

1. táblázat A Mars és a Föld éghajlat szempontjából fontos paramétereinek összehasonlítása

nyáron, alacsony földrajzi szélességen, dél körül +20 °C, míg a sarkvidéki hideg éjszakákon a minimum -140 °C is lehet. A légkör tömege közel százada a földinek, amely a nálunk jellemzőnél háromszor gyengébb gravitációs térben szerény, 6,7 hPa körüli felszíni légnyomást eredményez. Utóbbi értéke évszakos változást mutat (l. később).

A magassági viszonyok érezhető hatással vannak a légköri jelenségekre. A bolygó legmélyebb és legmagasabb pontja között 29 km a különbség. Az áramlásokat befolyásolja, hogy az északi félteke nagy része olyan síkság, amely az egyenetlen felszínű déli felföldeknél 3-5 km-el mélyebben fekszik. Fontosak továbbá a nagy becsapódásos medencék, amelyekben a hideg levegő tartósan meg tud ülni, közülük legnagyobb a 2100 km átmérőjű, 9 km mély Hellas-medence. A pólussapkák domborzati hatása is számottevő, ahol a nagyobb északi sapka közel 1,2 km-rel magasodik a környezete fölé, és róla könnyen "lefolyik" a nehéz hideg levegő. A legmagasabb hegyek a Tharsis-hátságon emelkednek, amelyek 24–25 km-rel emelkednek a környezetük fölé (Hargitai és Nemerkenyi, 2007).

A klímát erősen befolyásolják azok a pufferek, amelyekben a légköri gázok tárolódhatnak. Legnagyobb puffer a krioszféra (a felszín alatti réteg, amelyben a köztörmelékbe belefagytak az illók), ennek H₂O-tartalma globális vízborítás egyenértékben 50–200 m körüli. (Globális egyenértékben azt a vastagságot értjük,

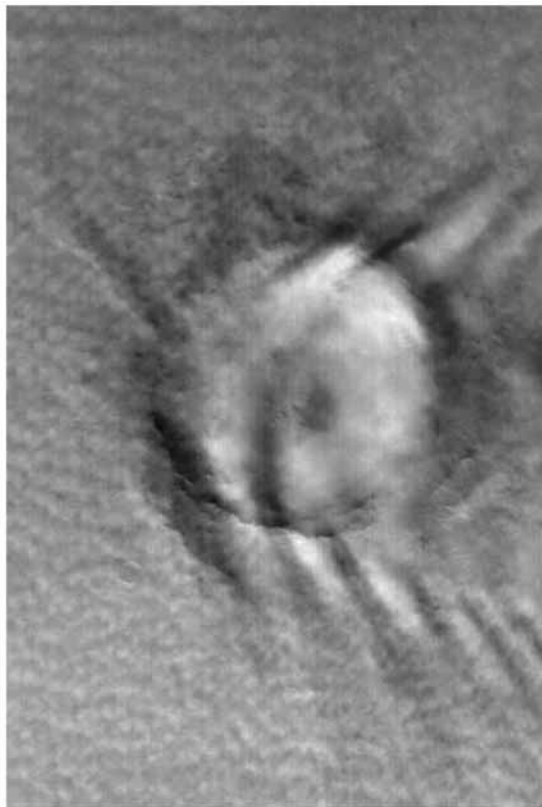
amelyet a felszínen a vízréteg képezne, ha teljes mennyisége folyékony formában, egyszerre, egyenletesen csapódnak ki egy tökéletes gömb alakú Marson.) A krioszférában emellett sok CO₂ is lehet, lényegesen több mint amennyi most a légkörben található.

Valamivel kevesebb illót tárolnak a sarki réteges üledékek a két pólussapka körül, itt szintén a légkörinél több CO₂ lehet megkötve, az itt tárolt H₂O mennyisége pedig 10–15 m globális vastagsággal lehet egyenértékű. Az állandó pólussapkában lévő H₂O a két féltekén együtt néhány méteres globális vízborítást adna. Vízpárából nagyon kevés, közel annyi van az egész légkörben, mint nálunk a sztratoszférában. Az északi pólussapka fagyott vízjege mobilisabb a délinél, a légköri vízgőztartalom ezért az északi nyár idején a legmagasabb, de ekkor is globálisan csak maximum 100 mikrométerrel lehet egyenértékű.

Az albedó legélénkebben a felszíni por és fagytakaró jellegétől függ, az átlagos értéke 0,25 körüli. Legfényesebbek az állandó pólussapkák és az évszakos fagytakaróval borított vidékek. Utóbbi évszakos változást mutat, akárcsak a széllal szállított finom felszíni por eloszlása – mindezek az albedó módosítása révén erősen befolyásolják a meteorológiai viszonyokat.

A Marson alapvetően háromféle felhő van: H₂O-, CO₂- és porfelhő, bár némi keveredés is lehet ezek anyaga között. (Jelenleg a ködöket is a felhők közé sorolják, a kettő megkülönböztetésének egyelőre nincs biztos

alapja.) A marsi H_2O -felhők vízgézből állnak, reggel és este gyakoriak, és sokszor hullámszerű a megjelenésük (2. ábra). 5 és 60 km-es magasság között jellemzőek, délután főleg a nagyobb vulkánok felett mutatkoznak, a Tharsis-vulkánok például egész évben erősen felhősek. Hasonlóan tartós néhány mélyedésben a felhő-avagy ködborítás: a Hellas-medence felhőtakarója a déli télen erős, majd tavasszal gyengül, és a melegedéssel párhuzamosan eltűnik. A Valles Marineris mély árokrendszerében az északi nyáron jellemzők a felhők. Eddig egy alkalommal sikerült a felszínről, az Opportunity rover fotósorozatán egy konvektív felhőnek a fejlődését nyomon követni.



2. ábra. A 104 km átmérőjű Mie-kráter felett mutatkozó orografikus felhő (MGS, MSSS, NASA, JPL)

További jellegzetes felhőalakzat a trópusi felhőöv a d.sz. 10 és é.sz. 30 foka között, az afélium időszakában (Clancy *et al.*, 1996), az északi tavasz és nyár alatt. Ez a Hadley-cella felszálló ága lehet, amikor az északi évszakos pólussapka szublimál. Hasonló felhőöv a déli nyár idején nincsen (Hale *et al.*, 2005). Az éjszakai oldalon főleg naptávolban jellemzők az alacsonyszintű felhők, amelyek sűrűbbek nappali társaiknál, és a napfelkelte után gyakran széteszlanak, illetve magasabbra emelkednek.

A CO_2 -felhők képződéséhez nagy magasságban van elég hideg. A felsőlégkörben 90–100 km környékén lehetnek ilyen ritkás felhők fagyott szén-dioxid kristá-

lyokból. Ezek kondenzációs magvaiként a magasba feljutott, kb. 100 mikrométeres porszemek szolgálhatnak. Az alacsony szintű szén-dioxid felhők vagy ködök a téli pólussapka felett főleg éjszaka jelentkeznek, és nem emelkednek 15 km-nél magasabban a felszín fölé.

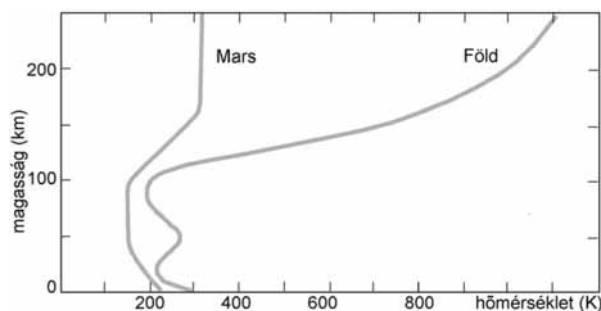
A Marson a csapadék főleg a felszíni albedó módosítása útján játszik szerepet az éghajlat alakításában. A kicsapódó H_2O világos fagytakarót formáz a téli féltekén, majd a tél előrehaladtával, a hőmérséklet további csökkenésével a CO_2 is elkezd kicsapódni. A szén-dioxid kifagyása révén alakulnak ki a nagyságrendileg 100 km átmérőjű téli sarkvidéki hideg foltok az évszakos pólussapka területén, főleg a déli féltekén. A színeképek alapján finomszemcsés CO_2 csapadék lehet az ilyen hideg foltokban.

Kevésbé erős külső tényező az árapály, amely esetében a Földnél elkülönítünk gravitációs eredetű, és főleg 80–100 km között a termoszférában érzékelhető besugárzásos eredetű napi széljárást. A Marsnál ezek mértéke nem ismert pontosan, de a kis légköri sűrűség miatt feltételezhető, hogy jobban érezhetőek a következményei, mint a Földnél – azonban nagytömegű hold hiányában a gravitációs eredetű komponens gyengébb lehet. Szintén külső, de alárendelt tényező a kozmikus por. Bár a Mars közelebb van a törmelékekkel teli kisbolygóövhöz, egyelőre nincs kimutatható alapja, hogy a két égitest között jelentős eltérést lenne a világűrbeli behulló por mennyiségében.

A légköri folyamatok **változékonyságát** illetően fontos, hogy a felszíni anyagok és a légkör hőkapacitása is lényegesen kisebb a földinél, emellett alacsonyabb a felszíni gázsűrűség. A ma jellemző ritka légkör és száraz felszín élénken reagál a változásokra. Míg a Föld éghajlatának stabilizálásában kulcsszerepet játszik a világtenger nagy hőkapacitása, a mechanikai tehetetlensége, és a keskeny áramlások hőszállítása, a Marsnál nincs hasonló. A bolygó életének nagy részében nem volt kiterjedt felszíni vízborítása (Kereszturi, 2006). Amikor viszont a feltételezett ősi északi óceán létezett, az erősen befolyásolhatta a klímát.

Általános légkörzés

A bolygó általános légkörzésében hasonlít a Földre, az eltérő felszíni hőmérsékletű és nyomású területek felett nagyléptéken vizsgálva **Hadley-cellák** vannak, amelyek alacsony szélességen keleties passzát szeleket okoznak a felszínen. A cellák felszálló ága a termikus egyenlítővel együtt vándorol. A Marson télen feltehetőleg a polárfront térségében ciklonális és anticiklonális légörvények figyelhetők meg (de nyáron eddig nem sikerült azonosítani ilyeneket), emellett jellemzők a topografikusan generált állóhullámok. A légkör függőleges hőmérsékleteloszlása a 3. ábrán látható.



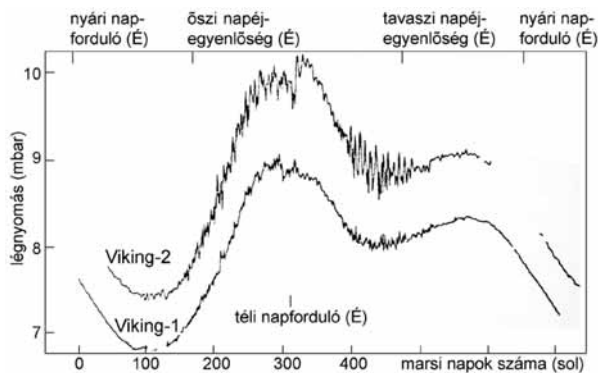
3. ábra. A hőmérséklet függőleges változása a Marson és a Földön, nappali időszakban

A marsi légkörnek a földinél kisebb a **hőkapacitása** és a **hőtehetetlensége**, emiatt nagyobb a mobilitása. Utóbbit tovább fokozza, hogy a felszín szintén kisebb hőtehetetlenségű a földinél, mivel nincsenek rajta óceánok, emellett hővezető képessége is kicsi. A földi körülményekhez viszonyítva a termikus egyenlítő helyzete erősebb kitéréseket mutat a Marson. A ritka légkör élénken reagál a hatásokra, a földinél rövidebb az igazodási ideje, az az időtartam, amíg egy új éghajlati állapot stabilizálódhat. Tehát "gyenge az atmoszféra áramlási rendszerének memóriája", rövid idő alatt is erős változások történhetnek.

Szintén a kisebb hőkapacitással és a mobilis légkörrel kapcsolatosak a **lejtőszelek**, amelyek erősebbek lehetnek, mint a Földön. Az eddig készült megfigyelések és modellek alapján a Marson a nappal felfelé, az éjjel lefelé fújó lejtőszelek sebessége néhol a 100 km/h-t is elérheti. Ezeknek fontos szerepe lehet a pólussapkánál, amelyek tereplépcsőt alkotó pereméről könnyen "lefolyik" a hideg levegő.

Részben a kis hőtehetetlenséggel összefüggésben jelentkeznek erős **szelek a terminátornál**, amelyek a hidegebb és sűrűbb gázt tartalmazó éjszakai féltekéről fújnak a melegebb és ritkább nappali oldal felé. A földinél ritkább légkörnek gyengébb üvegházhatása és kisebb tömege miatt a területi hőmérséklet különbségek, és az adott helyen mérhető hőingás nagyobb a földinél. A légkör mennyisége is évszakos periódussal változik: közelítőleg max. 25%-a (!) kicsapódik a téli félteke pólussapkájára. Ettől erős évszakos légnyomásingadozás (4. ábra) és hozzá kapcsolódó gázáramlás jelentkezik, amely a nyáritól a téli félteke felé tart. Mivel a déli félteke tele hidegebb, ekkor több széndioxid fagy ki, és ezért a déli tél idején alacsonyabb a légnyomás, mint az északi tél alatt.

A fenti extrémítások miatt a Hadley-cirkuláció erős évszakos változásokat mutat. Jelenleg úgy fest, hogy napfordulókor egyetlen Hadley-cella létezik kb. 40 fokos szélességek között, és egy lényegesen kisebb, cella jellegű szerkezet talán a téli pólus felett. Az északi és a déli napfordulókor mutatózó Hadley-cella sem egyforma. A déli nyár idején megfigyelhető lényegesen erősebb, részben az erősebb besugárzás miatt, részben



4. ábra. Nyomásgörbe a Viking-1 és 2 felszíni megfigyelései alapján egy marsi év alatt

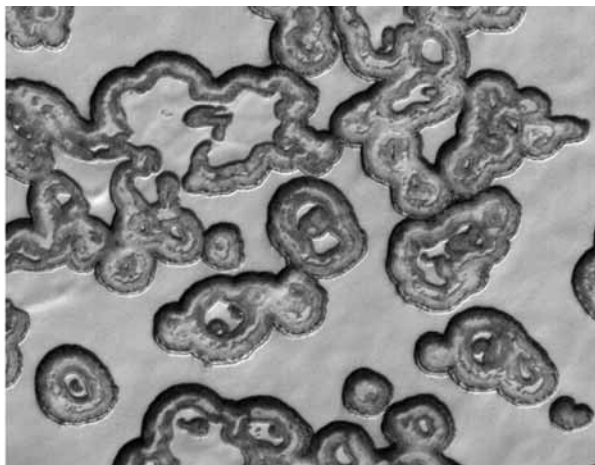
mert ekkor gyakrabban van porvihar, amely fokozza a cirkulációt. Napéjegyenlőség környékén két Hadley-cella van, és gyengébb a Hadley-cirkuláció, mint az egyetlen cella idején. Ciklon-anticiklon rendszereket télen, a közepes szélességeken lehet megfigyelni, ezek nyárra teljesen eltűnnek.

Légköri körfolyamatok

A Marson a légköri körfolyamatok közül legfontosabb a CO_2 -a, a H_2O - és a porciklus. A CO_2 -ciklus élénkségének oka, hogy a szilárd/gáznemű halmazállapot határa a mai, változékony légköri viszonyok közelében van. Ezért ősszel és télen a légkör egy része kicsapódik az adott félteke sarkvidékére, évszakos pólussapkát alkotva, tavasszal pedig visszaszublimál a légkörbe (Titus *et al.*, 2001). Ezzel a légnyomást, az áramlásokat, valamint a látens hő elnyelésével (szublimációkor), és kibocsátásával (kondenzációkor) a légköri hőmérsékletet befolyásolja. A ciklus lépéseinek intenzitása erősen függ a kifagyott CO_2 albedójától, szemcseméretétől.

A **H_2O -ciklusban** lényegesen kevesebb H_2O vesz részt, mint a Földön, a légkörben egyszerre 1–2 km^3 H_2O lehet. Az évszakosan mobilis, tehát a légkörben hol növekvő, hol meg csökkenő H_2O -mennyiség főleg az állandó pólussapkából származik. A légköri koncentráció éves ingadozása nagy, a maximális koncentráció közel egy nagyságrenddel haladja meg a minimálisat. A maximális érték naptávolban jelentkezik, mivel akkor van nyár az északi féltekén, ahol nagyobb a pólussapka és mobilisabb a vízjég tartalma. A déli nyáron kisebb a légköri vízgőzkoncentráció, főleg mert a déli sapka nagy részét állandó széndioxid fedőréteg borítja, maga alá rejtve a vízjeget (5. ábra). Emellett a déli sapka világosabb is, és ezért az erősebb besugárzás ellenére sem melegszik fel annyira, mint északi párja.

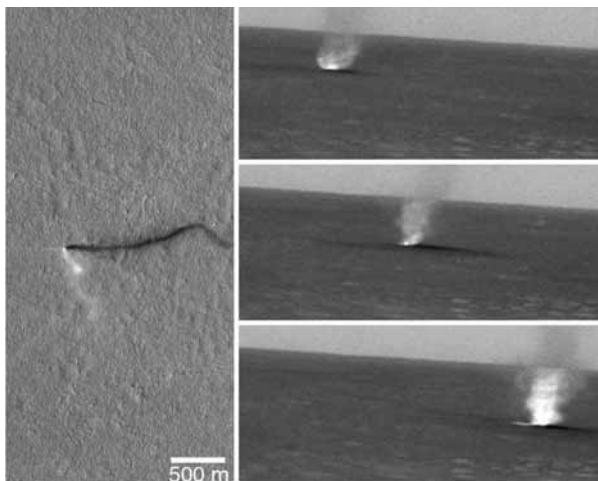
Az északi nyár idején a H_2O a déli féltekén növekvő évszakos sapkára fagy ki. Onnan a déli nyár idején szublimál vissza a légkörbe, és rakódik le északon. Utóbbi időszakban intenzívebb az áramlás (Richardson, Wilson, 2000), és a modellek alapján a mai éghajlaton



5. ábra. A déli pólussapka 2 km átmérőjű részlete a helyi nyár idején. A mélyedések alján a vízjég sapka anyaga látható, amely a vízszintesen évente kb. 3 méternyit hátráló szén-dioxid jég alól bukkan elő (MGS, MSSS, NASA, JPL).

egy kiterjedt déli, szabad felszínű vízjég sapka gyorsan az északi sarki vidékre vándorolna (Houben *et al.*, 1997). Az évszakos melegedéssel párhuzamosan nem csak az adott félteke pólussapkája felett nő a légköri vízgőztartalom, hanem az egyenlítőn vidékén is, ez a regolitban lévő H_2O -forrásra utal.

A légköri **porciklus** jelentőségét a földi H_2O -hoz hasonlíthatjuk. Az aeroszok a Földhöz hasonlóan segítik a légköri nukleációt, és sugárzáselnyelőként szolgálnak, melegítve az atmoszférát, csökkentve a függőleges hőmérsékleti gradienst. Leglátványosabb megjelenési formáik a különböző méretű porviharok. A legkisebb ilyen képződmények: a tölcser alakú porördögök (6. ábra), amelyek a nyári félévben, főleg a helyi 14–15 óra körül mutatkoznak. Nagy porviharok napközeli környékén jellemzők, a legnagyobbak 1–2 hónappal napközelpont



6. ábra. Egy porördög képe (balra) marsköri pályáról, ahol a fehér szín a napsütötte por alkotta oszlopot, a jobbra húzódó sötét sáv pedig annak árnyékát mutatja 2001. április 10-én. Jobbra egy másik porördög képe látható, amelyet a Spirit rover 2005. március 10-én déltájban fotózott le a felszínen (MGS, MSSS, NASA, JPL).

után. Globális porviharok csak ekkor vannak, de nem feltétlenül minden marsi évben.

Egy globális porvihar egyharmad marsi éven keresztül is tarthat. Általában déli közepes szélességű területekről indulnak ki, a helyi nyár derekán. Először főleg K–Ny-i irányban növekszenek, globálissá viszonylag gyorsan, feltehetőleg egy kritikus határ átlépése után válnak. A vihar legerősebb tomboláskor a por 60 km-es magasságig is feljut. Egy globális porvihar után néhány héttel vagy hónappal tisztul le a légkör nagyjából a korábbi szintre.

