

L É G K Ö R

52. évfolyam

2007. 1. szám



Meteorológiai Világnap, 2007

(cikk a 2. oldalon)



A felvételen balról-jobbra: Dunkel Zoltán, Pál Istvánné, Hidvégi György, Ináncsi László, Juhász Imréné, Kenderesy Kálmán, Dióssy László, Láng István, Miklósi Csaba, Kövér Béláné, Horányi András

LÉGKÖR

52. évfolyam
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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon: Jégkristályok
Horányi András felvétele

Sáhó Ágnes: Meteorológiai Világnap 2007	2
Haszpra László: A légköri szén-dioxid mérések negyed százada Magyarországon (1981–2006)	4
Homokiné Ujváry Katalin: Viharos nyár Budapesten	9
Dr. Koppány György: Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái a XXI. században	14
Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit: A cirku- lációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben	18
Schlanger Vera: A 2006. év időjárása	25
Gyuró György: Újkeletű madárjóslatok	29
Balogh Miklós: A felszín-légkör kölcsönhatások számszerűsítése kombinált talajnedvesség-előrejelző modell segítségével	30
Polyánszky Zoltán, Molnár Ákos: Nem mezociklonális tornádók Magyarországon	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	40
Ambrózy Pál, Vig Péter: Az MMT. XXXI. Vándorgyűlése és az V. Erdő és Klíma konferencia	41
KISLEXIKON	41
Schlanger Vera: 2006 telének időjárása	42
A 2006. év összefoglaló tartalomkjegyzéke	44

METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2007

A 2007. évi Meteorológiai Világnap a „Sarkvidéki meteorológia: globális hatások felmérése” címet viselte. 187 állam ünnepelte március 23-án ezt a napot, amikor a Világszervezetet létrehozó konvenció 1950-ben hatályba lépett, s a WMO egyike lett az ENSZ szakosított szervezeteinek.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, **Dunkel Zoltán** köszöntőjében bemutatta a nemzetközi, hálózati *Meteoalarm* riasztó rendszert. A rendszer mai naptól lehetővé teszi a veszélyes időjárási helyzetek gyorsabb, pontosabb, egyértelműbb jelezhetőségét. Egyúttal gratulált mindazoknak a kitüntetetteknek, akik március 15-én, a Nemzeti Ünnepp alkalmából köztársasági ill. miniszteri kitüntetésben részesültek.

A környezetvédelmi és vízügyi minisztert képviselő **Dióssy László** szakállamtitkár ünnepi beszéde a *Michel Jarraud* WMO főtitkár világnapi üdvözlésében foglaltakat tükrözte, melyben a globális klímaváltozás kísérő jelenségei, a sarki területek változásainak jelentősége és az emberi tényezők szerepe dominált. Ebbe szőtte a meteorológiai tevékenységgel kapcsolatos személyes érzéseit és gondolatait, valamint érintette a Szolgálat aktualitásait.

A világnapi ünnepség keretében zajlott le a miniszteri kitüntetések átadása. **Schenzl Guidó Díjat Láng István** akadémikus, kutatóprofesszor kapott, „az éghajlatváltozás természet- és társadalomtudományi összefüggéseinek vizsgálatában, a tudományterületek közötti összhang megteremtésében végzett eredményes munkájáért.”

Láng István nevéhez több nagy akadémiai projekt kidolgozása és végrehajtása kötődik. Ezek közül a legjelentősebbek a „Magyarország ökopotenciálja” valamint a VAHAVA projekt, mellyel nem csak egy ajánlati rendszert dolgozott ki az éghajlatváltozás várható szélsőségeire, káaira, részbeni elhárítására, hanem megalapozta az első hazai klímátörvény megvalósítási lehetőségét is.

Pro Meteorologia Emlékérem birtokosa lett:

Horányi András „a numerikus modellfejlesztésben kifejtett szakmai tevékenységéért, a meteorológiai fejlesztő munkában elért, nemzetközi szinten is magas színvonalú eredményeiért”.

Kiemelkedő, nemzetközileg is elismert kutatásokat, valamint koordinációs munkát folytat a korlátos tartományú numerikus prognosztikai modellek fejlesztésében. Eredményesen vezeti azt a kutató csoportot, amelynek feladata, hogy elméletileg megalapozott, objektív választ adjon a globális felmelegedés folyamatának a Kárpát-medence területét érintő jellemzőire vonatkozóan.