A porviharok számos következménnyel járnak: Globális és regionális porviharok a légkör 40–50 km alatti régióját 1–2 nap alatt 5–30 fokkal melegíthetik. Nagy porviharok alatt a légkör közel izotermikus lehet akár 50 km-ig. A légköri por felerősíti a Hadley-cirkulációt, és egy porvihar a légkör felfűtésével meg is könnyíti a következő porvihar kitörését. Bár a porelvándorlás és -lerakódás csak mikrométeres réteget érint, mégis erősen befolyásolja az albedót és ezzel a felszín melegedését. A porviharok révén globálisan évente mikrométeres nagyságrendű portakará anyaga változtat helyet. Ebből több rakódhat le északon, mert a szemcsékre ott a viharok idején CO_2 csapódhat ki, hiszen ekkor van helyi tél. A marsi porviharok feltehetőleg azért nőhetnek sokkal nagyobbra a földiekénél, mert a bolygót borító globális sivatag kiterjedt porforrásként szolgál, emellett a ritka marsi légkör élénken reagál a változásokra.

Évszakos jelenségek

A marsi évszakok fő kialakító oka a tengelyferdeség, de emellett a jelenségben a földinél erősebben beleszól az elnyúlt pálya miatt változó naptávolság is. Ettől a déli nyár rövidebb és melegebb, a déli tél hosszabb és hidegebb, mint északi megfelelőik. Alapvető különbségek mutatkoznak még a légköri H_2O -tartalomban, a porviharok eloszlásában, és a szelek jellemzőiben is a két félteke évszakai között.

Az évszakokat a két féltekén párhuzamosan, az **északi nyártól** kiindulva mutatjuk be. Amikor nyár van az északi féltekén, a Mars naptávolban jár, ahol lassabb a pályamenti keringési sebessége. A nagyobb távolság miatt ekkor gyengébb a besugárzás, mint napközelpont (a déli nyár idején), és a lassabb keringés miatt tovább is tart az északi nyár, mint déli párja. Ekkor tehát északon hosszú és enyhe nyár jellemző, a d.sz. 10 és az é.sz. 30 foka között húzódó trópusi felhőövvel. Az északi pólussapka ekkor éri el minimális kiterjedését, a légköri vízgőztartalom pedig a róla szublimáló H_2O miatt a maximális koncentrációját. Ugyanekkor a déli pólussapka növekszik, ahol sarki köd és rendkívüli hideg jellemző.

Ahogy a bolygó pályáján továbbhaladva közelít a

Naphoz, csökken az északi és nő a déli féltekére jutó besugárzás, a termikus egyenlítő dél felé tolódik. A csökkenő naptávolság révén gyorsan melegszik az idő, ezért a déli, kiterjedt évszakos pólussapka sebesen zsugorodik. A sapka elszublimáló anyaga nyomán a sötétebb felszín a napsugaraktól gyorsan melegszik. A sapka határa mellett ezért jelentős hőmérséklet különbségek alakulnak ki – ezzel kapcsolatban pedig erős szelek és helyi porviharok támadnak. Egyes marsi években a legnagyobb porviharok globális méretűvé növekszenek. A **déli nyár** napközben következik be, ahol a Mars gyorsabban kering, ezért itt a nyár viszonylag rövid és meleg. Ugyanakkor az északi pólussapka halmozódik, amelyre a kifagyó H₂O-val együtt sok por is lerakódik.

Visszacsatolási mechanizmusok

A **jég – albedó – hőmérséklet** hurok keretében összetett kölcsönhatások zajlanak, amelyeknek csak néhány vonatkozását vázoljuk. Ha valamilyen okból a felszínen a vízjég borítás terjedni kezd, csökkentheti a légkörbe kerülő por mennyiségét, amely nem rakódik a fagyra, és így nem csökkenti annak albedóját. Ez a felszín albedójának növekedése és a hőmérséklet esése, valamint a légkörzés gyengülése felé hat. Ugyanakkor, ha valahol kiterjedt fagyborítás keletkezik, a légkörzés hosszú idő alatt a szublimáció révén elszállíthatja onnan a vízjeget. Erre a jelen éghajlati viszonyok közepette alacsony szélességről magasabb szélesség felé kerül sor. Ettől alacsony szélességen csökken az albedó, jobban felmelegszik a felszín, és több por kerülhet az atmoszférába, elősegítve annak is a melegedését. Ha pedig a pólussapkára rakódó por miatt, az a lecsökkenő albedótól a sapka elszublimál, akkor sapka nélküli meleg időszak is beköszönhet. A melegebb klímán erősödik a H₂O-cirkuláció, amitől kiterjedhet a vízjég, főleg ha ezt a pályaelemváltozások miatt csökkenő besugárzás is támogatja. Ekkor ismét a légkör nagyobb része kifagyhat, "légkörösszeomlás" következhet be.

Mindezek a tengelyferdeség változásaival kapcsolódhatnak össze, amely külső éghajlati kényszerként hat. A változások során lezajló jelenségeket erősen befolyásolhatja a rendszerben lévő CO₂ mennyisége. A bolygó gyenge gravitációs tere, a mágneses tér hiányában a légkört erodáló napszél, és a fokozatosan gyengülő vulkáni aktivitás miatt a légkör tömege és üveg-házhatása a bolygó fejlődés során, hosszú időskálán csökkent. A modellek szerint amikor a csökkenő hőmérséklet nyomán a jégsapka egyszer kialakul, erős visszacsatolás révén gyorsan növekedhet, míg végül a légkör jelentős részben "összeomlik", és létrejön a mai, ritka atmoszférájú állapot (Haberle et al., 1994.).

A **felhőzet – hőmérséklet** hurok szintén fontos tényező lehet, de jellemzői alig ismertek. Ennek oka, hogy a felhőzet az albedó növelésével csökkenti a fel-

színre jutó sugárzást és így hűlést okoz – ugyanakkor vissza is veri a (marsi) teresztrikus sugárzás egy részét, és ezzel melegedést okoz. A jelenséget még összetettebbé teszi, hogy a felhők ezen jellemzői erősen függenek az őket alkotó aeroszokok szemcseméretétől.

Kereszturi Ákos
geológus

Hivatkozások

- Bartholy, J., 1999: Az éghajlat, mint rendszer, globális klímaváltozások. (fejezet a Humánökológia: A természetvédelem, a környezetvédelem és az embervédelem tudományos alapjai című könyvben. Szerk.: Nánási Irén.) Medicina Kiadó, 177-203.
- Clancy, R.T., Grossman, A. W., Wolff, M. J., James, P. B., Rudy, D. J., Billawala, Y. N., Sandor, B. J., Lee, S. W., Muhleman, D. O. 1996: Water vapor saturation at low altitudes around Mars aphelion: A key to Mars climate? Icarus, 122, 36-62.
- Haberle, R.M., Tzler, D., McKay, C. P., Davis, W. L. 1994: A model for the evolution of CO₂ on Mars, Icarus, 109, 102-120.
- Hale, A. S., Tamppari, L. K., Christensen, P. R., Smith, M. D., Bass, D., Qu, Z., Pearl, J. C. 2005: Water Ice Clouds in the Martian Atmosphere: A View from MGS TES, 36th Lunar and Planetary Science Conference #1083.
- Hargitai H. és Nemerényi Zs. 2007: A Mars térképe. in: Földgömb, 2007/1. Heiling Média Kft., Budapest.
- Houben, H., Haberle R. M., Young, R. E., Zent A. P. 1997: Evolution of the Martian water cycle, Adv. Space Res., 19, 1233-1236.
- Kereszturi A. 2006: Fejezetek a Mars fejlődéstörténetéből, Magyar Tudomány, 946. 946-954.
- Richardson, M. I., Wilson, R. J. 2000: Control of the Martian water cycle by the northern polar ice cap, 2nd Mars Polar Science Conference #4093.
- Titus T., Kieffer, H. H., Mullins, K. F., Christensen, P. R. 2001: TES premapping data: Slab ice and snow flurries in the Martian north polar night. Journal of Geophysical Research, 106, 23181-23196.

* * *

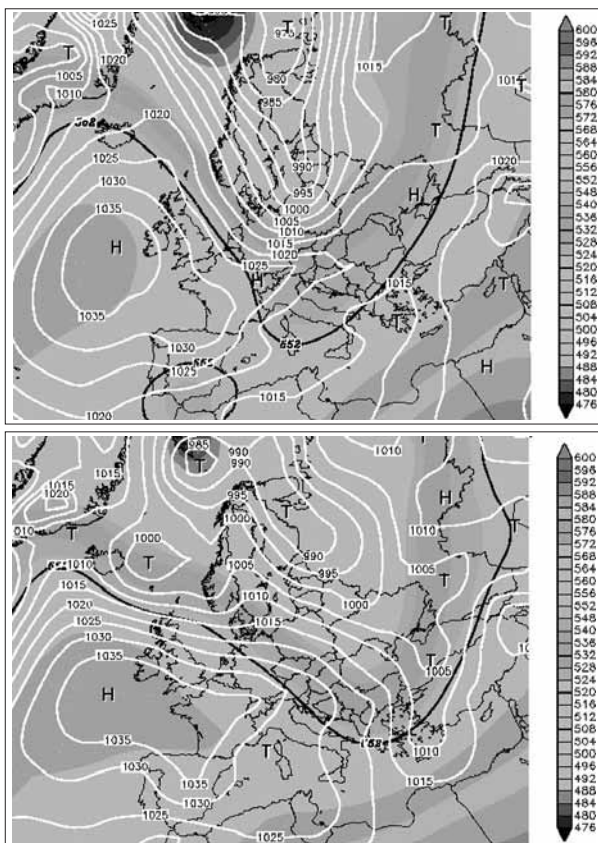
A 2007. január 27-i dunántúli hóvihár

Bevezetés

2007. január 27-én hóvihár tombolt a Dunántúl északi és középső részén. Az eseményeket egy hidegfront mögötti, ún. posztfrontális konvergencia-vonalon kiépülő konvektív rendszer okozta. Írásunkban rövid, szinoptikus szemléletű áttekintést kívánunk nyújtani az események lefolyásáról, részletesen elemezve a kiváltó okokat.

A szinoptikus helyzet és a hidegfront átvonulása

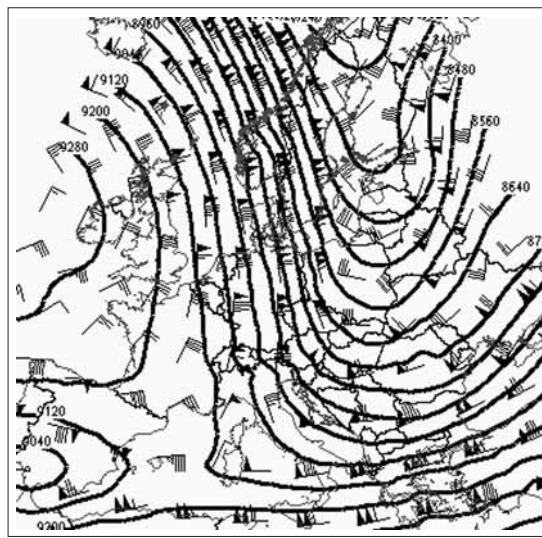
2007. január 27-ére a Skandináv-félsziget felett egy több középpontú ciklonrendszer épült ki, miközben Nyugat-Európa felett egy anticiklon helyezkedett el. A ciklonrendszer hidegfrontja végigvonult Európa középső és keleti részein. A front helyét jól kirajzolják a sűrűn elhelyezkedő ciklonális görbületek (1a. ábra). A hidegfront mögött,



1. ábra: Talajszintű légnyomási viszonyok (fehér vonalakkal jelölve 5 hPa-os bontásban), illetve az 500 hPa-os szint magassága (szürke árnyalatokkal jelezve gpm-ben kifejezve, a skála jobb oldalon látható; a fekete vonal az 552 gpm-t mutatja) a) 2007. január 27-én 00 UTC-kor; b) 2007. január 28-án 00 UTC-kor az NCEP reanalízise alapján. (Forrás: www.wetterzentrale.de)

a rendszer hátoldalán észak felől sarkvidéki eredetű levegő árasztotta el Európa keleti és középső tájait. A hideg-advekción (hideg-beáramlás) különösen markáns volt a

magasabb szintű légrétegekben. A front a reggeli órákban érte el hazánkat, majd délutánra elhagyta a Kárpát-medencét. Másnapra már a nyugati anticiklon keleti pereme helyeződött hazánk fölé. A front áthaladása közben fokozatosan vesztett sebességéből, gyengült. A műholdképek tanulsága szerint a Dunántúl felett, a frontvonalon hullám keletkezett. Az analízis térképeken és a műhold felvételeken jól látszott, hogy a behullámozás a Balkán-térség felett tovább erősödött (1b. ábra). A front átvonulását erős magassági áramlás jelezte, hazánk 12 UTC-re a sugáráram (jet-stream) előoldalán helyezkedett el (2. ábra).

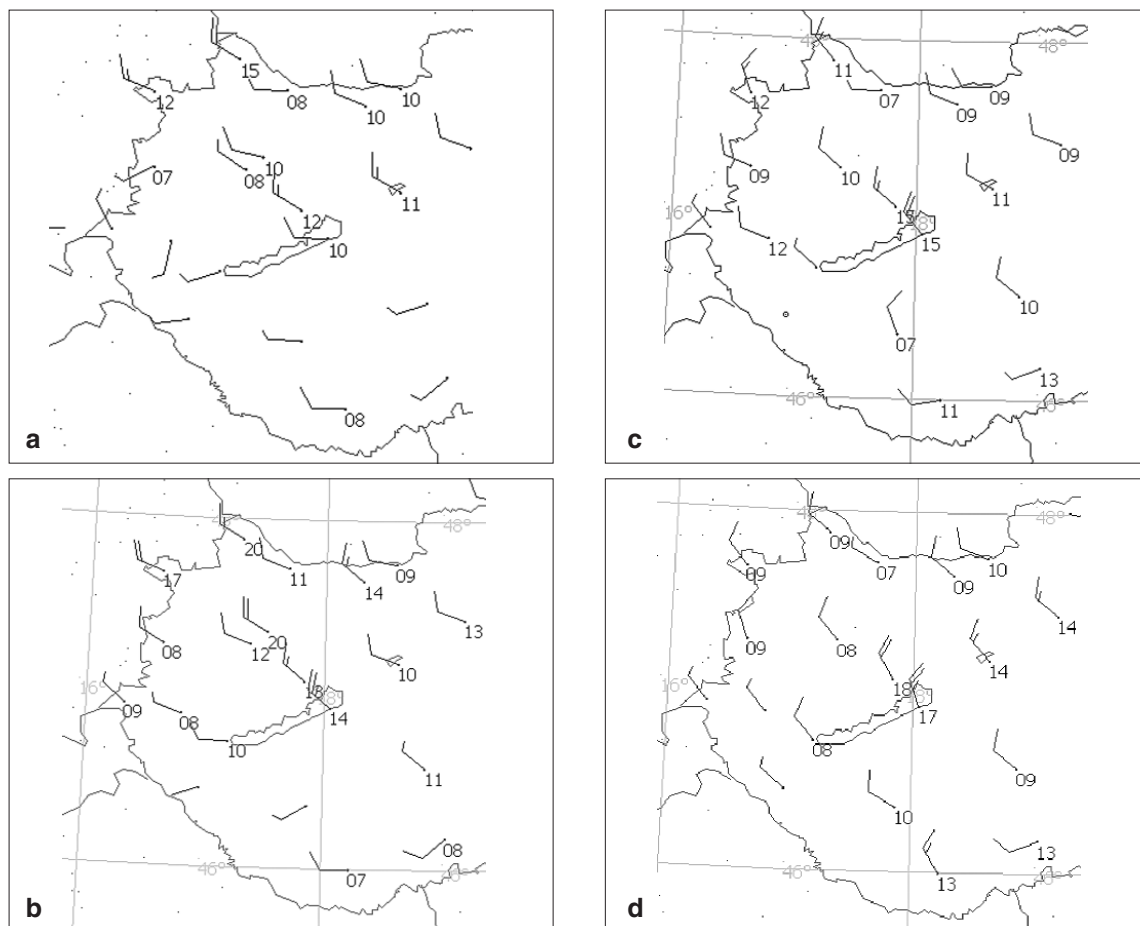


2. ábra: A 300 hPa-s légnyomási szint áramlási és nyomási viszonyai 2007. január 27-én 12 UTC-kor az ECMWF reanalízise alapján. A nagy szélsőségek kirajzolják a sugáráram helyét. Jól látszik, hogy a jet-stream áramvonalai Bécs és Pozsony vidékén széttartanak, azaz ott divergens az áramlás.

Az ábra a Magyar Honvédségnél használatos HAWK-2 megjelenítő-rendszerrel készült.

A hidegfront átvonulását követő események

A hidegfront felhőzetéből csak kis mennyiségű csapadékot észleltek. A délután 1 óráig lehullott csapadékmennyiség nyom és 2 mm közötti volt. A front előtt az élénk délnyugati szelet helyenként erős széllekeések kísérték. A hidegfront áthaladása során a nyugati és középső országrész északi tájain a légmozgás már északnyugatra fordult és többfelé erős széllekeéseket észleltek (3a. ábra). A front mögött a déli, kora délutáni órákra konvektív cellák épültek ki a Kelet-Alpokban, a bécsi-pozsonyi térségben és a Kárpát-medence keleti, északkeleti területei felett. Ezeken a területeken hamar megjelentek a záporos csapadékot adó tornyos gomolyfelhők. A konvekció elsődleges kiváltó oka a magassági hideg advekción labilizáló hatása volt. Ezen kívül, elsősorban a nyugati térségben, az orográfia okozta



3. ábra: A magyarországi, dunántúli szinoptikus hálózattal észlelt szélsébségek (a mérést megelőző 10 percben mért átlagos szél zászlóval jelölve; míg az állomások mellé írt számok a mérést megelőző egy órában észlelt legnagyobb széllelkést mutatják) 2007. január 27-én a) 12 UTC-kor b) 15 UTC-kor, c) 18 UTC-kor és d) 21 UTC-kor.

Az ábrák a Magyar Honvédségnél használatos, SYNOP-VIEWER nevű megjelenítő-rendszerrel készültek.

összeáramlás is fontos szerepet játszott. Az összeáramlás gyengén kirajzolódik a 3a. ábrán a Kisalföldön. A konvektív feltételek a pozsonyi rendszer esetében voltak a legkedvezőbbek, mivel ez a térség a sugáráram (jet-stream) előoldalán helyezkedett el (2. ábra). Ráadásul a jet-stream szétáramlott, amely tovább erősítette a sugáráram keltette szívó hatást. Ezért a pozsonyi rendszerben egy-egy cella zivatarfelhővé fejlődött. Ezt hamar jelezte a villámlokalizációs rendszer is. A pozsonyi konvergencia-zóna idővel délkelet-dél felé mozgott, miközben csapadékmezője fokozatosan terebélyesedett. A csapadék ekkor már zömmel hózápor formájában hullott. A magasabb légrétegekben gyorsan beáramló hideg levegő a konvektív cellák lekeverő hatása miatt a talajra zúdult. Emiatt a talajszinten is viharos erejű széllelkések alakultak ki. Kora délután Mosonmagyaróvárról zivatart, erős hózáport és 20 m/s-os széllelkést észleltek. Később Győrből is heves hózáport és hasonló nagyságú széllelkést jelentettek. A rendszer fokozatosan délkelet felé helyeződve elérte a Bakony térségét is. Pápán helyi idő szerint fél négy és négy között először 20 m/s-os, majd 26 m/s-os nagyságú széllelkést észleltek. A 3b. ábrán csak a 20 m/s-os lökés látható, mivel

a 26 m/s-os érték már az órás, szinoptikus észlelési kulcs elküldése után volt. Eközben a pozitív léghőmérsékleti értékek mellett fokozatosan erősödő intenzitású hózápor hullott, ami a viharos szél hatására hóvihart eredményezett. Az ítéletidő miatt a látástávolság rövid idő alatt 100 méter körüli értékre romlott, illetve a hőmérséklet is néhány fokkal fagypont alá zuhant. A hóvihar tartós áramkimaradást is okozott a pápai repülőtérén. Csak este 9 órára állt el a csapadék, ekkorra már néhány cm-es vastagságú hóréteg alakult ki.