Ináncsi László nyugalmazott ezredes „az önálló katonai meteorológiai szolgálat létrehozásában, a katonai repülőterek automatizálásában, a honvédségi meteorológiai-infor-

matikai infrastruktúra kialakításában végzett tevékenységéért”.

Ináncsi László 1991-ben lett a Magyar Honvédség Katonai Meteorológiai Központ parancsnoka. 1997-től az MH Meteorológiai Hivatalának főigazgató helyettese, majd 2000-től az MH Meteorológiai Szolgálat szolgálatfőnök helyettese 2002-ben történt nyugdíjazásáig.

Kenderesy Kálmán „pénzügyi és számviteli osztályvezető lelkiismeretes és fáradhatatlan munkájáért, mellyel a Szolgálat pénzügyi- és számviteli tevékenységét hosszú évtizedek óta eredményesen kézben tartja és irányítja”.

Kenderesy Kálmán 1974. február 1-jétől áll az Országos Meteorológiai Szolgálat alkalmazásában. 1978-ban elvégezte a Pénzügyi és Számviteli Főiskolát. 1988-tól a Pénzügyi Osztályon dolgozott, majd 1990. február 1-jétől az Osztály vezetőjének, 1998. november 25-től pedig a kibővített Pénzügyi és Számvitel Osztály élére nevezték ki.

Munkájának köszönhetően ismét bebizonyosodott, hogy a többi tudományhoz hasonlóan a meteorológia sem működik megfelelő gazdasági segítség, támogatás nélkül.

Kövér Béláné „a Szolgálat meteorológiai adatbázisának létrehozásában, fejlesztésében, működtetésében évtizedeken át végzett fáradhatatlan, lelkiismeretes munkájáért”.

Kövér Béláné az ELTE TTK matematika tanár és meteorológus szakán 1970-ben szerzett diplomát. Ezt követően az OMSZ számítóközpontjában helyezkedett el, ahol 1980-tól csoportvezetői beosztásba került. 1984-től a KMI Éghajlati Főosztályán a Számítástechnikai Osztály vezetője, majd a Távközlési és Informatikai Főosztály keretében működő Adatbázis Módszertani Osztályt vezette.

Az OMSZ éghajlati adatbázisának kiépítésében, fejlesztésében elévülhetetlen érdemeket szerzett. Ugyanakkor vezető szerepet játszott – ill. jelenleg is játszik – a „Magyarország Éghajlati Atlasza” és a hosszú éghajlati adatsorok CD-s sorozatának összeállításában.

Miniszteri Elismerő Oklevelet kapott **Miklósi Csaba** éghajlati adatellenőr „a meteorológiai adatbázis ellenőrzésében kifejtett felelősségteljes, lelkiismeretes, alapos munkájáért, valamint fejlesztési tevékenységéért”.

Közel négy évtizedes tevékenységét megőrzi az OMSZ meteorológiai adatbázisa, annak számos hibaszűrő algoritmus és kollégáinak elismerése.

Ugyanilyen elismerést kapott **Simon József** nyugalmazott osztályvezető „a meteorológiai műszerek hitelesítésének ügyében végzett munkájáért, valamint a műszerek karbantartásának szervezéséért, irányításáért”.

Simon József 1956-ban szerzett oklevelet az ELTE Me-

teorológiai Szakán. Előbb a Sugárzási Osztályon helyezkedett el, majd áthelyezték a Műszer Osztályra, ahol nyugdíjazásáig vezető volt. A balatoni viharjelző rendszer műszaki hátterének kialakításában és telepítésében kiemelkedő szerepet játszott. Az OMFb támogatásával megindult automatizálási kísérletekben is aktívan vett részt, az OMSZ tengizi meteorológiai állomás felszerelése szinte kizárólag személyéhez kapcsolódott. Sajnos, súlyos betegsége miatt nem tudott részt venni az ünnepségen, egyelőre nem vehette át az őt illető oklevelet.

Az OMSZ önkéntes társadalmi észlelői közül a Szolgálat elnöke idén is díjazásban részesített négy vidéki kollégát.

A mérés helyszínül szolgáló településről és az észlelők tevékenységéről **Tamáskovits Károly** kollégánk készített rövid összefoglalót.