A rendszer a délutáni órákban tovább vonult dél, délkelet felé. Útja során többfelé okozott még hózáport, havazást és szélvihart (3c. ábra). Siófokon 22 m/s-os nagyságú széllelkést észleltek. A késő délutáni órákban a Kelet-Alpok feletti rendszer is megerősödött és fokozatosan dél-délkelet felé helyeződött. Ez a konvektív góc azonban nem okozott már olyan heves eseményeket, mint a pozsonyi. Ennek ellenére a nyugati, délnyugati országrészben többfelé volt hózápor, helyenként erős széllelkések is előfordultak. Az esti órákban a Dunántúl középső részein, a pozsonyi rendszer miatt, előfordultak még viharos széllelkések (3d. ábra) majd az éjszakai óráktól a rendszerek fokozatosan vesztet-

tek erejükből, hajnalra pedig csapadékmezejük is elhagyta az országot. A hózáporok, havazások hatására a Dunántúlon több helyen alakult ki néhány cm-es vastagságú hótakaró.

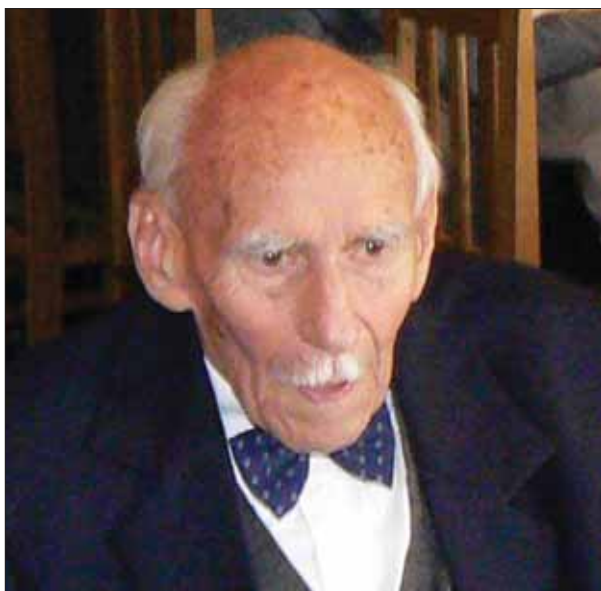
Befejezés

2007. január 27-én egy hidegfront vonult át hazánk felett. A front mögött, a Kárpát-medence keleti és nyugati részein konvektív cellák, rendszerek jöttek létre. Ezek közül a

bécsi-pozsonyi térségben alakult ki a leghevesebb rendszer, melynek áthelyeződését a Dunántúlon viharos erejű szelek, heves hózáporok, hóviharok, illetve helyenként zivatarok kísérték. A numerikus modelleknek és a szinoptikus felügyeletnek köszönhetően az előrejelzések időben figyelmeztettek a közelgő veszélyre.

Seres András Tamás met. doktorandusz
MH Geoinformációs Szolgálat
Szalai Tamás met. asszisztens
MH Pápai Repülőtér

Dr. Kéri Menyhért 1914–2007



Búcsúzni jöttünk. A búcsú, az elválás mindig szomorú, de felemelő is, ha olyan kollégától búcsúzunk, aki becsülettel teljesítette kötelességét, s tér meg Teremtőjéhez. „Ezért örvend a szívem és ujjong a nyelvem, sőt testem is reménységben pihen.” (Zsolt 16, 9).

Kedves Menyus bácsi! Búcsúzom Tőled az Országos Meteorológiai Szolgálat nevében, mint nyugalmazott osztályvezetőjétől, főosztályvezető-helyettesétől, a Magyar Meteorológiai Társaság nevében, mint volt titkártól, főtítkártól, társelnöktől, tiszteletbeli tagjától, kollégánktól és barátunktól.

Visszagondolva ismeretséginkre meglepetéssel kellett megállapítanom, hogy nyugdíjba vonulásod nem sokkal az előtt történt, hogy én beléptem a Meteorológiai Szolgálathoz. Ez a megválás a szolgálattól csak a jogviszony megváltozását jelentette számodra, nem elszakadást a szakmától. Nagyon sokáig naponta bejártál az intézetbe, vettél részt a Társaság rendezvényein. Sokáig nem volt nyilvánvaló számomra, hogy már nyugdíjas vagy!

Dr. Kéri Menyhért egy csodálatosan hosszú életen át

hűséggel szolgálta választott szakmáját, a meteorológiát. „Légy hű mindhalálig, és neked adom az élet koronáját.” (Jel 2, 10). Természettan-rajz-földrajz szakos tanári diplomát szerzett 1938-ban. Tanárként kezdte pályafutását, de 1941-ben már éghajlati témából írt doktori értekezést. 1941-ben lépett be az Országos Meteorológiai és Földmágneselességi Intézetbe, Szolgálatunk jogelődjéhez. Szakmai érdeklődése elsősorban az éghajlatkutatáshoz kötötte.

Különböző osztályok vezetésével bízták meg, állt a csapadék-hálózati, az éghajlati és a biometeorológiai osztály élén. 1961-től a Marczell György Obszervatórium helyettes vezetője. 1962-ben az Akadémia a földrajztudományok kandidátusa minősítést adományozta neki. 1964-től az intézet könyvtárát vezette, 1968-tól tudományos tanácsadó, majd a Szolgálat alá alakult intézetben a szakigazgatási osztályt vezette egészen 1976-os nyugdíjazásáig. Munkásságát több kitüntetéssel ismerték el. Közvetlen modorával és szaktudásával mindenkor kivívta munkatársai megbecsülését. Elismert szaktekintély volt a rokon szakmákban is.

Nem volt szerencsém ismerni aktív dolgozóként, de nyugdíjasként sokszor találkoztam vele, s mindig volt egy-két baráti tanácsa, biztató megjegyzése, amivel akarva, akaratlanul segített abban, hogy a napi gondokon, valós vagy vélt problémákon túltegyem magam. Egy sokat átélt, sokat tapasztalt, nehéz harcokat megvívott nagy generáció utolsó képviselője távozott most közülünk, s szomorú szívvel búcsúzunk Tőle. „Mindennek megvan a maga órája és az ég alatt minden dolog elmúlik a maga idejében.” (Préd 3, 1).

Menyus bácsi köszönjük Néked a munkát, amit az intézetért, a Társaságért, s így értünk is végeztél, köszönjük a töretlen jó kedved, optimizmusod!

Isten legyen Veled!

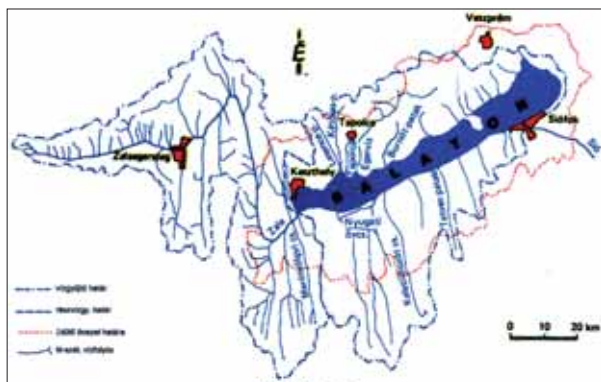
Dunkel Zoltán

(A 2007. május 4-én elhunyt Kéri Menyhért temetésére május 29-én került sor a Farkasréti temetőben.)

A Balaton és a Keszthelyi-öböl vízháztartásának hidrometeorológiai vonatkozásai

Bevezetés

A Balaton Közép-Európa legnagyobb tava, területe 589 km², a tavat körülvevő nádas kiterjedése 2005-ben 1209 ha volt (Szeglet, 2006). A Keszthelyi-öböl területe 45 km². A tó jelenlegi hosszúsága 76,5 km, átlagos szélessége 7,5 km. Mélysége 75 cm-es síófoki vízállásnál 3,36 m. A Balaton fő táplálója a Zala folyó, mely Fenékpusztánál éri el a tavat, ezen kívül még 30 állandó és 20 időszakos vízfolyás szállít vizet a Balatonba. A teljes vízgyűjtőterület nagysága 5775,5 km² (1. ábra.). A tó felesleges vízkészletét a Sio csatornán vezetik le.



1. ábra A Balaton vízgyűjtője

Keszthely a tó nyugati medencéjének észak-nyugati partszakaszán terül el. A város, mely méréseink helyszíne a Balaton és a Keszthelyi-hegység által határolt szegletben található. A hegység árnyékoló hatása a város és az öböl éghajlati adottságaiban is megmutatkozik mind a párolgás, mind a csapadék alakulásában.

A Balaton-kutatás jelentősége

A tó közel 600 km²-nyi területével messze elmarad a kelet-európai, afrikai, ázsiai tavak méretétől, és a tófelszín Magyarország területének is alig több mint fél százaléka, mégis a Balaton európai hírnevű természeti kincsünk, országunk egyik legvonzóbb, egyben talán legszebb tája is. Eötvös Károly az Utazás a Balaton körül című munkájában elsőként jósolta meg a tó későbbi sorsát: „A Balaton ábránd költészet, hagyomány, édes-dús mesék gyűjteménye, különös magyar emberek ősi fészke, büszkeség a múltból és a ragyogó reménység jövője.”

Az eredetileg lefolyástalan tó vízmennyiségét a mesterséges vízleeresztés kivételével meteorológiai és geomorfológiai viszonyok határozzák meg. A történelmi adatok tanúsága szerint a tó vízszintje természetes körülmények között erősen ingadozott. Varga (2003) által bemutatott adatok alapján a mai átlagos vízszintnél 4–6 m-rel mag-

sabb vízszint is előfordult, de aszályos években a vízszint a jelenlegi szabályozási szintnél akár a 2 m-rel is alacsonyabb volt. A XVIII. századtól kezdve az emberi beavatkozás hol a természetesnél magasabb, hol alacsonyabb vízszint kialakítását célozta. 1863-ban üzembe helyezték Siófokon az első zsilipet, biztosítva ezzel a kívánatosnál nagyobb mennyiségű víz elvezetését. A Balaton vízjárására a szabályozást követően kisebb mértékben ugyan, de jellemző maradt az ingadozás.

A tó vízkészletének természetes változékonyságát döntő mértékben a vízgyűjtőre hulló csapadék által közvetlenül, vagy közvetve a tóba jutó vízmennyiség, illetve az időjárás függvényében eltérő mértékű párolgás határozza meg. A Balaton vízmennyiségét fogyasztó párolgás számos hidrológiai és meteorológiai folyamat meghatározó eleme, a tó környezetében a 2000–2004 között bekövetkezett vízszint-problémák egyik lehetséges előidézője. A tetemes mennyiségű hőlekötéssel és jelentékeny vízgőzkibocsátással járó párolgás közvetlenül befolyásolja a parti sávban a meteorológiai elemek alakulását, ezáltal a parti üdülő-övezet mikroklímáját. A párolgás pontos ismerete segítséget nyújthat gyakorlati kérdések megválaszolásához is, pl. hogyan hat a párolgás a tó vízszintjének ingadozására, mennyi idő alatt cserélődik ki a tó teljes vízkészlete, stb. (Antal, 1963).

A Balaton párolgása

A Balaton párolgásának becslésére a múltban számos módszer dolgoztak ki, a párolgással kapcsolatban sokféle adatot közöltek. A 20. század elején, a Balaton párolgására vonatkozó megfigyelések kezdetén a Balaton évi párolgására Lóczy 1500 mm-es értéket közölt egyetemi előadásaiban (Béll és Takács, 1974), míg azok, akik Wild-evaporiméterrel mért adatokkal is kiegészítették számításait, a párolgás évi összegét 1500–1700 mm-re becsülték. Kemenessy (1930) ennél is magasabbnak, közel 2500 mm-re tette a tó vízvesztését. Hasonlóan nagy vízvesztést becsült Havalda (1930) parti párolgásmérő állomások és úszó párolgásmérők adatait is tekintetbe véve, és megállapította, hogy a tó átlagos párolgása 2000 mm körüli. Néhány évtized múlva Szesztay (1962) az 1921–1958 közötti időszakra átlagosan évi 870 mm-es párolgást határozott meg, melyet vízháztartási módszerrel közelített. Az utóbbi szerző 1962-ben a Dalton-képlet Meyer-féle változatával a korábbihoz nagyon közeli, 893 mm-es párolgást kapott.

Antal (1963) a Penman-féle energiaháztartási módszer hazai viszonyokra módosított változatával – 1901–1950 közötti időszakra – 904 mm-es évi átlagos párolgást számított. Béll és Takács (1974) utólagos megállapítása szerint

az Antal-formulával számított havi összegek évi menete megegyezett a Meyer-képlettel meghatározott párolgás évi változásával.

1971-ben az Országos Vízügyi Hivatal megbízására elkezdődött a Balaton sugárzás-, hő-, és vízháztartási rendszerének részletesebb feltárása. A méréseket ekkor már különböző típusú párolgásmérő kádakkal és úszó párolgásmérőkkel végezték. Ezen mérések alapján módosították a korábban a párolgás számítására alkalmazott Meyer-formulát. Az idézett összefüggésen nyugvó formulával kapott párolgás sokévi átlagos összege 860 mm (Antal – Baranyi – Kozmáné, 1977).

Célkitűzések

Kutatásaink célkitűzéseiként arra a kérdésre kerestünk választ, hogy a tó vízmérlegét befolyásoló meteorológiai tényezők közül az elmúlt évtizedekben változott-e a Balaton térségében csapadék mennyisége, időbeli eloszlása, valamint hogyan alakult a tó felszínéről eltávozó víz mennyisége, a párolgás.

A megfigyelést a Balaton teljes felszínre vonatkozó hosszabb párolgási idősor figyelembe vétele mellett kiegészítettük a keszthelyi meteorológiai adatok alapján, a Keszthelyi-öböl párolgás viszonyainak rövidebb idősor alapján történő elemzésével (1992–2004), melyben nagyobb hangsúlyt helyeztünk a különböző párolgás-számítási módszerek összehasonlító vizsgálatára.

Megfigyeléseink a tófelszín és a légköri folyamatok kapcsolatának kutatására irányultak, ezért nem szerepelt a célok között a tó teljes vízmérlegének elkészítése. Az általunk vizsgált természetes vízkészlet-változás figyelmen kívül hagyja a leeresztett víz mennyiségét és csak a tófelszínre hulló csapadék, a hozzáfolyás és a párolgás alakulását vizsgálja. A Balaton esetében a lefolyó vízmennyiség mesterségesen szabályozott, ezért ha az éghajlati elemeknek a tó vízgazdálkodásában betöltött szerepét vizsgáljuk pontosabb eredményekhez juthatunk az általunk is alkalmazott módszer segítségével.

A kutatásaink anyaga, módszerei

Adatbázis

A hosszabb távú, 1921-től 2004-ig terjedő, a Balaton teljes felszínére vonatkozó párolgási, csapadék és hozzáfolyás idősort a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Balatoni Kirendeltsége, valamint a VITUKI Kht. bocsátotta rendelkezésünkre. Ez az adatsor tartalmazza a Balaton teljes felszínéről elpárolgott víz mennyiségét,

a tófelszínre számított csapadék-, valamint hozzáfolyás adatokat havi bontásban. A tófelszínre hulló csapadék számításának alapja a poligon-módszer, melyhez jelenleg 12 csapadékmérő állomás adatait használják, a tó párolgását a síófoki és a keszthelyi meteorológiai állomás adatai alapján számítják (1. táblázat)(Fejér -Kravinszkaja, 2004).

Állomásszám	Állomás	Súlyszám	Tórész
1.	Keszthely	0,33	Keszthelyi-medence
2.	Fenékpuszta	0,29	
3.	Balatongyörök	0,28	
4.	Balatonkeresztúr	0,10	
4.	Balatonkeresztúr	0,17	Szigligeti-medence
3.	Balatongyörök	0,5	
5.	Balatonboglár	0,33	
5.	Balatonboglár	0,40	Szemesi-medence
6.	Balatonszemes	0,21	
7.	Balatonakali	0,19	
8.	Tihany	0,20	
8.	Tihany	0,18	Siófoki-medence
9.	Siófok	0,17	
10.	Balatonszabadi	0,20	
11.	Balatonkenese	0,20	
12.	Alsóórs	0,25	

1. táblázat: A négy törész és a hozzájuk tartozó csapadékmérő állomások a súlyszámokkal

A különböző párolgás-számítási formulák teszteléséhez a szükséges meteorológiai adatokat a Pannon Egyetem Georgikon Karának Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszéke által működtetett, az Országos Meteorológiai Szolgálat által fenntartott, korábban MILOS 500-as, 2001 óta QLC-50-típusú automaták rögzítették.

A párolgás-számítás során felhasználtuk a napi középhőmérséklet, a relatív légnedvességből származtatott telítési valamint tényleges gőznyomás adatokat, napi átlagos szélsőértékeket.

A telítési párányomás kiszámítására az (1) képletet használtuk, ahol t_k a napi középhőmérséklet, e a természetes logaritmus alapja (Goudrian, 1977).

$$E = 6,1078 * e^{\frac{17,269 * t_k}{t_k + 237}} \quad (\text{hPa}) \quad (1)$$

A tényleges párányomást a (2) összefüggés alapján kaptuk meg, ahol U a relatív légnedvesség %-ban és E a telítési párányomás értéke.

$$e = (U * E) / 100 \quad (\text{hPa}) \quad (2)$$

Párolgás-számítási módszerek, formulák

A Balaton párolgásának vizsgálatára irányuló kutatások kezdetén a tó párolgását a Meyer formulával számították 1921-től egészen 1974-ig.

$$P = 11(E - e)(1 + 0,2v) \quad (3)$$

ahol

E – a levegő telítési párányomása a havi közepes vízhőmérsékletre számolva (Hgmm)

e – a levegő tényleges párányomásának havi átlaga (Hgmm)

v – a havi közepes szélsősebesség (m/s)

Az OMSZ és a VITUKI 1958–1963 között végzett, majd 1971–1974 között folytatott és lezárt közös kutatása eredményeként a Balaton párolgásának meghatározására új formulát határoztak meg, amelynek alakja a következő:

$$P = n(E - e)(0,33 + 0,1v) \quad (4)$$

ahol

E – a levegő telítési párányomása a havi közepes vízhőmérsékletre számolva (Hgmm)

e – a levegő tényleges párányomásának havi átlaga (Hgmm)

v – a havi közepes szélsősebesség (m/s)

n – a hónap napjainak száma

Ez utóbbi összefüggést a párolgás számítására 1975–1985 között használták.

A VITUKI és az OMSZ-KMI a korábban használt párolgászámítási formulát felülvizsgálta és az alapösszefüggést meghagyva, a benne szereplő konstansokat változtatták meg. Az új (3) összefüggést 1986-tól egészen napjainkig változatlan formában alkalmazzák a tó párolgásának számítására. (VITUKI jelentés, 1986)

$$P_b = a(E - e)(0,59 + 0,013v) \quad (5)$$

ahol

E: a napi középhőmérsékletre tartozó telítési párányomás (hPa)

e: a napi átlagos párányomás (hPa)

v: szélsősebesség napi átlaga (m/s)

a: konstans, értékei: márc: 0,7; áprilisban: 0,8; októberben: 1,3; novemberben: 1,4

-dec; jan; febr; máj; júni; júli; auguszt; szept hónapokban: 1

A Keszthelyi-öböl párolgásának számításához felhasználtuk az Antal formulát:

$$PET = 0,9(E - e)^{0,7} (1 + \alpha T)^{4,8} \quad (6)$$

ahol

E: a napi középhőmérsékletre tartozó telítési párányomás (hPa)

e: a napi átlagos párányomás (hPa)

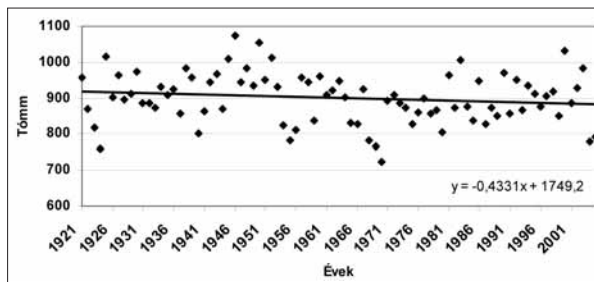
α : a levegő hőtágulási együtthatója ($1/273K^{-1}$)

T: a napi középhőmérséklet ($^{\circ}C$).

Eredmények

A párolgás alakulása a Balaton teljes felszínén 1921–2004 között

A Balaton felszínéről elpárolgó vízmennyiség éves öszegeit a 2. ábra szemlélteti. Elemzéseinket a kapott grafikonokra fektetett, lineáris regressziós egyenesek ill. az azokat leíró egyenletek alapján végeztük.