A kitüntetettek:

Pál Istvánné – Perbál

A Zsámbéki-medence északkeleti oldalán a Pilis és a Budai-hegyek ölelésében helyezkedik el Perbál. Az 1954 nyarán létesült csapadékmérő állomás vezetését 50 évvel ezelőtt, 1957. február 15-én vette át Pál Istvánné, Róza néni.

Juhász Imréné – Boldogkőváralja

A Zempléni-hegység nyugati peremén, Szerencstől 25 km-re fekszik Boldogkőváralja község. A csapadékmérő állomás 1950-ben létesült a helyi erdőszet területén. 1958-ban az állomás vezetését Juhász Imréné vette át, aki az erdőszet megszűnése után saját kertjében folytatta a méréseket és megfigyeléseket.

Hidvégi György – Murakeresztúr

A Zala-megyei kis község Nagykanizsától DNY-ra a Mura bal partján fekszik. Az 1934-ben létesült csapadékmérő állomás 1944-ig működött, majd hosszú szünet után 1959 május 1-én újjászerveződött. A megbízólevelet Hidvégi György kapta, aki vállalta a méréseket és megfigyeléseket. A hosszú évtizedek alatt a településen belül háromszor helyezték át az állomást, annak függvényében, hogy észlelőnket munkája hova kötötte.

Maros András – Beremend

Beremend a Nyárad-Harkányi-síkon fekszik, a Drávától 10 kilométerre északra, közel Magyarország legdélebbi pontjához. Beremenden 1962-ben létesült csapadékmérő állomás, melynek alapítója mai észlelőnk Maros András, aki az elmúlt 45 évben pontos és lelkiismeretes munkájával kivívta Szolgálatunk nagyfokú elismerését.

Minden kitüntetettnek megköszöntük munkáját és további eredményes tevékenységet és jó egészséget kívántunk nekik.

A kitüntetések átadása után hangzott el **Mika János** világnapi előadása, *Változó légkör – „sarkított” hatások* címmel. Az előadás összefoglalta a Világnap témájához kapcsolódó nemzetközi és hazai mérési eredményeket és tendenciákat, várható hatásokat és humán vonatkozásokat. Az előadó, mint neves, nemzetközileg ismert klímakutató, sokoldalú, színes bemutatót tartott az éghajlatváltozás globális és helyi tényezőiről.

A világnapi program záró programjaként a vendégek számára rendezett fogadáson vehettek részt a meghívottak.

Sáhó Ágnes

Kitüntetések

A Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány 2006. évi fődíját

Czelnai Rudolf akadémikus

nyerte el „a globális meteorológiai megfigyelő rendszer kiépítése” terén végzett munkájáért. A díjat és az ezzel járó oklevelet 2007. január 13-án *Glatz Ferenc* akadémikus, a kuratórium elnöke adta át.

A március 15-i Nemzeti Ünnepp alkalmából a Magyar Köztársaság elnöke „*Széchenyi-díjban*” részesítette

Major György akadémikust

„a hazai sugárzástani kutatások nemzetközi színvonalra emeléséért és a kutatói utánpótlás nevelés terén elért eredményeiért”.

A kitüntetést *Sólyom László* köztársasági elnök adta át.

Ugyanezen alkalomból a „Magyar Köztársaság arany érdemkeresztjét” kapta

dr. Ambrózy Pál ny. igazgató

„az elméleti meteorológia és klimatológia területén több, mint öt évtizeden át végzett munkája elismeréseként”. A kitüntetést *Persányi Miklós* környezetvédelmi és vízügyi miniszter adta át. Ugyancsak ő adományozott *Miniszeri Elismerő Oklevelet*

Buda István OMSZ főosztályvezetőnek

„tíz éven át végzett színvonalas gazdasági vezetői munkájáért”.

A Polgári Védelem Napja alkalmából 2007. március 30-án *dr. Tatár Attila* tűzoltó altábornagy, főigazgató

„*Katasztrófavédelmi Emlékérmet*” adott át

dr. Horváth Ákosnak

„a katasztrófavédelem munkájának segítése érdekében hosszú időn át végzett kiemelkedő tevékenysége elismeréseként”.