2. ábra A Balaton éves párolgása 1921–2004 között

Az adott időszakban a tófelszín párolgása átlagosan 899 tómm* volt. Az idősor statisztikai elemzése során az éves párolgás maximális értéke 1946-ban 1073 tómm volt. 1000 tómm feletti éves párolgást a vizsgált időszakban mindössze 7 alkalommal rögzítettek, míg a tó párolgása még kevesebbszer, összesen 5 évben alakult 800 tómm alatt. A legkisebb éves párolgás 1970-ben, 723 tómm volt.

A párolgási sor mediánja 903 tómm. Az alsó kvartilis értéke 858 tómm, a felső kvartilis ugyanakkor 947 tómm volt, vagyis a jövőben is várhatóan 25% annak a valószínűsége, hogy a tó éves párolgása 858 tómm alatt ill. 947 tómm felett legyen.

Az idősor vizsgálata során csökkenő tendenciával találkozunk, ennek egy évre vonatkoztatott mértéke 0,43 tómm-nek adódott. Az egész évet figyelembe véve a változás statisztikai vizsgálataink alapján nem volt szignifikáns, azonban az egyes hónapok adatsorainak elemzése során jelentős változásokat tapasztaltunk.

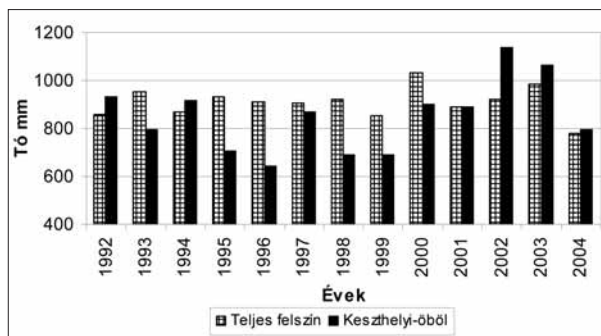
A Balaton párolgása jelentősen csökkent az intenzív párolgású időszakban. Április és szeptember között május kivételével minden hónapban szignifikáns volt a vízvesztés csökkenése. A tó párolgása az ősz második felében, valamint a téli hónapokban szignifikánsan növekedett. A téli hónapok vízvesztése azonban messze elmaradt a nyári párolgás-értékektől, így az évi vízforgalom szempontjából kevésbé jelentős.

A tó párolgás-számításának módszertana a mérések kezdete óta többször is változott, ezért az általunk elemzett adatsor nem tekinthető homogénnek, így messzemenő következtetések levonására nem vállalkoztunk.

A párolgás alakulása a Keszthelyi-öbölben 1992–2004

A Keszthelyi-öböl párolgását az 1992–2004-es időszakra számoltuk, mely időszak alatt a tó jelentős vízszintváltozásokat mutatott. A Keszthelyi-öböl 1992–2004 közötti evaporációját az ugyanerre az időszakra vonatkozó teljes tófelszínre meghatározott párolgással együtt ábrázoltam (3. ábra). Mindkét vízvesztés számítás azonos módon, a Balaton-formula (5) alkalmazásával történt.

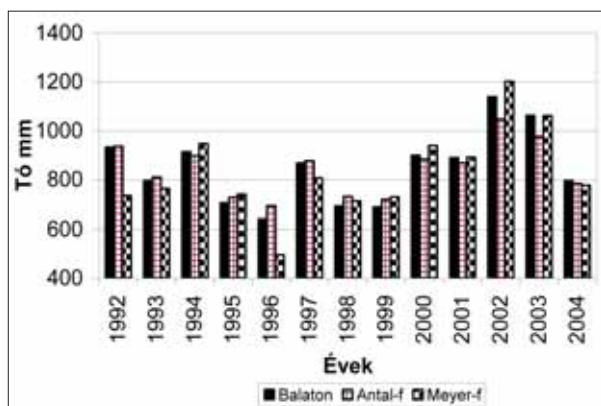
A teljes tófelszínre vonatkozó 1992–2004 évek közti evaporáció átlaga 907 tómm volt, amely statisztikai vizsgálat alapján a hosszú idősoros párolgásátlaggal 5%-os szignifikancia szint mellett egyezőnek tekinthető. Ugyanezen időszakban a Keszthelyi-öbölből elpárolgott



3. ábra A Balaton teljes felszín és a Keszthelyi-öböl párolgása 1992–2004 között

vízmenyiség területi átlaga 848 tómm, ami évi átlagban 59 tómm-rel kevesebb párolgási veszteséget jelentett. Az öbölnek a teljes tófelszín evaporációjához képest jelentősen kevesebb vízvesztése azonban a vizsgált 13 évből csak nyolc esetben realizálódott, akkor viszont jelentősen kevesebb volt. 5 évben magasabb volt a Keszthelyi-öböl párolgása, mint a teljes tófelszín vízvesztése. Ennek a változatosságnak, és az átlagosan 60 tómm-rel alacsonyabb vízvesztésének oka valószínűleg a Keszthelyi-öböl földrajzi fekvéséből fakadó sajátos mikro- ill. mezoklíma alakulásával hozható kapcsolatba. Az északon elhelyezkedő Keszthelyi hegység szél-árnyékolása biztosan nem marad hatástalan az öböl párolgásában.

A Keszthelyi-öböl párolgásának számítása során az Antal-, a Balaton-, valamint a Meyer-formulát is alkalmaztuk (4. ábra). Az Antal-formulával számolt éves párolgás átlaga az adott időszakban 842 tómm volt, ami a Balaton-formula alkalmazása során kapott párolgási értékekkel egyezőnek tekinthető. A Keszthelyi-öböl párolgásának számítása során a korábbi eredmények figyelembevételével kielégítő eredményeket kaptam a Meyer-formula segítségével is. A vizsgált időszakban a párolgás éves átlaga 831 tómm volt.



4. ábra A Keszthelyi-öbölre vonatkozó párolgás-értékek összehasonlítása 1992–2004 között

A Balaton-, és az Antal-formula alkalmazása során kapott eredményekről elmondható, hogy a köztük lévő különbségek nem jelentősek, az átlagos eltérésük 1% alatt maradt. A Balaton-formulával számolt értékek magas potenciális párolgású években, mint 2002–2003, jelentő-

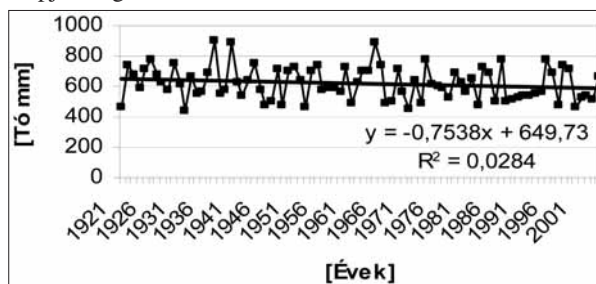
sen felülmúlták az Antal-formulával számolt értékeket, míg alacsony párolgású időszakban az értékük alacsonyabb volt. Ez az eltérés egyrészt azzal magyarázható, hogy 2002-ben és 2003-ban a Balaton térségében a korábbiakhoz képest jelentősen nőtt a nagy nyári viharok száma, másrészt, hogy a Balaton párolgás empirikus formulája figyelembe veszi a szelet, mint a párolgás intenzitását meghatározó tényezőt, az Antal-formulánál ez az egyenletben nem szerepel. Ez utóbbi feltevést támasztja alá, hogy a Meyer-formulával számolt párolgásértékek is a Balaton-formula értékeihez állnak közelebb.

A Meyer-formulát az előbb említett képletekkel összehasonlítva elmondható, hogy a segítségével számolt éves párolgásösszegek jól követték a korábban kapott eredményeket, az évi átlagos eltérés ebben az esetben is 1% alatt maradt. Egyes években azonban a formula segítségével számolt párolgás eltérései a másik két formulához viszonyítva jelentősek voltak, 1996-ban például az Antal-formula segítségével kapott értéknél közel 30%-kal, a Balaton-formula eredményeinél 24%-kal volt kisebb a számolt éves párolgás.

Gyakorlati jelentősége az Antal-formula alkalmazhatóságának lehet, mivel a Meyer-képlettel való számításhoz hasonló bemenő paraméterek szükségesek, mint a jelenleg is használt Balaton formulához, az Antal-formulában viszont nem szerepel hatótényezőként a szél, így abban az esetben, ha nincs az adott területre, vagy időszakra vonatkozó széladatunk, az Antal-formulával megfelelően pontos párolgásértékek számíthatók.

A csapadék alakulása a Balaton teljes felszínén

A Balaton felszínére hulló csapadék közvetlen bevételi tagként szerepel a vízmérlegben, így alakulása alapvetően meghatározza a vízháztartási egyenlet bevételi oldalát. A csapadék alakulásának vizsgálatát is az 1921–2004 közötti időszakra vetítve vizsgáltuk. A tófelszínre hulló csapadék számítását az 1. táblázatban bemutatott súlyszámok alapján végeztük.



5. ábra A Balaton teljes felszínére hulló csapadék éves összegei 1921–2004 között

A tófelszínre hulló csapadék sokéves átlaga 618 tómm volt, de az 5. ábrán látszik, hogy az egyes értékek átlaguktól való eltérése jelentős volt, a 109 tómm-t is meghaladta. Az évek 25%-ában mértek 532 tómm-nél kevesebb éves csapadékot a tófelszínre vonatkozóan, és ugyancsak 25% azoknak az eseteknek a gyakorisága, mikor a csapadék meghaladta a 705 tómm-t. A trendvonalat leíró egyenes

egyenlete negatív előjelű. Megállapítható, hogy a trend egy évre jutó csökkenése 0,75 tómm, ami 84 év alatt: 63 tómm csökkenést jelentene, a trendvizsgálat szerint a csapadék viszonylatában. A csapadék csökkenése azonban statisztikai vizsgálatok alapján nem volt szignifikáns. Megvizsgáltuk az egyes hónapok csapadékoságának változásait is és azt tapasztaltuk, hogy június, július, november december, január hónapokban minimálisan, de növekedett a lehullott csapadék mennyisége a trend alapján. A csapadék növekedése azonban egyik hónapban sem volt szignifikáns. Az év többi hónapjában eltérő mértékben ugyan, de csökkenő volt a csapadék trendje. Márciusban, májusban és októberben értéke egy évre vonatkoztatva ugyan meghaladta a 0,15 tómm-t, a csapadék csökkenése egyedül májusban volt statisztikailag is igazolható.

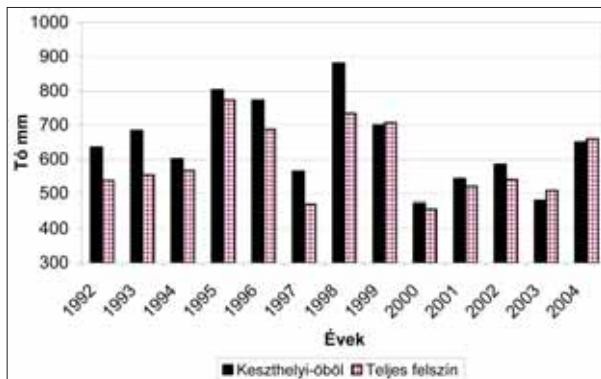
Csapadék	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Havi átlag	34	33	38	48	61	67	61	64	56	49	57	45
Havi maximum	88	99	160	115	135	145	144	170	142	150	174	115
Havi minimum	2	4	4	9	0	9	10	6	5	0	6	6

2. táblázat A Balaton felszínére hulló csapadék jellemző havi értékei (1921–2004) az 1. táblázatban felsorolt állomások mérései alapján

A csapadék alakulása a Keszthelyi-öbölben 1992–2004 között

Az adott időszakban, 1992 és 2004 között a Keszthelyi-öböl térségében működő 4 csapadékmérő állomás (Keszthely, Balatongyörök, Fenékpuszt, Balatonkeresztúr) által regisztrált éves csapadékadatokat vizsgáltuk és ezen adatokból számoltuk az öböl felszínre hulló csapadék mennyiségét. Az időszak csapadékatlaga Keszthelyen 617 mm, az öböl felszínén 644 tómm. A teljes tófelszín azonos időintervallumra vonatkoztatott adataival összehasonlítva látható, hogy jelentős eltérés nem mutatkozik a csapadék-átlagok tekintetében (6. ábra), de az egyes évek csapadékviszonyai eltérőek.

A Keszthelyi-öbölre hulló csapadék mennyisége néhány kivételtől eltekintve több mint a tó teljes felszínére számított érték. A Keszthelyi-öböl térsége csapadékosabb, mint a tó többi része. Ezen eltérés az öböl helyzetével magyarázható, ugyanis a Balaton négy nagy medencéje közül a



6. ábra A Balaton és a Keszthelyi-öböl csapadékviszonyainak összehasonlítása

legnyugatibb, ezért mind az atlanti, mind a mediterrán hatás jobban érvényesül ebben a térségben, és ez tükröződik a csapadék alakulásában is. 1998-ban hullott a legtöbb csapadék, mikor is az éves csapadékösszeg 881 tómm volt. A legkevesebb csapadék – mióta Keszthelyen rendszeresen meteorológiai méréseket folytatnak – 2000-ben hullott, mindössze 373 mm. Ekkor az öböl felszínén a csapadék mennyisége 474 tómm volt.

A hozzáfolyás alakulása a Balaton teljes felszínére vonatkoztatva 1921–2004 között

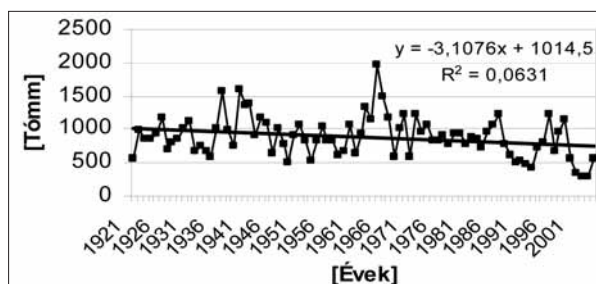
A vízmérleg bevételi oldalának alakításában a Balaton esetén jelentősebb szerepe van a vízgyűjtőről történő hozzáfolyásnak, mint a közvetlen csapadékbevételnek, köszönhetően annak, hogy a tó vízgyűjtőterülete közel tízszerese a vízfelszínnek, és ez jelentős vízbázisul szolgál. A teljes tófelszínre számított éves hozzáfolyás a lehullott csapadék mennyiségének függvénye, azonban a sokéves átlag (880 tómm) alapján meg-

állapítható, hogy a tó hozzáfolyásból származó vízbevétele másfélszerese a közvetlenül a tófelszínre hulló csapadéknak. Az éves hozzáfolyás mennyiségének változásában statisztikailag is igazolható módosulások mutathatók ki. Ennek oka, hogy a lefolyást nem csupán meteorológiai viszonyok befolyásolják, hanem a Balatonba jutó víz mennyiségét hidrológiai, geomorfológiai stb. viszonyok is döntően alakítják. A Balatonba érkező víz éves mennyiségei a 7. ábrán láthatóak.

A hozzáfolyás alakulása is, a csapadékhoz hasonlóan, csökkenő tendenciát mutatott. A változás mértéke 3,11 tómm volt évente, ami szignifikáns változást jelentett. A hozzáfolyás hosszú idősoros átlaga 880 tómm. A tó hozzáfolyásból származó vízbevétele 1965-ben volt a legjelentősebb, ekkor 1974 tómm víz érkezett a tóba a vízgyűjtőről.

A legkevesebb hozzáfolyást 2002-ben és 2003-ban mérték, 293 tómm-t. Látható, hogy a változás mértékét tekintve a hozzáfolyás esetében jelentősebb, mint a csapadék vizsgálata során kapott érték, hiszen akkor az átlagostól számított eltérés csupán 30% volt, és mértékét tekintve is csak 185 tómm-rel jelentett kevesebb vízbevételt. A hozzá-

állóan csökkenő tendenciát mutatott. A változás mértéke 3,11 tómm volt évente, ami szignifikáns változást jelentett. A hozzáfolyás hosszú idősoros átlaga 880 tómm. A tó hozzáfolyásból származó vízbevétele 1965-ben volt a legjelentősebb, ekkor 1974 tómm víz érkezett a tóba a vízgyűjtőről.



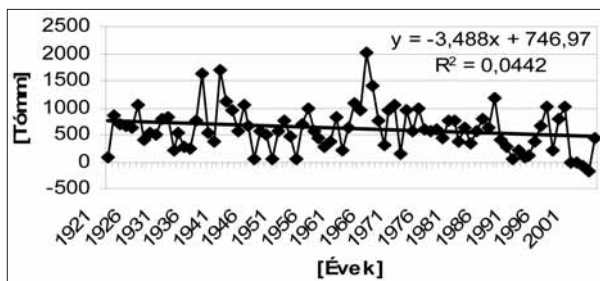
7. ábra A hozzáfolyás alakulása a tó felszínére vonatkoztatva 1921–2004 között

folyás esetében ez 67,3%-os hiányt jelentett, ami 587 tómm-rel kevesebb, mint a sokéves átlag, és ez már számottevő hatású az adott év vízgazdálkodására. Ebben az esetben is megvizsgáltuk az egyes hónapokban a vízgyűjtőről a tóba jutó víz mennyiségének alakulását és azt tapasztaltuk, hogy a hozzáfolyás trendje december és január kivételével minden hónapban csökken, februárban és júniusban szignifikánsan.

A Balaton természetes vízkészlet-változása 1921–2004 között

A természetes vízkészlet-változás a csapadék és hozzáfolyás adatok egyesített értékének, valamint a számolt párolgásnak a különbsége. Az így kapott eredményekből látszik, hogy a tó vízkészletével való gazdálkodás mennyire lehetett, lehet sikeres. Azokban az években ugyanis, ahol a hozzáfolyás majdnem teljes egészében képes fedezni a párolgás során létrejövő vízvesztéséget, ott a csapadék plusz bevételként jelentkezik. Ezzel a vízmennyiséggel lehet gazdálkodni, azt leereszteni, kiemelni úgy, hogy annak nem lesz maradandó hatása a tó vízforgalmi egyensúlyára.

Az 1921–2004 közötti időszakra vonatkozó évi természetes vízkészlet-változás a 8. ábrán látható. Az évek jelentős részében a csapadék és hozzáfolyás egyesített mennyisége fedezi a párolgás veszteségét. Az idősor átlaga: 598 tómm, ami sokéves csapadékatlaggal egyezőnek tekinthető.



8. ábra A Balaton természetes vízkészlet-változásának alakulása 1921–2004 között

A természetes vízkészlet-változás esetén tapasztalt csökkenés 5%-os szinten nem szignifikáns, de a 8. ábrán látható, hogy a tó természetes vízkészlete átlagosan 3,49 tómm-rel csökken évente. Az adatsorban szintén felfedezhetők érdekes információk, melyek kapcsolódnak az elmúlt időszak alacsony vízállásainak kialakulásához. A természetes vízkészlet-változás maximuma 1965-ben 2031 tómm volt. A mutató értéke a múltban ugyan többször is közelített a nullához, de egészen 2000-ig nem érte el azt. 2000 és 2003 között egymást követő négy évben természetes körülményekből fakadó vízhiány jelentkezett a Balatonnál. 2003-ban a csapadék és a hozzáfolyás együttes mennyisége 180 tómm-rel elmaradt a felszín párolgásából adódó vízvesztésétől. Az összegzett vízhiány ezekben az években (2000–2003) 307 tómm volt.

Következtetések

A Balaton vízháztartási mérlegének egyik fontos bevételi tagja a csapadék. Az adatsorok elemzése során egyértelművé vált számunkra, hogy a csapadék éves mennyiségének csökkenése hosszabb távon nem kimutatható. A vizsgálatok során azonban kiderült, hogy az utóbbi évek száraz periódusa nem egyedülálló a tó korábbi életét figyelembe véve. A vizsgált adatsor alapján a teljes tófelszínre és a Keszthelyi-öbölre számolt csapadékmennyiség közti különbség évi átlagban megközelítette a 60 mm-t.

A csapadékból adódó magasabb vízbevétel az alacsonyabb évi párolgással együtt a Keszthelyi-öböl vízháztartása a víz minősége szempontjából mindenképpen pozitív hatásának értékelendő.

A hozzáfolyás csökkenése statisztikai vizsgálatok eredményei alapján is kimutatható. A Balaton vízháztartásának változását jelentős mértékben a hozzáfolyás csökkenése okozta, és erre vezethető vissza a 2000–2004 közötti alacsony vízállású időszak is. A trend alapján a jövőben is jelentős vízbevétel csökkenéssel számolhatunk a hozzáfolyás módosulása miatt.