A LÉGKÖRI SZÉN-DIOXID MÉRÉSEK NEGYED SZÁZADA MAGYARORSZÁGON (1981–2006)

Egy kis tudománytörténet

A 18. században az üveg egyre elterjedtebb használata ahhoz a felismeréshez vezetett, hogy az üveglakokon keresztül benapozott, egyébként fűtetlen helyiségben, hintóban magasabb lehet a levegő hőmérséklete, mint a szabadban. A meteorológiával kapcsolatos tevékenységéről is ismert Horace Bénédict de Saussure* svájci fizikus, geológus 1767-ben egymásba zárt fekete aljú, üvegtetejű dobozokat tett ki a napsütésre, és a legfelsőben a víz forráspontját meghaladó hőmérsékletet mért. Saussure kísérletére is hivatkozott Jean Baptiste Fourier* francia matematikus, fizikus, amikor 1824-ben a Föld hőmérsékletével foglalkozva feltételezte, hogy a légkör „lassítja” a hő távozását a felszínről, így melegebben tartja a bolygót annál, mint amilyen légkör nélkül lenne. A légkör, mint az üvegtető Saussure dobozain... A „légköri üvegházhatás” kifejezést ezért Fourier-hez kötik, bár ő maga ezt még nem használta.

Fourier hipotézisét 1860-ban John Tyndall* angol fizikus támasztotta alá mérésekkel, aki megállapította, hogy a légkörben lévő vízgőz és szén-dioxid (CO₂) elnyeli a felszín infravörös tartományba eső kisugárzását. A légkör által elnyelt energia pedig melegebben tartja a bolygót, mint az a közvetlenül elnyelt napsugárzásból következne.

A vízgőz és a szén-dioxid légköri mennyisége tehát alapvetően befolyásolja a Föld éghajlatát. Pouillet* és Langley* méréseire alapozva Svante Arrhenius* svéd kémikus 1896-ban megjelent munkájában (*Arrhenius, 1896*) egyszerű számításokkal igazolta, hogy jégkorszakok kialakulásához vezethetett, ha a légkör szén-dioxid tartalma valamilyen okból lecsökkent. A szén-dioxid koncentráció növekedése pedig a bolygó felmelegedését okozhatja. Arrhenius konkrétan is felvetette: ha az emberiség által elégetett szénből származó szén-dioxid a légkörben marad, az éghajlatváltozáshoz vezethet.

A kor tüzeléstechnikai szintjén különösen erősen légszennyező (pl. korom), csak bányászattal hozzáférhető szén valamikor a 12–13. század táján jelent meg mint elterjedtebb tüzelőanyag, amikor a hozzáférhető tűzifa készletek már elégtelenné váltak (lásd pl. Makra, 2002). A 18. században az ipari forradalom kibontakozásával, a gőzgép és vele a gyáripar megjelenésével felhasználása gyors növekedésnek indult. A szén-dioxidot Joseph Black* skót orvos, kémikus fedezte fel az 1750-es évek elején, elsőként a sokáig egyneműnek („őselem”) tekintett levegő alkotóelemei közül. Miután légköri jelentősége a 19. század közepére nyilvánvalóvá vált, több helyen is próbálkoztak mennyiségének mérésével (lásd Callendar összefoglaló

munkáját (1958)). Arrhenius idejére azonban észrevehető változás nem volt kimutatható. Bár az 1930-as évekre már voltak jelei a légköri koncentráció kismértékű növekedésének (Callendar, 1938), a mérések pontatlansága, alacsony reprezentativitása miatt a kimutatott növekedés nem volt meggyőző.

Az 1957–1958-as Nemzetközi Geofizikai Év során azonban Charles David Keeling* amerikai kutató olyan nagy pontosságú infravörös spektroszkópiai módszert kezdett alkalmazni a levegő szén-dioxid koncentrációjának mérésére, amely néhány év leforgása alatt egyértelműen bebizonyította, hogy a légköri szén-dioxid mennyiség minden kétséget kizáróan, folyamatosan és nem elhanyagolható ütemben nő (Haszpra, 2005). 1958-ban a légkör szén-dioxid tartalma már mintegy 15%-kal haladta meg az ipari forradalom előtti szintet, amelyet a jégbe fagyott levegőzárványok elemzéséből ismerünk.

Az éghajlatváltozás veszélye miatt a Meteorológiai Világszervezet (WMO) kiemelt figyelmet szentelt a légköri szén-dioxid tartalom megfigyelésének. A szén-dioxid koncentráció mérését az 1960-as évek végén életre hívott globális háttérlevegőszennyezettség-mérő hálózat (Background Air Pollution Monitoring Network (BAPMoN), a mai Global Atmosphere Watch (GAW) hálózat elődje) alapállomásainak (baseline station) kötelező feladatává tette (WMO, 1974).