A párolgási sor esetében is minimálisan, de csökkenő tendenciával találkoztunk, ami statisztikailag nem volt kimutatható. A Keszthelyi-öböl párolgásának intenzitása a vizsgált időszak adatai alapján elmaradt a teljes felszín párolgásától, de ez a különbség nem minden évben realizálódott.

A csapadék mennyiségének alakulását figyelembe véve kijelenthetjük, hogy a lehulló csapadék a korábbiakban sem fedezte a tó párolgás következtében létrejövő vízvesztését, azonban a hozzáfolyással együtt a tó teljes vízbevétele az évek jelentős részben nagyobb, mint a párolgásból adódó vízvesztése.

A párolgászámítási formulák vizsgálata alapján kijelenthető, hogy a Balaton-formula érzékenyebb a környezeti tényezők változására, mint az Antal-formula, mivel magas potenciális párolgású időszakban akár jelentősen is magasabb párolgást számolhatunk vele, míg az érték alacsony potenciális párolgású időszakban kisebb. A számolt párolgásértékek eltérése minimális volt, ezért indokolt esetben az Antal-formula is alkalmazható a tó párolgásának számítására.

A vizsgálataink egyik alapkérdésére, hogy van-e a klímaváltozásnak kimutatható hatása a Balaton térségében, nem kaptam egyértelmű választ. Annyi azonban bizonyos, hogy gyakrabban jelentkeznek a tó térségében is a szélsőséges időjárási helyzetek, melyek előre nem látható problémákat okoznak jelentősen nehezítve a vízgazdálkodás tervezését a tó vízgyűjtőjén.

Köszönetnyilvánítás: Köszönet a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Balatoni Kirendeltségének, valamint a VITUKI Kht-nek a szükséges adatokért és szakmai támogatásért.

Varga Balázs
Pannon Egyetem Met. és Vízgazd. Tanszék
Keszthely

Irodalomjegyzék:

- Antal E. (1963): A Balaton párolgása. Időjárás 67. évf. 290-297 pp.
- Antal E. - Baranyi S. - Kozmáné Tóth E. (1977): A Balaton hőháztartása és párolgása. Hidrológiai Közöny, 4. sz.
- Béll B. - Takács L. (1974): Balaton éghajlata. OMSZ hiv. kiadványa.
- Eötvös K. (1982): Utazás a Balaton körül. Magvető Könyvkiadó. Budapest.
- Fejér V. - Kravinszkaja G. (2004): A Balaton és a tórészek havi vízháztartási jellemzőinek meghatározása. Balatoni Vízügyi Kirendeltség hiv. kiadv.
- Goudrian J. (1977): Crop micrometeorology: a simulation study. Simulation monographs, Pudoc, Wageningen.

- Havaldá E. (1930): A Balaton párolgása. Vízügyi Közlemények I. sz. 87. p.
- Kemenessy (1930): A Balaton párolgása. Vízügyi Közlemények I. sz. 87. p.
- Szeglet P. (2006): A balatoni nádasok tér- folyamat- és természetességi sajátosságai 2004-ben. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében VII. Konferencia. Debrecen
- Szesztay K. (1962): A Balaton vízháztartása In: A VITUKI „Tanulmányok és eredmények” sorozata 9. sz. 299. p.
- Varga Gy. (2003): 2000-2003 között tapasztalt szélsőségek a Balaton vízháztartásában. Környezetvédelem 2004.
- VITUKI (1986): A Balaton vízháztartási mérleg készítésének fejlesztése. Összefoglaló jelentés. A VITUKI Hivatalos Kiadványa.

EGY ÉV REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI KÜLSZOLGÁLAT MÁLTÁN

A Máltai Meteorológiai Szolgálat 2005 végén közzétett állás hirdetésére jelentkeztem, amelyben repülésmeteorológiai tanácsadót kerestek a Málta Luqa-i repülőtérre. Az OMSZ vezetősége egy évre fizetés nélküli szabadságra engedett, így 2006. február 15-én álltam munkába. Málta Magyarországgal együtt vált az Európai Unió tagjává. Mivel a Brüsszeli adminisztrációnak sok szakfordítóra van szüksége, ezért néhány máltai meteorológus kolléga elhagyta a szolgálatot és szakfordítónak állt, így létszám hiány alakult ki. Máltán nincs meteorológusképzés, a jelenlegi szakemberek az Egyesült Királyságban végeztek tanfolyamot. Máltán két hivatalos nyelv van, az angol és a máltai, ez utóbbi igazi kuriózum, mivel az egyetlen olyan sémi nyelv, amelyet latin betűkkel írnak. A nyelv föníciai eredetű, arabos hangzású, nagyon sok angol, olasz és francia eredetű kifejezéssel.

Málta a Napóleoni háborúkat követően angol gyarmattá vált. Az angol kultúra és nyelv az elmúlt évszázadokban alapvetően befolyásolta a helyi viszonyokat. A függetlenség kivívásáig, a sziget stratégiai fekvésénél fogva vezető szerepet játszott a brit katonai politikában. A sziget repülőterei és kikötői a második világháború során is fontos szerephez jutottak. Churchill elsüllyeszthetetlen

csatahajóként aposztrofálta a szigetet. A háború után a sziget hősiess helytállásáért megkapta a György keresztet, ami az ország piros és fehér színű zászlajára is rákerült. Mindez azt jelenti, hogy a repülésmeteorológiának nagy hagyományai vannak a szigetországon. Az előrejelzéseket a gyarmati hadsereg kivonulásáig angol meteorológusok látták el, csak ezt követően dolgozhattak a máltaiak előrejelzőként. Érdekesség, hogy a gyarmatosítás megszűnte óta én voltam az első külföldi meteorológus, aki Máltán előrejelzést készített.

Málta két nagyobb (Málta és Goz) és két kisebb szigetből (Comino és Cominotto) áll. Az ország hozzávetőlegesen 44 km hosszú és 12 km széles, azaz kb. Budapest területével,

egyezik meg. A fő szigeten található a Luqa-i polgári repülőtér, valamint a jobbára használaton kívüli régi angol katonai repülőtér. Gozón helikopter leszállóhely üzemel. A szigetek között folyamatos hajóközlekedés van. A hagyományos repülésmeteorológiai előrejelzéseken (TAF, SIGMET) túl, a repülőtér üzemeltető egységeit is riasztani kellett különféle veszélyes időjárási jelenségek bekövetkezése előtt, például a hangárok és a kifutópályák között kialakuló felszíni turbulencia előtt is figyelmeztetnünk kellett. Az elmondottakon túl tengeri előrejelzéseket is kell készítenie az ügyeletes meteorológusnak. Ez egy számomra teljesen új szakterület volt, amellyel korábban még nem találkoztam. Meg kellett tanulnom a tengeri meteorológia angol szakkifejezéseit, tengeri hullám, irány és magasság előrejelzéseket kellett kiadnom, és meg kellett ismernem a különböző tengeri hullám fajtákat. Volt néhány olyan nagyon fontos speciális jelenség is, amely idehaza nem fordul elő, és amelyre figyelmeztető előrejelzést kellett kiadni. Tartósan viharos északkeleti szél esetén, a szél által hajtott magas hullámok Málta fő kikötőjénél átléphetik a szárazföld és a tenger határát, benyomulhatnak a sziget szárazföldi részére, elöntve a kikötői létesítményeket, nagy anyagi károkat okoz-



A máltai repülőtér egyik épülete, ahol a meteorológiai szolgálat is működik



Munkatársai körében (középen a szerző)

va és emberéleteket is veszélyeztetve. Mivel a szigetország elég kopár, nincsen állandó folyója, így egy másik veszélyes jelenség a rövid idő alatt lezúduló nagy mennyiségű csapadék, ami egyes településeket gyorsan eláraszthat. A legveszélyeztetettebb ilyen település Birkirkara, ahol az utcákon külön erre a célra felszerelt szirénás riasztó rendszert üzemeltet a polgári védelmi hatóság a meteorológiai előrejelzésekre alapozva.

A továbbiakban ejtsünk néhány szót a magáról a Máltai Meteorológia Szolgálatról. A teljes szolgálat 6 fő meteorológusból és kb. 10 fő észlelőből áll. A szolgálat néhány évvel ezelőtt az állami alkalmazásból átkerült a repülőtér alkalmazásába (MIA – Malta International Airport) avval a megkötéssel, hogy az állami körbe tartozó feladatokat továbbra is térítésmentesen kell végeznie. Az előrejelzések folyamatos frissítéssel kerülnek ki az internetre, máltai és angol nyelven. Esetemben az angol nyelvű előrejelzést a hozzám beosztott technikus fordította le máltai nyelvre. A telefonos érdeklődőket angolul tájékoztattam. Az emelt díjas telefonos meteorológiai tájékoztatástól eltekintve üzleti tevékenységet nem folytatunk. A szolgálat időbeosztása meg egyezik a magyar beosztással. A Máltai TV-ben és a rádióban a bemondók, műsorvezetők ismertetik a szolgálat előrejelzéseit. Meteorológus csak különleges alkalmakkor szerepel a

televízióban. Ilyen eset lehet valamely időjárási katasztrófa, vagy valamely ünnepnap. A karácsonyi ünnepek előtt az a megtiszteltetés ért, hogy a Máltai televízióban külföldi meteorológusként én ismertethettem az ünnepi hét időjárását.

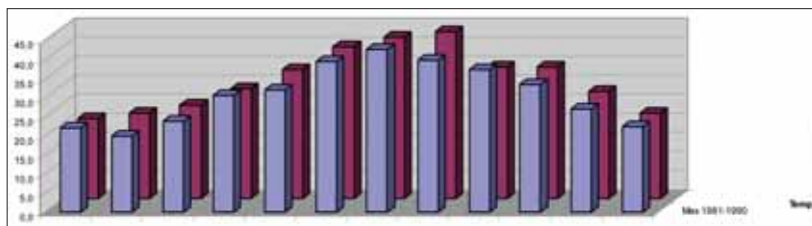
Folyamatos vizuális észlelés csak a Luqa-i repülőtérén van, ugyanakkor kiterjedt automata mérőhálózat működik a szigeteken. Az automata hálózat által mért legfrissebb adatok az interneten is bárki által szabadon megtekinthetők. Naponta egyszer tengeri hullám és hőmérsékleti észlelést továbbítanak az ipari kikötőből. Nem messze a repülőtértől egy időjárási radar készít 10 percenként méréseket. A különféle műhold képeket Németországból műholdvevőn keresztül lehetett elérni. A friss SYNOP észleléseket és az előrejelzési modell adatait interneten kaptuk meg. A megjelenítés ausztrál fejlesztésű szoftverrel UNIX operációs rendszeren futó munkaállomásokon történik. Valamennyi helyben mért információ térítésmentesen került ki a repülőtér honlapjára. Az előrejelzésekhez zömében az UKMO az ECMWF és a Washingtoni modell adatait használtuk.

Kint tartózkodásom alatt a repülőtérén ISO kvalifikációs eljárást vezettek be. A minőségellenőrzéshez és minőségbiztosításhoz a repülés-meteorológiai előrejelzések beválásának kiértékelése is szükséges, ez

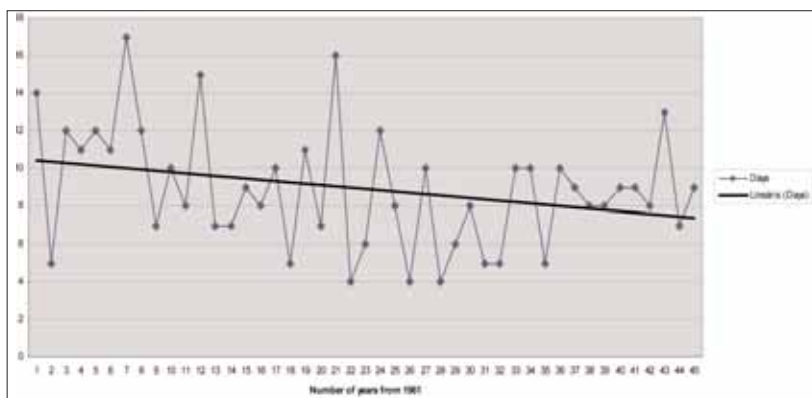
azonban nem állt rendelkezésre Máltán. Mivel az OMSZ-nál a szóban forgó TAF kiértékelő programot én készítettem, ajánlásomra a MIA megvásárolta az OMSZ-tól a szóban forgó programot, amelyet a helyi viszonyokra történt átalakítás után azóta is operatíván futtatnak.

A máltai időjárást a mediterrán éghajlat és a tenger együttesen alakítja. Számos olyan jelenség megfigyelhető, ami nálunk szokatlanul számít. Mivel a szárazföld területe kicsi, ezért az alacsony szintű felhőzet (Stratus) előrejelzése nehéz feladat. Ezek a felhők kedvező időjárási helyzetben folyamatosan képződnek a vízfelület felett, majd jelennek meg a sziget területén. Ebből az is következik, hogy nem figyelhető meg a felhőzet alapjának az a markáns emelkedése a délelőtti órákban, ami nálunk, a kontinentális térségben általános. Sok érdekesség figyelhető meg a zivatarok kapcsán is. Gyakran előfordult, hogy amikor vonalba rendeződött lassan mozgó zivatarlánc közelített a szigethez, akkor azok a cellák, amelyek a szigetet érték volna el, hirtelen a sziget előtt összeomlottak, majd amikor a zivatarlánc áthalad a szigeten utána, újra képződtek. A folyamat valószínűleg avval magyarázható, hogy a lassan közelítő cella beáramló levegőjét elszívja a sziget felett kialakuló konvekció. Ha azonban a zivatarlánc gyorsan mozog, azaz jelentős a dinamikája és hamar a sziget fölé tud kerülni, akkor a sziget felett kialakuló feláramlás fel tudja erősíteni a szigetet elérő cellát, és így hatalmas zivatar kerekedik a sziget felett. Röviden összefoglalva azt tapasztaltam, hogy a Földközi-tenger hatalmas nedvesség forrásként funkcionál, és nagy hőtároló képességénél fogva jelentősen befolyásolja a Máltai-szigetek meteorológiai viszonyait. A Mediterrán-tenger mérsékli a szárazföld szélsőségeit: a maximum hőmérsékleteket csökkenti, a minimum hőmérsékleteket megemeli.

A máltai egyetemen nincs meteorológiai, csak oceanológiai tanszék, itt futtatnak naponta kétszer mezo-



1. ábra A különböző hónapokban megfigyelt havi abszolút hőmérsékleti maximumok. Világos oszlop 1981–1990, sötét oszlop 1991–2000 között megfigyelt értékek.)



2. ábra A ködös napok évi számának alakulása 1961-től 2005-ig Máltán (a vastag vonal a trend)

léptékű meteorológiai előrejelzési modellt a tengeri modellek mellett. A Máltai Egyetem e tanszéke csatlakozott a RISKMED elnevezésű nemzetközi projekthez. Ebben az együttműködésben csak a mediterrán térség országai vesznek részt. Az a cél, hogy egy közös időjárási veszélyjelző rendszert alakítsanak ki a Földközi-tenger medencéjében. Mivel Máltán ez időben rajtam kívül nem volt más egyetemi végzettséggel rendelkező meteorológus szakember, ezért a tanszék felkért, hogy vegyek részt ebben a közös munkában, aminek nagy

örömmel tettem eleget. Első lépésben kiértékeltem a rendelkezésre álló hosszú mérési adatsorokat. Korábban nem volt ilyen munka, azaz ez volt az első klíma jellegű feldolgozás Máltán. Szeretném megjegyezni, hogy az adatsorokból a hazainál talán jobban látszik az elmúlt évtizedek határozott melegedő tendenciája (1. ábra). A hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan csökkent a ködös napok száma (2. ábra), ugyanakkor több zivatar és jégeső fordult elő. A klíma adatok, valamint a rendelkezésre álló meteorológiai infor-

mációk alapján meghatároztuk a szélsőséges időjárási elemek veszélyességi kategóriáit, és konkrét javaslatot dolgoztunk ki a veszélyjelző rendszer megvalósítására. Nem csak Máltára, hanem a környező, tőle nagy távolságra lévő különböző tengeri területekre, összesen kilenc ilyen területre is megadtuk a szélsőséges meteorológiai elemekre vonatkozó különböző riasztási fokozatokhoz tartozó küszöbszámokat. A tervek szerint ezekre a területekre figyelmeztetést kell a jövőben kiadni. A munka során számos nehézség is felmerült, ugyanis ezeknek a tengeri területeknek nem kellőképpen ismert az éghajlata, a megfigyelő állomások is hiányoznak, így csak a távérzékelési eszközökre, és a numerikus időjárási modell előrejelzésére tudunk támaszkodni.

Málta méretéhez képest igen gazdag műemlékekben és kulturális hagyományokban, amelyek a mélyen vallásos katolicizmusban gyökereznek. Málta az egyetlen európai ország, ahol nincs válás, nincsenek hajléktalanok és koldusok, és a bűnözés is rendkívül alacsony szinten van. A társadalmi összefogásnak és szolidaritásnak olyan megnyilvánulásaival találkoztam, ami Európa nagy részén sajnos ismeretlen. Úgy érzem, hogy a kint töltött egy év szakmai és egyéb szempontból is nagyon hasznos volt.

Wantuch Ferenc

ÚJ CSAPADÉK VILÁGCSÚCS

Madagaszkártól keletre az Indiai-óceánban található a Franciaországhoz tartozó Réunion-sziget, amely eddig is híres volt csapadékrekordjairól.

A Gamede nevet viselő trópusi ciklon ez év február 24. és 28. között tartósan a sziget közelében vesztegelt. Ez idő alatt a legnagyobb 24 órás csapadék 1625 mm volt a Commerson kráter közelében. Ez ugyan a hivatalos világrekord (1825 mm) alatt volt, ám a négy napos összeg (4869 mm) már alaposan meghaladta a korábbi csúcsot (3551 mm). Tíz nap alatt összesen 5512 mm esett le e helyen. Összehasonlításképpen, nálunk, pl. Kecskeméten tíz év alatt jön össze ennyi csapadék.

Weather, 2007. május

Ambrózy Pál

Keszthelyi meteorológiai adatok alapján végzett homogenitás és extrémitás vizsgálatok

Összefoglalás

A vizsgálat célkitűzése a klímaváltozás kapcsán napjainkban sokat idézett időjárási szélsőségek elmúlt 30 évbeli (1976–2005) változásainak keszthelyi időjárási adatsor alapján történő áttekintése volt. Ehhez néhány hőmérsékleti- és csapadék extrém indexet elemeztünk a WMO ajánlásának rendkívül széles listájából, melyek felhasználását és értékelését korábban *Bartholy és Pongrácz* (2005) Magyarország több állomására már áttekintett. A közelmúlt évtizedeiben Keszthelyen szignifikáns növekedés a hőségnapok és fagyos napok számában volt tapasztalható. A vizsgált nedvesség ellátottságot tartalmazó indexek közül a legalább 0,1 mm csapadékú napok számának csökkenése volt statisztikailag igazolható.

A vizsgálat időtartama alatt a keszthelyi meteorológiai állomást egyszer áthelyezték, ezért az extrém-indexek számítása előtt megvizsgáltuk, hogy a két mérőhelyen mért adatsorok eltérnek-e egymástól, vagy statisztikailag azonosnak tekinthetők-e. Párhuzamos mérés a két mérőhelyen csak a tenyészidőszak során (április 1.–október 31.) volt 1973–1994 között. Az összehasonlítás statisztikai elemzése alapján megállapítható, hogy a 22 évből 18 év esetében az adatsorok azonosnak tekinthetők. A négy évjáratból egy esetben adathiány akadályozta az értékelést.