A bioszféra nappal a fotoszintézis révén nagymennyiségű szén-dioxidot von ki a légkörből, míg éjszaka nagyságrendileg hasonló mennyiséget bocsát ki. Az ennek következtében kialakuló erőteljes koncentrációingadozás megnehezíti a hosszútávú, tendenciaszerű változások kimutatását. Ezért a globális változások jellemzésére létrehozott mérőállomásokat a bioszférától és az antropogén forrásoktól a lehető legtávolabbra, sarkvidéki területekre, távoli óceáni szigetekre, magas hegycsúcsokra telepítették.

Hazai szén-dioxid mérések a kezdetektől napjainkig

1978-tól 1992-ig dr. Mészáros Ernő vezetésével az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adott otthont a WMO által elsősorban a fejlődő országok szakemberei számára szervezett, a háttérlevegőszennyezettség mérésével foglalkozó továbbképző tanfolyamoknak. A demonstrációs eszközöket ehhez a WMO biztosította. Így jutott az OMSZ egy Siemens ULTRAMAT 3 típusú, infravörös elnyelésen alapuló szén-dioxid analízátorhoz is (1. ábra), amely alkalmas volt a levegő szén-dioxid tartalmának folyamatos mérésére. A műszer 1981-ben az akkor elkészült K-pusztai (Kiskunság, 46°58'N, 19°33'E) mérőállomásra

A csillaggal megjelölt személyekről a cikk végén rövid ismertetés található.

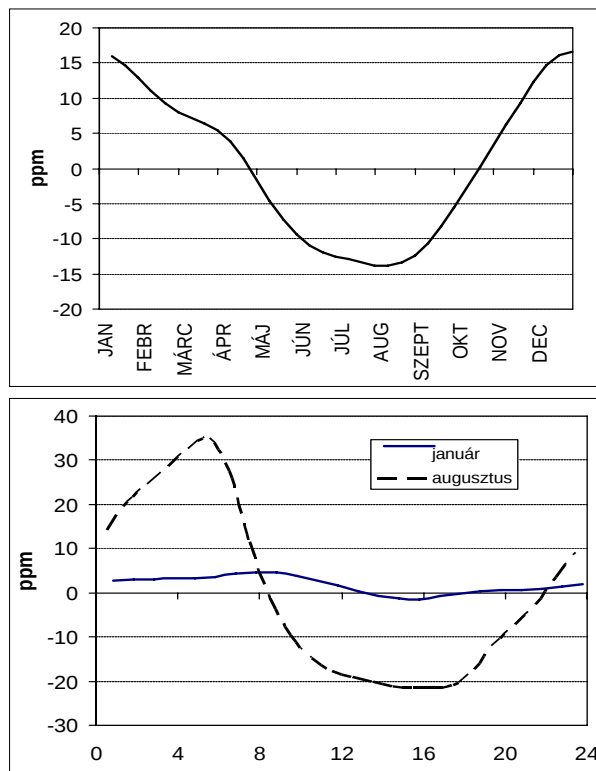


1. ábra A Siemens ULTRAMAT 3 CO₂ analízátor és kiegészítő berendezései a K-pusztai mérőállomáson

került, ahol az első tényleges légköri méréseket 25 évvel ezelőtt, 1981. június 5-én végezte.

A magyarországi mérőhely nem igazán felelt meg a kor CO₂ mérőhelyekkel szemben támasztott követelményeinek. Bár K-pusztai a közvetlen antropogén szennyezéstől mentes, de mégiscsak egy sűrűn lakott, erősen iparosított kontinens közepén, alacsony tengerszint feletti magasságban helyezkedik el. Ennél komolyabb probléma, hogy az állomást körülvevő vegetáció a légköri szén-dioxid koncentrációban erős napi és évszakos menetet gerjeszt (2. ábra). A K-pusztai mérési adatok ugyan a kezdetektől bekerültek a WMO adatbázisába, az állomás földrajzi elhelyezkedése miatt azonban csekély volt irántuk az érdeklődés.

Az 1980-as évek végén, az 1990-es évek elején fordulat következett be a légköri szén-dioxid mérési stratégiájában. Korábban egyértelműnek tűnt, hogy az emberi tevékenység során kibocsátott szén-dioxid légkörből hiányzó része a növekvő légköri parciális nyomás miatt beoldódik az óceánokba. Az egyre hosszabb CO₂ mérési adatsorokra és az egyre részletesebb globális cirkulációs modellekre alapozott ún. inverz matematikai modellek azonban jelentős nyelőt jeleztek az északi mérsékeltövi kontinentális területek felett is (Tans *et al.*, 1989; 1990). Ez az eredmény számos kérdést vetett fel: Helyes-e a modellekből levont következtetés? Ha igen, mi, hol és milyen folyamatok révén vonja ki a szén-dioxidot a légkörből? Mitől függ ennek a



2. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció átlagos évi menete az évi átlaghoz viszonyítva (fent) és a napi koncentrációmenet alakulása januárban, illetve augusztusban a napi átlaghoz képest (lent)

titokzatos, a korábbi globális szén-dioxid mérlegekből hiányzó – és ezért missing sink-nek elnevezett – nyelőnek a hozama, kapacitása? Ezekre a kérdésekre csak a kontinentális területekre, a potenciális nyelő, a bioszféra közelébe telepített mérőállomások adhattak választ. Megjelent az igény a bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid csere közvetlen mérésére, mégpedig minél nagyobb területi reprezentativitással, amely csak magas mérőtornyokkal érhető el (Tans, 1991). Ez felértékelte az ilyen területen már működő kevés számú mérőállomás tevékenységét, meglévő adatsorát.

Az 1990-es évek OMSZ szakmapolitikájában a levegőszennyezettség mérések nem élveztek kiemelt figyelmet, így a lassan előregedő, technikailag elavuló, a mérési követelményeknek egyre kevésbé megfelelő CO₂-analízátor felújítására, cseréjére nem kerülhetett sor. Az egyre gyakoribb leállások, műszaki hibák és a korszerűsítés vagy műszercsere esélytelensége miatt 1999 júniusában, 18 év után a légköri szén-dioxid mérések K-pusztán megszűntek.

Szerencsére, a meglévő mérési tapasztalatok jó ajánlólévének bizonyultak a nemzetközi együttműködések kialakításához, így a K-pusztai mérések lassú leépülésével párhuzamosan, amerikai támogatással 1993-ban megkezdődhetett egy új, a kor mérési követelményeinek megfelelő, magas mérőtornyos mérőhely kialakítása Magyarországon. Mivel K-pusztán semmi esély sem volt egy 100 m-nél magasabb, regionális skálájú felszín-légkör szén-dioxid

csere mérésekre is alkalmas mérőtorony felállítására, ezért a mérések megindításához az Antenna Hungária Rt. hegyhátsági (Vas megye, 46°57'N, 16°39'E) adótornyát műszereztek fel (Haszpra et al., 1996).

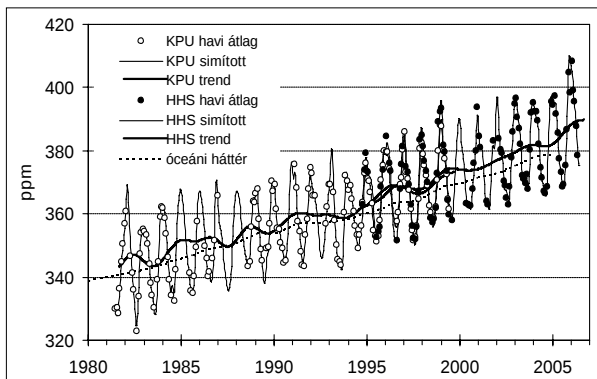
Az 1994–1999 között K-pusztán és Hegyhátsálon azonos magasságban (10 m) végzett párhuzamos mérések megmutatták, hogy a sekély éjszakai határrétegben a talaj és a vegetáció jellegének eltérése miatt jelentős koncentráció-különbség figyelhető meg a két állomás között. A nap-pali, koradélutáni órák mérési adatainak területi reprezentativitása azonban lényegesen nagyobb. A két állomás mérési adatai között az eltérés elhanyagolható, a korreláció erős. Az állítás általánosságban is igaz a kontinentális, alacsony tengerszint feletti magasságban működő állomásokra. Ezért például trendelemzésekre, területi eloszlás vizsgálatokra ezekről az állomásokról csak a koradélutáni órák mérési adatai alkalmasak (Haszpra, 1999).