Irodalmi áttekintés

A globális klímaváltozás hazai szcenáriói szinte kivétel nélkül felmelegedést prognosztizálnak Magyarország területére. *Bartholy és Schlanger* (2004) modelleredményei alapján 2050-re 0,8–2,8°C-os, 2100-ra 1,3–5,2°C-os a várható hőmérséklet emelkedés mértéke hazánkban. Az *Európai Környezetvédelmi Ügynök-*

ség 2004-ben kiadott 2. jelentése Európában 2100-ra 2,0–6,3°C felmelegedést prognosztizál. Addig, amíg a várható felmelegedésről egyetértés körvonalazódik a téma kutatói között, a csapadékváltozás esetében ez nem ennyire egyértelmű. Mérsékeltabb hőmérsékletemelkedést sokan kapcsolnak össze csapadékcsökkenéssel (*Bartholy et al.* 2005), de nagyobb mértékű felmelegedésnél a bizonytalanság erősen növekszik. 0,5 K globális hőmérsékletemelkedés esetére *Mika* (2002) Magyarország tekintetében –40 mm, míg 1 K globális hőmérsékletemelkedésnél –66 mm csapadékcsökkenést prognosztizál. 4 K melegedésnél a csapadékváltozást pozitívnak prognosztizálja, mértékét +40–400 mm-ben adja meg. A csapadék mennyiségének előrejelzési bizonytalansága mellett nem fér kétség a szélsőséges időjárási események bekövetkeztére vonatkozó becsléseknél. Ez azért lényeges, mert a globális felmelegedés következtében a szélsőséges éghajlati események regionális skálán bekövetkező gyakorisági vagy intenzitásbeli változásai lényeges szerepet játszanak az éghajlat ökológiai és társadalmi rendszerekre gyakorolt hatásaiban (*Bartholy és Pongrácz* 2005). A szerzők a szélsőséges éghajlati eseményeket jellemző legfontosabb extrémindexeket Magyarország több állomására az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján definiálták. Eredményeik alapján a Kárpát-medencére a XX. sz. második felében egyértelműen a melegedés a jellemző, s a csapadék extrém értékek gyakorisága szintén egyértelműen növekszik. Ezzel szemben a teljes lehullott csapadék mennyisége csökkenő tendenciát mutat (*Bartholy és Pongrácz* 2005).

Már a nagyobb léptékű éghajlati besorolást nyújtó Trewartha-féle éghajlati osztályozás szerint is hazánk

éghajlatára (kontinentális éghajlat hosszabb meleg évszakkal) a hőmérséklet szeszélyes időbeli alakulása, az egyes évszakok, hónapok időjárásának nagy területi és időbeli változékonysága jellemző. Emellett az ország egyes tájegységeinek időjárásában fellépő változatosság sem elhanyagolható. Ennek a sokrétűségnek mélyebb megismeréséhez szeretnénk adalékot szolgáltatni, melyben a keszthelyi időjárási szélsőségek közelmúltbeli alakulását tekintettük át, ami szerves folytatását képezi a korábbi, havi középhőmérsékleti- és csapadékösszeg adatsorok elemzéseit tartalmazó publikációinknak (*Kocsis és Anda* 2005, 2006).

Az elemzéshez felhasznált meteorológiai adatok, helyszínek

Vizsgálatainkban két keszthelyi meteorológiai állomáson 1976–2005 között mért napi maximum- és minimumhőmérsékleteket és napi csapadékösszegeket használtuk. A megfigyelések időbeni eloszlása a két állomásnál az alábbiak szerint alakult.

1966–1995 között az Országos Meteorológiai Szolgálat legrészletesebb időjárás megfigyeléseket lehetővé tevő Observatóriuma végezte a meteorológiai megfigyeléseket a városban, akkor perifériálisnak számító, alacsony beépítettségű területen. Az OMSZ döntése alapján ez az állomás 1995-ben megszűnt, és funkcióinak egy részét a jelenlegi Pannon Egyetem Tanyakereszten elhelyezkedő Agrometeorológiai Kutatóállomása vette át.

Az Observatórium megszűnése után közel egy évig manuális megfigyelés folyt Tanyakereszten, míg az Observatóriumban még működött az automatizált mérés.

Majd a Kutatóállomáson automatizált mérések kezdődtek 1996-tól a MILOS-500-as automata klímaálla-

más telepítésével. Ezt az automatát 2001-ben felváltotta a QLC–50 típusú automata mérőállomás. Keszthelyen, a tenyészidőszak során az akkori Agrártudományi Egyetem területére telepített, speciális megfigyeléseket is lehetővé tevő klímaállomás az 1970-es évek elején kezdte tevékenységét. A kezdetben 2–3 fő észlelővel működő állomás személyi állománya az 1990-es évek végére egyre csökkent, s szerepét átvette a korábban említett, sugázmérővel is felszerelt automata állomás.

A két eltérő mérőhelyként szolgáló meteorológiai állomás egymástól vett távolsága légvonalba mindössze 1,4 km (Balaton Ortofotók 2003 című kiadvány légifelvétel alapján mérve) (1. kép).



1. kép. A két mérőhely a Balaton Ortofotók (2003) c. kiadvány légifelvételén. A közöttük lévő távolság légvonalba 1,4 km.

Az állomások tengerszint feletti magassága szinte megegyező, az Observatóriumé 114 m, a Tanyakereszté 116 m. Az állomások Balatontól mért távolságában sincs jelentős eltérés, légvonalba az observatórium kb. 260 m-re, a tanyakereszt állomás kb. 500 m-re helyezkedik el a vízparttól. A két állomás fekvésének hasonlósága felvetette a két helyen mért léghőmérsékleti adatok homogenitásának napi bontású vizsgálatát. Áthidalhatatlan problémát jelentett az Agrometeorológiai Kutatóállomás április 1.-jétől október 31.-ig történő üzemeltetése, mely a téli hónapokban mért adatok

közti kapcsolatok elemzését nem tette lehetővé.

Korábban a havi adatokra vonatkozó homogenitás vizsgálatot (MASH) az OMSZ keretében Szalai és Szentimrey (2001) elvégezte, de a napi adatokra az elemzés nem tért ki, s a rendelkezésre álló módszerek is meglehetősen hiányosak. A tenyészidőszakra vonatkozó adatokból (ápr. 1.–okt. 31. közötti időszak) a két állomás napi középhőmérsékleteit hasonlítottuk össze, s a közöttük lévő kapcsolatot statisztikailag is elemeztük.

Az eredeti adatsorban, az 1973–1994 időszakra vonatkozóan a napi középhőmérsékletek számítása a két mérőhely mérési programjából adódóan eltérő volt. Az összehasonlíthatóság érdekében (azonos műszer és eljárás) mindkét helyen a napi középhőmérsékletet az azonos eljárással és azonos típusú hőmérővel detektált maximum- és minimum-hőmérséklet alapján határoztuk meg $[(T_{\max} + T_{\min})/2]$. Az azonos hőmérő és számítási módszer alkalmazása lehetővé tette a két állomás adatainak összehasonlítását, és annak vizsgálatát, hogy okozott-e törést az adatsorban az állomás mintegy 1,4 km-es áthelyezése, vagy a két mérőhelyen mért léghőmérséklet adatok azonos adatsor részeinek tekinthetők-e.

A két állomás napi középhőmérsékleteinek évjáratonkénti összehasonlítását a STATA statisztikai programcsomag alkalmazásával végeztük. Ha az adatpárookra illesztett origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredeksége szignifikánsan nem tér el 1-től, akkor a két adatsor azonosnak tekinthető, vagyis a program által meghatározott 95%-os konfidencia intervallumba beleesik az 1-es meredekség.

A csapadékadatok esetében a kutatók nem tartják szükségesnek a homogenizálást (Mika 2003), így a vizsgálatokhoz az eredeti, mért napi csapadék-összegeket használtuk. Itt szükséges megjegyezni, hogy az alkalmazott csapadékmérő a vizsgált időszakban a Hellmann rendszerű csapadékmérőre változott 1996-tól. Az automata bizonyos időjárási helyzetekben (nyári nagycsapadékok) többször kevesebb csapadékot mér, ezért többször a párhuzamos mérésre meghagyott Hellmann rendszerű csapadékmérő értéke alapján korrigáltuk eredményeinket.

A WMO CCI/CLIVAR munkacsoport index-ajánlásai alapján, melyek közül többet hazánkban először Bartholy és Pongrácz (2005) dolgozott fel, vizsgálatainkban az 1. táblázatban közöltek alkalmaztuk.

Sorszám	Jelölés (ECAD)	Az extrémindex definíciója	Egysége
1.	Rx1	Az év során mért legnagyobb 1 nap alatt lehullott csapadékmennyiség	mm
2.	RR10	Nagy csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 10\text{mm}$)	nap
3.	RR20	Extrém csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 20\text{mm}$)	nap
4.	Rx5	Az év során mért legnagyobb 5 nap alatt lehullott csapadékösszeg	mm
5.	RR5	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 5\text{mm}$)	nap
6.	RR1	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 1\text{mm}$)	nap
7.	RR0,1	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 0,1\text{mm}$)	nap
8.	ETR	Éves hőmérsékleti ingás (az év során mért $T_{\max} - T_{\min}$)	°C
9.	Tx30GE	Hőségnapok száma ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$)	nap
10.	Tx35GE	Forró napok száma ($T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$)	nap
11.	HWDI	Hőhullám hossza (legalább 5 egymást követő napon át $T_{\max} = T_{\max}^{\text{norm}} + 5^\circ\text{C}$, ahol $T_{\max}^{\text{norm}}$ az 1971–2000-es normálidőszak átlagos $T_{\max}$ értéke)	nap
12.	FD	Fagyos napok száma ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$)	nap
13.	SU	Nyári napok száma ($T_{\max} > 25^\circ\text{C}$)	nap
14.	Tn20GT	Túl meleg éjszakák száma ($T_{\min} > 20^\circ\text{C}$)	nap
15.	Tx0LT	Téli napok száma ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)	nap
16.	Tn-10LT	Zord napok száma ($T_{\min} < -10^\circ\text{C}$)	nap

1. táblázat. Alkalmazott extrémindexek (WMO CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján, Bartholy és Pongrácz, 2005 nyomán)

	95%-os konfidencia intervallum		R ²
1973	0,99	1,02	0,98
1974	0,99	1,03	0,97
1975	0,97	1,02	0,96
1976	0,99	1,03	0,97
1977	0,98	1,03	0,97
1978	0,95	1,01	0,96
1979	0,99	1,04	0,98
1980	0,97	1,01	0,98
1981	0,93	0,98	0,96
1982	0,97	1,01	0,98
1983	0,98	1,02	0,98
1984	0,81	0,94	0,76
1985	0,95	1,01	0,97
1986	0,96	1,01	0,97
1987	0,95	0,99	0,97
1988	0,96	1,01	0,96
1989	0,92	1,01	0,91
1990	0,95	1,00	0,97
1991	0,97	1,01	0,98
1992	0,99	1,03	0,98
1993	0,94	0,99	0,96
1994	0,98	1,02	0,98

2. táblázat. A STATA által számított origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozó konfidencia intervallum alsó és felső határa és az R² értéke. A statisztikailag eltérő évjáratokat vastagon kiemeltük. Az adathiányos évet dőlt betűvel jelöltük.

Az extrémindexek értékeinek változását lineáris trend illesztésével határoztuk meg. Statisztikailag igazolt változásnak azt tekintettük, ha az 5%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus R² értéket (**1,1303**) a lineáris trendhez tartozó R² érték meghaladta. A számításokat MS Excel programmal végeztük, s a szignifikancia vizsgálatnál a lineáris korrelációs együtthatóra (r) vezettük vissza az R²-et.

Eredmények

A két eltérő mérőhely számított napi középhőmérsékletei az 1973–1994 közötti időszak (április 1-től október 31-ig) 22 évjáratából 18 esetben azonosak voltak, mert az adatsorokra illesztett origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredeksége nem tért el szignifikánsan az 1-től. 4 év esetében találtunk statisztikailag igazolható eltérést, melyből egy évben az ok egyértelműen az adathiány volt. A maradék három évben az eltérés nem volt túlságosan magas, s a lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozó konfiden-

cia intervallum felső határértéke nagyon közel esett az 1-hez. Az egyes évekre vonatkozó konfidencia intervallumokat és a konfidencia intervallum határai közé való esés szignifikanciáját jelölő R² értéket (mely 5%-on szignifikáns minden év esetében) a 2. táblázat összegzi.

A 22 év két mérőhelyen mért adatainak összevetése alapján megállapítható, hogy azok azonos adatsor részének tekinthetők, ezért a léghőmérséklet napi közepeinek homogenizálásától eltekintünk. A két állomás napi középhőmérséklet adatsorai összekapcsolhatók, az 1,4 km-es távolságra történt állomásáthelyezés nem okozhatott jelentős inhomogenitást.

Az időjárás változékonyságát kifejező számos index közül statisztikailag igazolható változást mindössze három index esetében detektáltunk (3. táblázat). A közelmúlt mintegy három évtizedében a 0,1 mm-es csapadékot meghaladó napok számában (R_{nap}≥0,1 mm), a hőségnapok számában (T_{max}≥30°C) és a fagyos napok számában (T_{min}<0°C) volt statisztikailag igazolható eltérés. A 3. táblázat az egyes extrém indexek mellett az adatsorokra illesztett lineáris trendegyenese meredekségét, és a szignifikanciára utaló R²- értékeket is tartalmazza. A szignifikáns eltérés jelenlétére csillaggal utaltunk.

Meglepetésként szolgált, hogy csak

Sorsz.	Jelölés	Trendegyenese meredeksége	R ²
1.	Rx1	0,07	0,001
2.	RR10	0,01	0,001
3.	RR20	0,07	0,102
4.	Rx5	0,48	0,037
5.	RR5	-0,1	0,019
6.	RR1	-0,02	0,001
7.	RR0,1	-2,12	0,521*
8.	ETR	0,16	0,124
9.	Tx30GE	0,55	0,187*
10.	Tx35GE	0,07	0,118
11.	HWDI	-0,01	0,001
12.	FD	0,7	0,166*
13.	SU	0,59	0,111
14.	Tn20GT	-0,01	0,006
15.	Tx0LT	0,14	0,018
16.	Tn-10LT	0,11	0,025

3. táblázat. Az egyes extrém indexek változási tendenciáinak együtthatói (* - 5%-os szinten szignifikáns változás)

a 0,1 mm napi csapadékot meghaladó csapadékmennyiségű napok számában mutatkozó csökkenés igazolható statisztikailag. Ennek értéke viszont igen jelentős, 21 nap 10 évenként. A sokak által citált magasabb napi csapadékhozamú esetek száma az adatsor értékelése alapján rendkívül alacsony R² értékekkel Keszthelyen az utóbbi három évtizedben változatlanok tekintendő.

A korábbi publikációban közzétett Keszthely 130 éves (1871–2000) csapadék adatsorában nem találunk egyértelmű bizonyítékokat a globális klímaváltozás részét képező, a közép-európai területeken várható csapadékcsökkenési tendenciák helyi megnyilvánulására (Kocsis és Anda 2005). A csapadék mennyisége mellett annak évi eloszlás-változása aggodalomra adhat okot főképpen a mezőgazdaságban tevékenykedők számára, hiszen Keszthely esetében tavaszi csapadékbevitel csökkenése mutatható ki (Bem és Kocsis 2006). Ha az utóbbi években tapasztalt - bár csak tendencia jellegű - átlag alatti éves csapadékmennyiség mellett a nyáron tapasztalható jelentősebb csapadékcsökkenés megmarad, a mezőgazdaságban feladatként jelentkezhet az aszályra való megfelelő felkészülés, hiszen a tenyészidőszak csapadékhiánya már önmagában is termés kiesést okozhat. Ha a szükségesnél alacsonyabb csapadékmennyiség magasabb hőmérséklettel is párosul, még komolyabb károk érhetik a termelőket, hiszen minőségben és mennyiségben egyaránt előnytelen hatással van az ilyen időjárás a növénytermesztésre.

Keszthelyen szignifikánsan növekedett a hőségnapok és a fagyos napok száma. Ebből egyértelműen következtethetünk az elmúlt évtizedek hőmérsékleti szélsőségeinek korábbiakat meghaladó változásaira. 10 éves időtartamra vonatkoztatva a hőségnapok számának gyarapodása 5 és fél nap, míg a fagyos napok számának növekedése 7 nap. Ezek az adatok azt is sugallhatják, hogy a két szélsőérték az évi hőmérsékleti átlag-

ban akár ki is egyenlítheti egymást, ezért a szélsőértékek tanulmányozására a korábbiaknál nagyobb figyelmet érdemes szentelni.

A csapadék mennyiségének és a hőmérséklet értékének, valamint azok szélsőségeinek ismerete közérdekűre tarthat számot Keszthelyen. A Balaton jelenléte szinte kizárólagos jövedelemforrást nyújt a városban idegenforgalmi szolgáltatásokból élők számára, akiknek egyáltalán nem mindegy az időjárás által szorosan behatárolt tóvízszint alakulása, s a közérzetet és nyaralási kedvet befolyásoló hőségnapok számának változása. Korábbi, 100 éves homogén adatsorra kiterjedő vizsgálataink alapján nyáron szignifikáns hőmérsékletemelkedés mutatható ki (Kocsis és Anda 2006), mely Keszthely esetében kedvező hatással lehet a balatoni turizmusra.

Itt jegyezzük meg, hogy az 1976–1990-es időszakban a forró napok száma mindössze 4 volt, ettől lényegesen eltér a 1991–2005-ös időszak, ahol összesen 21 forró nap volt. Jelenleg a nyári napok számának emelkedése a meghatározott szignifikancia szinten nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak, de az R^2 nagyon közel áll a kritikus értékhez, s már csekély módosulás is átbillentheti a változást a statisztikailag igazolható kategóriába. Ha a szignifikancia szintjét 10%-ra emelnénk, (kritikus R^2 érték: 0,1005) az eredmény már szignifikáns volna. Ekkor, bár 10%-ra nőtt hibával, a nyári napok számának növekedése 90%-ban bebizonyosodna. Ez szintén nem jelent negatív hatást a tó-közei turizmusban.

A helyi lakosság saját tapasztalatából tudja, hogy a keszthelyi idegenforgalmi bevételek mértékét nagy mértékben befolyásolja a nyár során tapasztalható időjárás. Ebből a szempontból kedvező tendencia a hőségnapok számának szaporodása, a nyári középhőmérséklet emelkedése. A mezőgazdasági termelők szempontja ezzel ellentétes, s a legtöbb termesztett növény számára kedvezőtlen a vegetációs periódus idején megszaporodó

hőségnapok száma. Következtetésünk a fentiek miatt kettős; míg a környéken a turizmusból élők számára a közelmúlt előnyös változást jelenthet, addig sajnos vesztesei is lehetnek az esetleges módosulásoknak.

Megállapítások

Vizsgálatunkban Keszthely közelmúltbeli időjárását az időjárási szélsőségek alakulása szempontjából tekintettük át. Ehhez néhány hőmérsékleti- és csapadék extrém indexet elemeztünk a WMO ajánlásának rendkívül széles listájából, melyek felhasználását és értékelését korábban Bartholy és Pongrácz (2005) Magyarország több állomására már áttekintett. Az adatsor két eltérő földrajzi helyzetű keszthelyi meteorológiai állomásról származott, ezért első lépésben az azonos módszerrel és hőmérővel mért napi középhőmérsékletek homogenitását tekintettük át. 1973–1994 között a tenyészidőszakokban mért, rendelkezésünkre álló párhuzamos adat sorokat elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy a vizsgált 22 évből 18 esetben a két mérőhelyen mért adatok azonosnak tekinthetők, így a továbbiakban a két mérőhely adatait homogénnek, összekapcsolhatónak tekintettük.

Statisztikailag igazolható (5%-os szignifikancia szinten szignifikáns) változást mindössze három index esetében detektáltunk: a 0,1 mm-t meghaladó csapadékú napok számában ($R_{nap} \geq 0,1$ mm), a hőségnapok számában ($T_{max} \geq 30^\circ C$) és a fagyos napok számában ($T_{min} < 0^\circ C$). A nyári napok számának emelkedése a meghatározott szignifikancia szinten nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak.

Igazolódni látszik az a feltevés, miszerint a szélsőséges időjárási jelenségek megszaporodása Keszthely esetében is igaz. Mindkét hőmérsékleti szélsőséget kifejező index esetében (hőségnapok és fagyos napok száma) változás jelentkezett, azonban a pozitív hőmérsékleti szélsőségnél a módosulás nagyobb.

A csapadék extrém indexek esetében összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy Keszthelyen csökkenőben van a csapadékos napok száma. A hosszú idősoros elemzés az éves csapadék-összegben szignifikáns változást nem mutatott ki, tehát gyakorlatilag a statisztikailag még változatlan csapadékmennyiség az év során várhatóan kevesebb nap alatt fog lehullni, így az egy nap alatt lehullott csapadék az eddiginél nagyobb mennyiségű, illetve esetenként intenzívebb lehet.