A koradélutáni órák nagy területi reprezentativitású mérési adatainak köszönhetően a légköri szén-dioxid koncentráció trendjének vizsgálata szempontjából a hegyhátsági és a K-pusztai mérések összevonhatók, így ma már lényegében egy 25 éves adatsoron követhetjük nyomon a változásokat.

A folyamatos, nagy térségre reprezentatív légköri szén-dioxid koncentráció mérések mellett egy időben speciális, növényállományon belüli légköri szén-dioxid mérések is folytak az Országos Meteorológiai Szolgálatnál, amelyekkel a Légkör olvasói is megismerkedhettek (Dunkel, 1984).

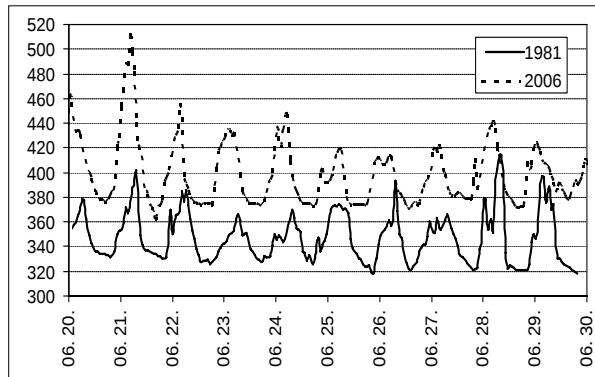
Mit mutatnak a hazai mérések?

A közvetlenül nem szennyezett légkör szén-dioxid tartalma Magyarországon a mérések 25 éve alatt, gyorsuló ütemmel, 46 ppm-mel, 343 ppm-ről 389 ppm-re nőtt (3. ábra). Figyelembe véve, hogy az ipari forradalom kibontakozásától a mérések kezdetéig tartó mintegy 200 év alatt a növekedés 60–65 ppm, és az ezt megelőző 10 ezer évben körülbelül 20 ppm lehetett, a mért növekedési ütem aggasztóan magas.



3. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció alakulása a K-pusztai és a hegyhátsági mérések adatai alapján (KPU - K-pusztai, HHS - Hegyhátsági)

Érdekesség kedvéért a 4. ábrán feltüntettük a szén-dioxid koncentráció időbeli menetét 1981 és 2006 júniusának egy

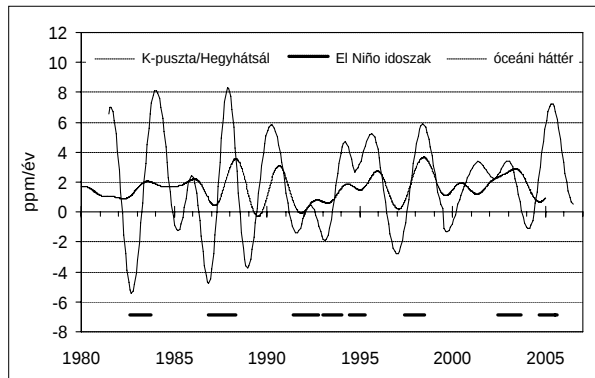


4. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció alakulása 10 m magasságban 1981. június 20–30. (K-pusztai), illetve 2006. június 20–30. között (Hegyhátsági). Az éjszakai magas értékek alacsony területi reprezentativitásuk miatt nem igazán vehetők össze, a koradélutáni koncentráció adatok különbsége azonban jól mutatja a 25 év alatt lezajlott változást.

időszakára. Míg 1981-ben esetenként 320 ppm alatti térfogati keverési arányokat is mértünk (315 ppm körüli abszolút minimummal), addig 2005–2006-ban 355 ppm alatti értékek már egyáltalán nem fordultak elő. A legalacsonyabb koncentrációt mutató nyári, koradélutáni órák szén-dioxid koncentrációja jellemzően 365 ppm körül alakult.

A hazai mérések körülbelül 3–4 ppm-mel magasabb koncentrációt jeleznek, mint a földrajzi szélességünkre reprezentatív óceáni mérőállomások. Ez a többlet az európai antropogén források hatása.