**Bem Judit, Kocsis Tímea,
Anda Angéla, Soós Gábor
Pannon Egyetem, Meteor. és
Vízgazd. Tanszék, Keszthely**

Irodalom

- Balatoni Ortofotók /2003/ Pécs (Szerk: Székely László)
- Bartholy J. – Mika J. – Pongrácz R. – Schlanger V. /2005/: A globális felmelegedés éghajlati sajátosságai a Kárpát-medencében. In: Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon, Alinea Kiadó – Védjegyet, Budapest: 131.
- Bartholy J. – Pongrácz R. /2005/: Néhány extrém éghajlati paraméter globális és Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. AGRO-21 füzetek, 40.: 70-93.
- Bartholy J. – Schlanger V. /2004/: Az éghajlat regionális modellezése. Természet Világa 135. évf., II. különszám: 40-44.
- Bem J. – Kocsis T. /2006/: A keszthelyi csapadékmennyiségek változásai és extrémizációi a XX. században. A környezeti ártalmak és a Légzőrendszer XVI. országos konferenciája, Hévíz
- Impacts of European Changing Climate /2004/ EEA Report No. 2., Luxembourg
- Kocsis T. – Anda A. /2005/: Az éves csapadékmennyiség változásának tendenciái Keszthelyen, 130 év mérése alapján. Légkör 50. évf. 2.: 16-20.
- Kocsis T. – Anda A. /2006/: Keszthelyi légköri hőmérséklete a XX. században. Légkör 51. évf. 1.: 21-24.
- Mika J. /2002/: A globális klímaváltozásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. Fizikai Szemle 52.: 258-268.
- Mika J. /2003/: Regionális éghajlati forgatókönyvek: tények és kétségek In: AGRO-21 Füzetek 2003/32.: 11-24.
- Szalai S. – Szentimrey T. /2001/: Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? Berényi Dénes Jubileumi Ünnepe Előadásai, Debrecen: 203-214.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2007. április 1–június 30 között

Előadó ülések, rendezvények:

Április 19.

A Magyar Meteorológiai Társaság Közgyűlése

Program:

A Közgyűlés megnyitása, a határozatképesség megállapítása

Előadás:

Kern Anikó doktorandusz hallgató *ELTE Meteorológiai Tanszék és*

Tímár Gábor tudományos munkatárs *ELTE Űrkutató Csoport:*

MODIS műholdas adatok vétele és feldolgozása az ELTE-n.

Az ismételt Közgyűlés megnyitása

2006. évi Közhasznúsági jelentés (A közhasznúsági jelentés megtekinthető a Társaság titkárságán, vagy kérésre megküldjük.)

➤ Főtitkári beszámoló

➤ Az Ellenőrző Bizottság jelentése

Vita

A 2006. évi társasági díjak átadása

A Közgyűlés bezárása

Május 17.

➤ **Horváth Gábor** (ELTE TTK, Biológiai Fizika Tanszék) *Poláros fény a légköroptikában*

(a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör rendezvénye)

Május 31.

Az MMT Nap- és Szélenergia Szakosztályának rendezvénye

Program:

➤ **Bíróné Kircsi Andrea** (DE Meteorológiai Tanszék)

A szélenergia hasznosítás klimatológiai vonatkozásai

➤ A szakosztály vezetőségének tisztújítása

Június 5.

„Az IPCC 2007. évi Negyedik Értékelő Jelentésének fő megállapításai” címmel tartott rendezvény.

A program:

Mika János: „Természettudományos alapok”

Szalai Sándor: „Hatások, alkalmazkodás, sérülékenység”

Kis-Kovács Gábor: „A klímaváltozás korlátozása”

Június 28.

Marcell György síremlékének avatása.

A 2007. évi TÁRSASÁGI DÍJAKKAL kitüntetettek névsora

STEINER LAJOS EMLÉKÉREM

H. Bóna Márta

SZAKIRODALMI NÍVÓDÍJ

Bozó László, Mészáros Ernő, Molnár

Ágnes: Levegőkörnyezet c. könyv

RÓNA ZSIGMOND ALAPÍTVÁNY 2006.

ÉVI KAMATAI

Hirsch Tamás

BERÉNYI DÉNES EMLÉKDÍJ

Dunay Sándor

Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2006. évi tevékenységéről

Társaságunk a közhasznú szervezetekről szóló 1997. évi CLVI. törvény előírása szerint kérte a Fővárosi Bíróságtól nyilvántartásba vételét a közhasznú szervezetek közé. Az eljárás a Pk. 60. 443 ügyiratszámom befejeződött és Társaságunkat 1999. február 16.-án bejegyezték a közhasznú egyesületek közé.

Az MMT hatályos Alapszabálya értelmében az alábbi közhasznú tevékenységeket végzi:

- tudományos tevékenység, kutatás;
- nevelés, oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés;
- kulturális örökség megóvása;
- környezetvédelem;
- euroatlanti integráció elősegítése.

A hatályos jogszabályok előírásai szerint a közhasznúsági jelentést az alábbiakban részletezzük:

1. Költségvetési támogatás felhasználása

Közvetlenül az állami költségvetésből támogatást nem kaptunk.

1.1 Egyéb támogatás

A NKÖM-től bértámogatásra 65e Ft-ot kaptunk.

1.2 Kapott közhasznú támogatások kimutatása:

Országos Meteorológiai Szolgálat jogi tagdíja 1.350e Ft, a Honvédelmi Minisztérium jogi tagdíja 300e Ft, egyéb jogi tagdíjak 90e Ft. NCA pályázat működésre 1000e Ft.

2. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás:

Társaságunk mérleg szerinti vagyona 2005-ben 8.907e Ft volt. A 2006-os évet 662e Ft negatív eredménnyel zártuk, vagyonunk 2006 év végére 8.245e Ft-ra csökkent, amit állampapírokban, bankszámlán, illetve készpénzben tartunk. Tárgyi eszközeink állománya nem változott, új beszerzésünk csak kisértékű tárgyi eszköz volt. Figyelembe véve az éves rendes értékcsökkenési leírást, a tárgyi eszközök nettó értéke 16e Ft.

3. Cél szerinti juttatások kimutatása:

2006 évben díjakra és könyvtulványokra költöttünk 212e Ft-ot.

4. Vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások:

Vezető tisztségviselőink nemcsak névlegesen, hanem ténylegesen társadalmi munkában látják el önként vállalt feladatukat, amelyért a beszámolási időszakban semmiféle juttatásban nem részesültek, még költségtérítésben sem.

5. Szakmai tevékenységünket a főtítkári beszámoló tartalmazza:

Társaságunk működésének 82. évét a tisztújítás, hagyományos rendezvényeink sorozatának folytatása és a kapcsolatok építése jellemezte.

Egyéni előadóiülés a korábbi évekhez viszonyítva kevesebb volt, mindössze 7. Ezek között előadást tartott tiszteleti tagunk, *Dr. Michael Hantel*, a Bécsi Egyetem professzora, aki az előadóiülésen vette át a tiszteleti tagságról szóló oklevelet. Az elmúlt évekhez hasonlóan, most is előadóiülésen emlékeztünk meg Társaságunk alapításának napjáról. Ezúttal *Major György* tartott előadást a Nap és az éghajlat kapcsolatáról. Nagy sikere volt a Magyar Hidrológiai Társasággal közösen szervezett ankétnak, ahol 3 meteorológus és 3 hidrológus elemezte előadásában az előző év időjárási és vízrajzi szélsőségeit a Kárpát-medencében. Élénk érdeklődés kísérte márciusban *Michel Jarraud* WMO-főtítkári előadását, aki korábban megkezdett körútjának egyik állomásaként látogatta meg a magyar meteorológusokat. A Meteorológiai Világnapról, amelynek témája „A természeti katasztrófák megelőzése és hatásainak csökkentése”, ezúttal is az OMSZ-szel közös szervezésben emlékeztünk meg. A Világnaphoz kapcsolódó szakmai előadást *Horváth Ákos* tagtársunk tartotta.

Alapszabályunknak megfelelően a májusi közgyűlésen tisztújításra került sor. Korábbi elnökünk, *Ambrózy Pál* leköszönt posztjáról, és *Major György* akadémikus lett az utóda. Ambrózy Pál, aki 16 éven keresztül volt Társaságunk elnöke, ezután társelnökként tevékenykedik, és továbbra is fáradhatatlan főszerkesztője az OMSZ-szel közös folyóiratunknak, a *Légkörnek*. Gondolom, nem vagyok egyedül azzal a véleménynel, hogy elsősorban leköszönő elnökünk munkájának eredménye, hogy a politikai rendszerváltás, a társadalmi és gazdasági átlakulások éveiben sikerült fenntartani Társaságunk működését, megtalálni és felmutatni azokat az értékeket, amelyek összetartják közösségünket.

Ezúton is szeretném megköszönni Ambrózy Pali bátyámnak a Társaság érdekében végzett munkát.

A májusi közgyűlésen – szokás szerint – szakmai kitüntetéseinket is átadtuk: a Steiner Lajos-émlékérmet, a Szakirodalmi Nívódíjat, a Berényi Dénes emléklapot és a Róna Zsigmond Alapítvány kamatait.

A soron következő, XXXI. Vándorgyűlés időpontja az őszi időszakra tolódott, mert így össze lehetett kapcsolni az V. Erdő és klíma konferencia megszervezésével. A kettős rendezvényen 71 társszerző 39 előadása hangzott el, és 7 poszter bemutatására került sor. Az élénk érdeklődés azt mutatja, hogy a konferenciasorozatot folytatni kell. A résztvevők számára kiderült, hogy egyre szorosabb az együttműködés a meteorológusok, klimatológusok, valamint az erdészek, ökológusok és erdőgazdálkodással foglalkozó szakemberek között. Az első hasonló konferencia megtartása óta sorra alakultak közös kutatási programok, és az előadásokon számtalan példát lehetett látni arra, hogyan merítenek egymás módszereiből a látszólag eltérő érdeklődésű kutatók.

Kapcsolatfelvétel történt a mintegy 40 tagot tömörítő és Sárközi Szilárd tagtársunk által szervezett Amatőr Meteorológusok Egyesületével. Az Egyesület elsősorban a Metnet internetes portál működtetésére alapozza tevékenységét.

Néhány szót az egyesületi életéről általában. A tagtaborzó tevékenység tavaly is sikeres volt, így biztosítva látszik Társaságunk fennmaradása. A tagdíj összegének emelése növelte bevételeinket, bár a tagdíjfizetési fegyelmet még van mit javítani. Ugyanakkor igen fontos számunkra két jogi személyiségű tagunk, az OMSZ és a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálatának anyagi és erkölcsi támogatása.

Az immár 50 éves *Légkör* című folyóiratot továbbra is ingyenes ellátmányként tudjuk eljuttatni tagtársainkhoz. Ebben nagy segítséget jelentenek intézményi összekötőink az OMSZ-nél és az ELTE-n. A jelenleg egyetlen magyar nyelvű szakmai folyóirat főszerkesztői munkájáért köszönetünket fejezzük ki *Ambrózy Pálnak*. Külön köszönet a jubileumi különszám és az 50 év bibliográfiáját megadó füzet szerkesztéséért. Ez utóbbiban *Mezősi Miklós* és *Wojnárovichné Bánki Zsuzsa* is hatalmas munkát végzett, köszönet mindkettőjüknek.

Külső kapcsolatainkról. A MTESZ továbbra is nehéz időket él, bár már mutatkoznak biztató jelek a változásra. Továbbra is fenntartjuk tagságunkat az Európai Meteorológiai Társaságban. Az éves tagsági díj megfizetéséhez pályázaton nyertünk támogatást.

Ahogy arra az Ellenőző Bizottság jelentése is felhívja a figyelmet, Társaságunk gazdálkodása 2006-ban is negatív egyenleget mutatott, bár kevesebbet, mint az előző évben. Ismét hangsúlyoznunk kell, hogy a tartalékok felésése, a gazdasági csőd csak akkor kerülhető el, ha nagy létszámú, lehetőleg külföldiek bevonásával tartott rendezvény szervezésére nyílna lehetőség. Ezúton is kérem minden tagtársunk támogatását a lehetőségek felkutatásához.

Társaságunk működésével kapcsolatban szeretném kiemelni ügyvezetőnk, Pusztai Magdi értékes munkáját, amellyel rendezvényeinket gondozza, és gazdálkodásunk fölött őrökdi. Köszönöm az egész évi együttműködést.

A hatályos jogszabályok előírásai szerint Társaságunk közhasznú szervezetként működik. Ennek jegyében:

- tudományos tevékenységet folytattunk, szakmai rendezvényeket és előadóületeket szerveztünk;
- nevelési, oktatási, képességfejlesztési munkát végeztünk, előadóületeken hallgattuk meg fiatal tagtársainkat, és ifjúsági szakosztályunk önképzőkori ületeket szervezett;
- ismeretterjesztő tevékenységet végeztünk a Léggör című, egyetlen magyar nyelvű szakmai folyóirat szerkesztésében és terjesztésében való közreműködéssel;
- szolgáltuk kulturális örökségünk megóvását, áptoltuk elődeink emlékét, az aktuális évfordulók kapcsán megemlékeztünk híres magyar meteorológusok szakmai tevékenységéről, az országos szervezetek előtt kezdeményeztük nagyjaink emlékhelyeinek védetté nyilvánítását; Tudománytörténeti Bizottságunk tagjainak javaslatára tovább bővült az OMSZ Meteorológiai Múzeuma, Mezösi Miklós és Varga Miklós tagtársunk lelkiismeretesen gondozza a kiállítás anyagát;
- környezetvédelmi tevékenységünk keretében előadóületeket tartottunk, szakmai ankétokat és konferenciákat szerveztünk a meteorológia, éghajlatlan, hidrológia és vízgazdálkodás, ökológia, erdészet és erdőgazdálkodás területén;
- az euroatlanti integráció elősegítése keretében kapcsolatban állunk európai társegyesületeinkkel, akítvan közreműködünk az Európai Meteorológiai Társaság munkájában.

6. Számviteli beszámoló

A szervezet megnevezése: **Magyar Meteorológiai Társaság**

A szervezet címe: **1027 Budapest, Fő u 68.**

KETTŐS KÖNYVVITEL Vezető Egyéb Szervezetek Közhasznú
EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE
2006. ÉV

A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1. A. Befektetett eszközök	136	16
2. I. IMMATERIÁLIS JAVAK	0	0
3. II. TÁRGYI ESZKÖZÖK	136	16
4. III. BEFEKTETETT PÉNZÜGYI ESZKÖZÖK	0	0
5. IV. BEFEKTETETT ESZKÖZÖK ÉRTÉKHELYESBÍTÉSE	0	0
6. B. Forgóeszközök	9.309	8.001
7. I. KÉSZLETEK	2	0
8. II. KÖVETELÉSEK	400	287
9. III. ÉRTÉKPAPÍROK	7.059	5.877
10. IV. PÉNZESZKÖZÖK	1.848	1.837
11. C. Aktív időbeli elhatárolások	282	526
12. ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN	9.727	8.543
13. D. Saját tőke	6.689	6.027
14. I. INDULÓ TŐKE / JEGYZETT TŐKE	1.042	1.042
15. II. TŐKEVÁLTOZÁS / EREDMÉNY	7.524	5.647
16. III. LEKÖTÖTT TARTALÉK	0	0
17. IV. ÉRTÉKELÉSI TARTALÉK	0	0
18. V. TÁRGYÉVI EREDMÉNY ALAPTEVÉKENYSÉGBŐL (KÖZHASZNÚ TEVÉKENYSÉGBŐL)	-1.877	-662
19. VI. TÁRGYÉVI EREDMÉNY VÁLLALKOZÁSI TEVÉKENYSÉGBŐL	0	0
20. C. Céltartalék	0	0
21. F. Kötelezettségek	3.038	1.897
22. I. HOSSZÚ LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	1.222	1.224
23. II. RÖVID LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	1.816	673
24. G. Passzív időbeli elhatárolások	0	619
25. FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN	9.727	8.543

KETTŐS KÖNYVVITEL Vezető Egyéb Szervezetek Közhasznú
EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK EREDMÉNYKIMUTATÁSA
2006. ÉV

adatok E-Ft-ban

A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1. A. Összes közhasznú tevékenység bevétele	4.290	6.548
2. 1. Közhasznú célra, működésre kapott támogatás	329	1.431
3. a) alapítótól	-	-
4. b) központi költségvetésből	-	-
5. c) helyi önkormányzattól	-	-
6. d) egyéb, ebből 1% 374	329	1.431
7. 2. Pályázati úton elnyert támogatás	700	400
8. 3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	559	2.408
9. 4. Tagdíjból származó bevétel (egyéni és jogi)	1.704	2.179
10. 5. Egyéb bevételek	998	130
11. B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0	0
12. C. Összes bevétel	4.290	6.548
13. D. Közhasznú tevékenységek ráfordításai	6.167	7.210
14. 1. Anyagjellegű ráfordítások	85	92
15. 2. Személyi jellegű ráfordítások	3.637	3.145
16. 3. Értéksökkenési leírás	169	170
17. 4. Egyéb ráfordítások	2.197	3.733
18. 5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	79	70
19. 6. Rendkívüli ráfordítások	-	-
20. E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai	0	0
21. 1. Anyagjellegű ráfordítások	-	-
22. 2. Személyi jellegű ráfordítások	-	-
23. 3. Értéksökkenési leírás	-	-
24. 4. Egyéb ráfordítások	-	-
25. 5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	-	-
26. 6. Rendkívüli ráfordítások	-	-
27. F. Összes ráfordítás	6.167	7.210
28. G. Adózás előtti eredmény	-1.877	-662
29. H. Adófizetési kötelezettség	0	0
30. I. Tárgyévi vállalkozási eredmény	0	0
31. J. Tárgyévi közhasznú eredmény	-1.877	-662

Tájékoztató adatok (E Ft-ban)

MEGNEVEZÉS	ÖSSZEG
A. Személyi jellegű ráfordítások	3.145
1. Bérköltség	1.865
ebből: – megbízási díjak	73
– tiszteletdíjak	0
2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	564
3. Bérjárulékok	643
B. A szervezet által nyújtott támogatások	0
ebből: A korm.rend. 16.§(5) bekezdése szerint kötelezettségként elszámolt és továbbutalt, illetve átadott támogatás	0

7. Az Ellenőrző Bizottság jelentése

Az EB a vizsgált 2006 évről a szokásos évi ellenőrzést a már gazdaságilag lezárt adatok alapján vizsgálta az MMT Titkárságán.

A taglétszám 2006. dec. 31-én 407 fő volt. (24 új belépő, 20 törölve) Tagdíjat fizetett 2006 évre 297 fő, a többiek felosztást kaptak. A tagdíj emelés hatása is hozzájárult, hogy az egyéni tagdíjakból származó bevétel mintegy 40%-kal nőtt. Az előző évhez képest kb. 20%-kal nőtt a jogi tagdíj bevétel és 500e -ről 1.000e Ft-ra az NCA (Nemzeti Civil Alap) támogatás. Csökkent kb. 40%-kal a kamat és 60%-kal az egyéb közhasznú bevétel.

A működési kiadások a gondos gazdálkodás eredményeként is (anyagktg., posta, telefon, stb.) valamelyest mérséklődtek. A működési eredmény végül az előző évihez képest kb. 45 %-kal csökkent. Két hazai rendezvény tiszta nyereségével (357eFt) a tárgyévi összeredmény 662e veszteséggel zárult, ami az előző évének mintegy harmada. Ez a korábbi évek tartalékaiból még fedezhető volt, de gondos gazdálkodás mellett is a vagyon felélését csak nagyobb külföldi részvételű rendezvény szervezésével

vagy egyéb bevételeinek növelésével lehet mérsékelni. (Részletes kimutatás mellékelve.)

Az MMT szakmai tevékenysége az előző évekhez hasonlóan alakult, megfelelt az Alapszabályban lefektetett elveknek. A központi rendezvényeket a főtitkári beszámoló értékelte, emellett aktívan működik továbbra is a Róna Zsigmond Kör.

Az EB a könyvelési bizonylatokat és a leltári nyilvántartást rendben levőnek találta.

Az alábbi táblázat bemutatja tételeken a 2006-os év gazdálkodását összehasonlítva a 2005. év adataival és a 2006. évi gazdasági tervvel, valamint tartalmazza a 2007. évi gazdálkodási tervet.

Bevételek:	2005 tény	2006 terv	2006 tény	2007 terv
Működés:				
Egyéni tagdíj	309	500	439	450
Jogi tagdíj	1.395	1.300	1.740	1.300
SZJA 1%	329	350	374	370
MTESZ támogatás	0	0	0	0
NCA támogatás működésre	500	500	1.000	1.000
NKÖM bértámogatás	92	157	65	0
Mecenatura támogatás tagdíjra	200	0	0	100
Kamat	578	400	341	300
Egyéb KH bevétel	887	2.000	371	1.628
Működés összesen:	4.290	5.207	4.330	5.148
Rendezvény	0	750	2.218	2.300
Összes bevétel:	4.290	5.957	6.548	7.448

Kiadások:	2005 tény	2006 terv	2006 tény	2007 terv
Működés				
anyag ktg.	85	100	75	100
Posta,telefon	465	400	342	450
pénzügyi, számviteli szolg.	0	520	474	520
egyéb szolg.ktg.,internet	192	190	176	190
belf.kiküld.	0	20	0	0
lakásvásárlási támogatás	600	0	0	0
bér	1.865	1.920	1.865	2.009
bérráulékok	635	640	643	666
megbízási díj	165	0	0	0
megb.díj járuléka	28	0	0	0
könyvtalványok, díjak	198	200	212	200
utazási támogatás	0	0	0	0
repi	28	40	31	45
étk. ktg.tér.	46	72	72	120
BKV bérlet	64	75	71	88
ÉCS	169	100	170	40
MTESZ tagdíj m ²	800	750	731	750
bank ktg.	79	80	70	70
egyebek	273	150	217	200
EMS tagdíj	191	0	0	100
nem visszaig ÁFA	306	0	200	0
Összes működési ktg.	6.167	5.257	5.349	5.548
Rendezvényi kiadások	0	700	1.861	1.900
Összes kiadás	6.167	5.957	7.210	7.448
Működési eredmény:	-1.877	-50	-1.019	-400
Rendezvényi eredmény:	0	50	+ 357	+400
Tárgyévi összeredmény:	-1.877	0	-662	0

8. Jelen közhasznúsági jelentést az MMT 2007. április 19-i Közgyűlése elfogadta.

A jelentést összeállította dr. Gyuró György főtitkár és Pusztainé Holzer Magdolna ügyvezető titkár.

* * *

Elhunyt Obasi professzor, a WMO egykori elnöke

2007 március 3-án Abuja-ban (Nigériában) elhunyt Prof. Godwin Olu Obasi, aki 1984. január 1. és 2003. december 31. között, húsz éven át a Meteorológiai Világszervezet (WMO) főtitkára volt.

Obasi professzor 1933. december 24-én Nigériában, Kogi tartományában, Ogoriban született. Matematikából és fizikából a montreali (Kanada, McGill Egyetemen) B.Sc. fokozatot szerzett 1959-ben; Msc. diplomáját 1960-ban szerezte meg, majd 1963-ban meteorológiából doktorált a massachusettsi Műegyetemen (USA-ban). Dolgozatával elnyerte a legjobb doktori tézisekért járó Carl Rossby díjat.

Képzését követően Obasi professzor a Nigériai Meteorológiai Szolgálatnál dolgozott. Négy évvel később a nairobi egyetemre ment, ahol a Meteorológiai Tanszék vezetője, majd a természettudományi kar dékánja lett. 1978-ban Genfbe költözött, a WMO titkárságán az Oktatási és Képzési Főosztály igazgatójaként dolgozott.

1983 májusában a WMO Kongresszusán választották a szervezet főtitkárává, a négy éves mandátumát 1984. január 1-jén kezdte meg. Egymást követően négy alkalommal választották újra (1987-ben, 1991-ben, 1995-ben és 1999-ben). Az ötödik időszak végén a 14-ik WMO Kongresszusa határozott nyugdíjazásáról.

Ez idő alatt Obasi professzor a környezeti problémák globális megoldásán tevékenykedett, különös figyelmet fordított a légkör, az ivóvíz és az óceánok problémakörére. Törekedett arra, hogy felkeltse a világ figyelmét a klímaváltozás kérdéseire, továbbá szorgalmazta az 1990-ben Svájcban megrendezett Második Éghajlati Világkonferencia létrehozását. Fontos szerepet játszott az Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási és Elsivatagosodási Egyezményeinek, az IPCC, a WCRP és a GCOS, valamint a bécsi Ózon egyezmény és a montreali protokoll létrejöttében.

Magyarországon három alkalommal tett hivatalos látogatást. 1986. július 8–12 között a WMO Hidrológiai Bizottságának Budapesten tartott 25. éves jubileumi ülése alkalmából, majd 1996. március 11-én, amikor Csizsár Ivánnak személyesen nyújtotta át a WMO Fialat Tudósok Kutatói Díját. Utolsó magyarországi látogatása alkalmából az 1999. június 24–29 között szervezett tudományos konferencián vett részt.

Obasi professzor tevékenysége áttörést hozott a saját szakterületén, a légköri dinamikában, beleértve a Nyugat-afrikai monszunkutatást és a globális légkörkutatókat. Munkásságát a világon számos meteorológiai és hidrológiai közösség, tudományos akadémia és egyetem elismerte.

dr. Dobi Ildikó

UNFCCC – UN Framework Convention on Climate Change
UNCCD – UN Convention to Combat Desertification
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
WCRP – World Climate Research Programme
GCOS – Global Climate Observing System

Marczell György síremlékének avatása

2007. június 28-án került sor a Farkasréti temetőben Marczell György (1871–1943) egykori igazgatónk új síremlékének avatására. Az alábbiakban közreadjuk az egész eljárásban kiemelkedő szerepet játszó Varga Miklós ott elhangzott megemlékezését. (A szerk.)

A Nemzeti Kegyeleti Bizottság javaslatára 2001-ben megjelent rendelet lehetőséget biztosított, hogy figyelmünket ráirányítsuk régi nagyjainkra. Az Országos Meteorológiai Szolgálat részéről Zách Alfréd és Simon Antal javaslatára a Szolgálat és a Meteorológiai Társaság támogatásával a Farkasréti temetőben Marczell György és Dési Frigyes sírhelyeinek védeltségét kérelmezték. A védeltségi kérelmet 2002 novemberében jóváhagyták. Mikor megkerestem Marczell György sírját, sajnos eléggé elhanyagolt állapotban találtam. Kértem Szolgálatunk elnökét, Dunkel Zoltánt, ha megkaptuk a sír védeltségét, akkor illő lenne egy síremléket állíttatni, mivel Marczell Györgynek élő hozzátartozóját nem sikerült találni. Kérelmem pozitív elbírálást kapott, és amint látjuk, méltó síremléket kapott.

Marczell György, aki hatodik igazgatója volt az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézetnek, igen termékeny életutat tudhatott maga mögött. 1894-ben került az Intézetbe és Konkoly-Thege Miklós igazgató



gyorsan felismerte képességeit. Külföldi Obszervatóriumokba küldi tanulmányútra. 1900-ban az Ógyalla-i m.kir. Meteorológiai és Földmágnességi Obszervatórium vezetője, melyet Konkoly és Marczell tervei alapján építettek fel. Róna Zsigmond 1912-ben a Bajor Meteorológiai Intézetbe Schmauss professzorhoz küldi a magaslégköri mérések és kutatások módszereinek tanulmányozására. 1913 januárjában hazánkban is elindítja a rendszeres magaslégköri méréseket. Ezzel hosszú időre eljegyezte magát az aerológiai munkával. 1922-ben az Aerológiai Osztályt vezeti és tájékoztatja a légiközlekedést a szükséges meteorológiai adatokról. 1927-ben igazgató, 1932. június 28-án akadémiai és miniszteri javaslatra Horthy Miklós kormányzó kinevezi az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet igazgatójának, melyet 1934. április 30-ig, nyugdíjazásáig töltött be. 1938-ban visszatért az Ógyalla-i Obszervatóriumba, ahol felújította a földmágnesses méréseket. Műszereket javított és fiatalokat oktatott. 1942 végén visszatért Budapestre és rövid betegség után 1943. február 1-én meghalt.

A síremlékre véselt nevek mutatják, hogy ugyanebben a sírban helyezték örök nyugalomra 1993-ban Berkes Zoltánt és feleségét Marczell Györgyit, volt munkatársainkat. Berkes Zoltán a Pázmány Péter Tudományegyetem bölcsész karán matematika – fizika szakon végzett. 1934-ben lépett az Intézet kötelékébe és mint éghajlatkutató kezdte munkásságát. Az Éghajlati Osztály keretén belül már 1938-ban kezdett a távprognosztikával foglalkozni. 1945-ben javaslatot tett Távprognosztikai Osztály felállítására. Az akkori igazgató, Réthly Antal megbízta az osztály megszervezésével és a munkatársak kiválasztásával. Első munkatársai Kadocsa Franciska és Dobosi Zoltán voltak. 1968-ban történt nyugdíjazásáig vezette és irányította az osztályt.

Kollégáink emlékét megőrizzük. Nyugodjanak békében!



2007. TAVASZÁNAK IDŐJÁRÁSA

Március sem törte meg a szeptember óta tartó tendenciát: országos átlagban mintegy 3 fokkal melegebb volt, mint az ilyenkor szokásos. Az ország nyugati felében volt kisebb (2–3-fokos) a pozitív anomália, az északkeleti országrészben helyenként 4 fokkal is melegebb volt a normálnál. Fagyos nap szörványosan még előfordult, legtöbb (20) fagyos napot az Északi-középhegységben regisztráltak.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 20.9 °C Körösszakál (Hajdú-Bihar megye) március 7.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.6 °C Zabar (Nógrád megye) március 5.

Március országos átlagban csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, országon belül azonban jelentős volt a csapadékhozambeli eltérés. Míg az ország keleti felében a havi csapadékösszeg helyenként a normál 30%-át sem érte el, addig a nyugati országrész egyes régióiban a márciusban szokásos csapadékmennyiségnek akár két és félszerese is lehullott.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de 6 napon még elszórtan havazást is regisztráltak az Alpokalján és az Északi-középhegységben.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 119 mm Bakonyszűcs (Veszprém megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 7 mm Csaroda (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 54 mm Gasztony (Vas megye) március 19.

Április, folytatva a szeptember óta átlagnál melegebb hónapok sorát, melegebb volt a sokévi átlagnál, országosan 2,2 fokkal. A pozitív anomália az ország déli, délkeleti régióiban volt kisebb (ott az átlagnál csak 1-2 fokkal volt magasabb a havi középhőmérséklet), a legnagyobb eltérést (az átlagnál közel 4 fokkal melegebb áprilisi középhőmérsékletet) a nyugati országrészben regisztráltak. A meleg, napos idő kedvezett a gyümölcsök fejlődésének, ezért okozott nagy kárt április végén (majd május elején) néhány fagyos éjszaka. Akkor a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei kertekben az alma- és a kajszi-termés 70–90 százaléka károsodott. A hónap során országosan csak elvétve, 2–7 napon mértek fagypont alatti hőmérsékleteket, legtöbb (24) fagyos éjszakát az Északi-középhegységben regisztráltak.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 28.5 °C Tevel (Tolna megye) április 29.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.5 °C Zabar (Nógrád megye) április 5.

Április jóval szárazabb volt az átlagnál, az ország közel felén mindössze 0–1 mm csapadék hullott az egész hónap során. Országos átlagban a szokásos csapadékösszegnek csak mintegy 3%-a volt a csapadékhozam, de az ország legcsapadékosabb, délkeleti régiójában is csak 12%-a hullott le az áprilisban szokásos csapadékmennyiségnek. Az ország jelentős részén egyáltalán nem fordult elő csapadékhullás a hónap során, a legtöbb (5) csapadékos

napot a Maros-Körös közében és az Északi-középhegységben regisztráltak. Az április jellemző csapadéka az eső volt, az ország területén csak egy napon regisztráltak havazást.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 14 mm Pitvaros (Csongrád megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 0 mm Sopron (Győr-Moson-Sopron megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 12 mm Pitvaros (Csongrád megye) április 25.

Május, immár 8. hónapként a sorban, melegebb volt a sokévi átlagnál, országosan mintegy 2,0 fokkal. A pozitív anomália a délkeleti országrészben volt a legkisebb (ott a havi középhőmérséklet helyenként csak 1,1 fokkal volt magasabb a sokévi értéknél), az ország középső, és nyugati vidékein pedig a legnagyobb, egyes régiókban akár 2,7 fokos értékkel. Az átlagot meghaladó havi középhőmérséklet a hónap közepi és végi, a szokásosnál akár 6-7 fokkal melegebb időszakoknak volt köszönhető - május 22-én megdőlt a 22-ére vonatkozó évszázados melegrekord: Poroszlón 34,2 Celsius fokot mértek, ami a körösszakáli (1983-ban regisztrált) 34,1 fokos rekordot döntötte meg. Május elején azonban még az éjszakai fagyok okoztak komoly, több milliárd forintos károkat. Május 2-án a napi hidegrekord dőlt meg: Zabarón éjszaka -6,4 fokig hűlt le a hőmérséklet (a korábbi rekordot, -3,5 fokot Szombathelyen regisztrálták, 1935-ben).

Fagyos napot májusban 0-4 alkalommal, nyári napot a hegyvidékek kivételével 12-17 alkalommal, hőségnapot pedig jellemzően a keleti országrészben, 6-10 alkalommal regisztráltak.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 34.7 °C Poroszló (Heves megye) május 22.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.5 °C Zabar (Nógrád megye) május 2.

Május havi csapadékösszege országos átlagban meghaladta a szokásos értéket, mintegy 23 százalékkal. Országon belül azonban nem volt egyenletes a csapadékhozam. A legalacsonyabb értékeket az északi-középső országrészben regisztrálták, ahol az átlagos csapadékmennyiségnek csak 60-70 százaléka hullott le, míg a legnagyobb, az átlag közel háromszorosának megfelelő csapadékhullás a déli országrészben volt.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de a hónap során többfelé okozott károkat a heves viharokkal kísért jégeső.

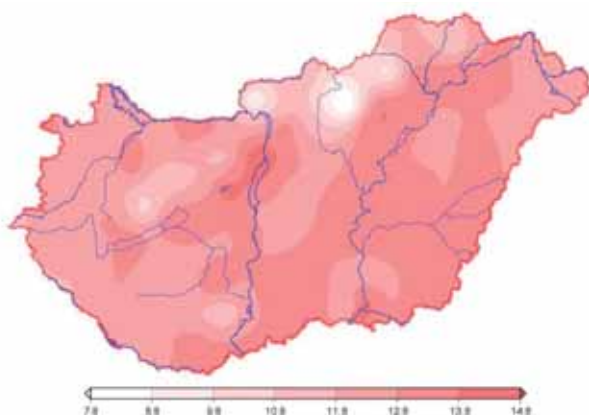
A hónap legnagyobb csapadékösszege: 163 mm Szeged (Csongrád megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 38 mm Füzesabony (Heves megye)

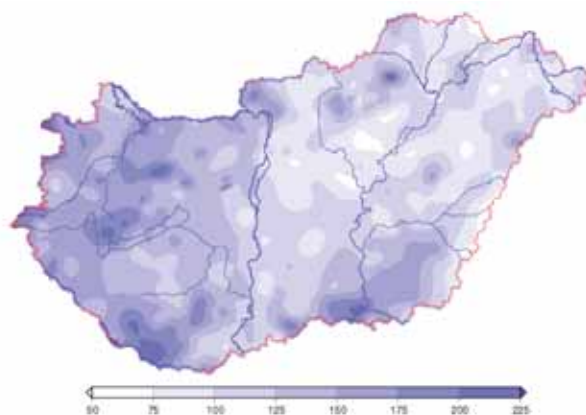
24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 78 mm Rád (Pest megye) május 22.

2007. tavasz

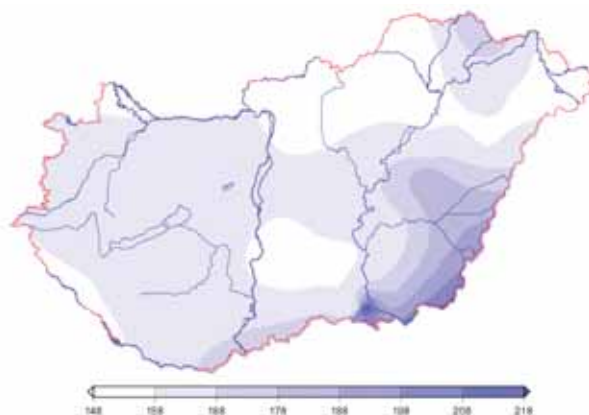
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz. össz	átlag%-ában	1mm-<napok sz.	
Szombathely	701	162	12,3	2,9	30,7	2007.05.25	-2,4	2007.03.05	109	74	15	7
Nagykanizsa	–	–	11,9	1,8	30,7	2007.05.25	-4,9	2007.03.22	164	96	18	3
Győr	707	148	12,8	2,4	31,3	2007.05.25	-2,5	2007.03.05	178	146	18	4
Siófok	754	169	13,7	3,0	31,0	2007.05.26	-0,6	2007.03.05	134	101	16	13
Pécs	699	129	13,2	2,6	29,5	2007.05.14	-1,4	2007.03.22	143	92	16	8
Budapest	775	225	13,8	2,9	32,5	2007.05.22	-1,0	2007.03.05	79	66	14	6
Miskolc	697	168	12,9	2,9	31,7	2007.05.22	-1,1	2007.03.22	128	93	19	11
Kékestető	675	137	7,8	2,7	23,2	2007.05.22	-3,3	2007.04.05	148	70	17	22
Szolnok	695	120	13,8	3,0	33,1	2007.05.22	-0,7	2007.03.05	99	80	14	–
Szeged	752	196	12,6	1,6	29,6	2007.05.22	-2,2	2007.03.05	207	172	24	10
Nyíregyháza	–	–	13,0	2,5	32,7	2007.05.22	-0,5	2007.05.02	85	63	17	28
Debrecen	754	179	13,2	2,7	31,6	2007.05.22	-1,6	2007.03.22	88	65	15	12
Békéscsaba	768	204	13,3	2,5	31,5	2007.05.22	-1,7	2007.03.05	146	107	29	7



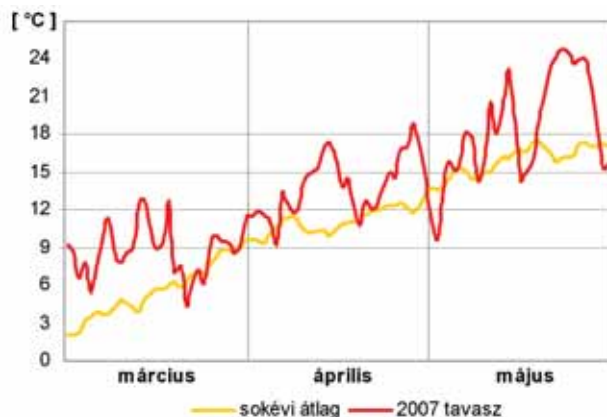
1.ábra: A tavasz középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: A tavasz csapadékösszege mm-ben



3.ábra: A tavasz globálisugárzás összege MJ/cm²-ben



4.ábra: A tavasz napi középhőmérsékleteinek eltérése az átlagtól °C-ban

FRIESENHOF, GERGELY BÁRÓ

(Szentpétervár, 1840. január 19. – Ószéplak, 1913. július 17.)



A pjával, a bécsi származású követségi alkalmazottal 1846-ban került Szentpétervárról Magyarországra. 1859–1863 között a bécsi egyetemen jogot hallgatott, majd két évet Mosonmagyaróvárott a Gazdasági Akadémián töltött. Először katonai pályára lépett, majd apja halála után Nedanócon (Nyitra vm.) lett gazdasági bérlő. Meteorológiával 1872-ben kezdett foglalkozni, birtokán saját költségére meteorológiai állomást létesített. 1887-ben Ószéplakra költözött, ott állomását obszervatóriummal fejlesztette, és mint Nyitravölgyi agrármeteorológiai obszervatóriumot vezette haláláig.

A Földművelésügyi Minisztérium megbízásából 1880-ban Szentgyörgyi Weisz Józseffel közösen részt vett az országos ideiglenes időjelző (előrejelző) állomás tervezésében és létrehozásában, amelyet azután Weisz hét éven át egyedül vezetett. A Meteorológiai Intézet szakmai véleménye ez idő tájt az időjárás előrejelzését lehetetlennek tartotta.

Friesenhof közel negyven éves megfigyelési sorozatát a Meteorológiai Intézetre hagyományozta. Nagy súlyt fektetett az agrometeorológiai vizsgálatokra, különösen a talajhőmérséklet és sugárzás mérésekre. Később elméleti vizsgálatokat folytatott és párhuzamosan jelentős irodalmi tevékenységet fejtett ki. Dolgozatainak jelentős része a „Meteorologische Zeitschrift”-ben és „Az Időjárás”-ban jelent meg. Könyvtárát is az Intézetre hagyta.