A légköri szén-dioxid koncentráció növekedési üteme nem egyenletes, és lényegesen jobban ingadozik, mint az antropogén kibocsátás (5. ábra). A 90-es évek elejére a



5. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció növekedési ütemének időbeli alakulása Magyarországon és a globális viszonyokat reprezentáló óceáni mérőállomásokon, valamint az El Niño időszakok. Az El Niño időszakok a koncentráció-növekedést általában gyorsítják. Az elmúlt 25 évben kivételes volt az 1991–1992-es időszak, amikor az El Niño hatást a Mt. Pinatubo kitörés globális hűtő hatása ellensúlyozta.

magyarországi mérési adatsor már elegendően hosszú volt ahhoz, hogy megmutathassuk, hogy itt a növekedési ütem ingadozása lényegesen nagyobb, mint az óceáni mérőállomásokon. Ez közvetetten alátámasztotta a matematikai modellek eredményét, miszerint a kontinentális területek lényegesen nagyobb szerepet játszanak a globális

szénkörforgalomban, mint azt korábban gondolták. Az ingadozás a szárazföldi területekről indul ki, és csillapodva jut el az óceáni, sarkvidéki mérőállomásokig.

A Magyarországon mért növekedésiütem-ingadozás jó közelítéssel szinkronban van a más állomásokon mért ingadozással. E globális fluktuáció hátterében az El Niño/Déli Oszcilláció jelensége áll. A Csendes-óceán déli szubtrópusi övezetében kialakuló pozitív tengervíz-hőmérsékleti anomália jól észlelhető éghajlati anomáliát okoz a közvetlenül érintett térségben (pl. hőhullámok, aszályok), ami csökkenti, esetleg negatívba fordítja a talaj-vegetáció rendszer nettó szén-dioxid felvételét. A gyakoribbá váló erdő- és bozóttüzek nagymennyiségű szén-dioxidot juttatnak a légkörbe. Nem teljesen világos azonban még, hogy ez az éghajlati anomália milyen áttételeken keresztül befolyásolja az északi félgömb kontinentális területeinek bioszféráját, amelynek hatását a magyarországi mérések látványosan mutatják.

Míg a mérések első tíz évében az átlagos növekedési ütem 1,4 ppm volt évente, az utóbbi tíz évben már megközelítette a 1,9 ppm-et. Évszakonként vizsgálva a változást azt tapasztaljuk, hogy az utóbbi tíz év jelentős részében a nyári koncentrációk az évi átlagnál gyorsabban (kb. 2,2 ppm/év), míg a tavasziak lassabban (1,4 ppm/év) emelkednek. A talán csak átmeneti jelenség magyarázata, hogy az 1997–2003 közötti meleg és száraz nyarak nem kedveztek a növényzet szén-dioxid felvételének, míg a korábbi tavaszodás, a vegetációs időszak korábbi kezdete fékezte a tavaszi időszakokban a koncentráció növekedését.

Az éghajlat és az éghajlatot meghatározó üvegházhatást befolyásoló légköri szén-dioxid tartalom között láthatóan szoros kapcsolat van. Ezt a visszacsatolást, komplexitása miatt, ma még kevésbé ismerjük, ami a jövőre vonatkozó éghajlati előrejelzésekben komoly bizonytalanságot okoz. Ismereteink bővítéséhez nagy pontosságú, hosszú idejű, kontinentális viszonyok között végzett mérések szükségesek. E tekintetben a magyarországi mérések világviszonylatban is kiemelkedő helyen állnak.

A K-pusztai, illetve a hegyhátsági mérőállomás része a WMO GAW programjának. Mérési adataik mindenki számára hozzáférhetők a WMO adatbázisából (<http://gaw.kishou.go.jp/wdogg.html>). A hegyhátsági állomás a kiotói vállalások miatt különösen fontos európai regionális szénmérleg kutatások (CarboEurope, CarboEurope-IP) egyik kiemelt mérőpontja, ahol a felszíni és magas mérőtornyos szén-dioxid koncentráció mérések mellett, különböző térszálajú felszín-légkör szén-dioxid csere mérések és a troposféra alsó rétegeit vizsgáló rendszeres repülőgépes mérések is folynak (Haszpra és Barcza, 2005).

Haszpra László

Irodalom:

- Arrhenius, S., 1896: On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science Series 5*, Vol. 41, 237-276.
- Callendar, G. S., 1938: The artificial production of carbon dioxide

and its influence on temperature. *Quarterly J. of Royal Meteorological Society* 64, 223-240.

Callendar, G. S., 1958: On the amount of carbon dioxide in the atmosphere. *Tellus* 10, 243-248.

Dunkel Z., 1984: Széndioxid mérések kukorica állományban. *Légkör* 29/2, 22-24.

Haszpra, L., 1999: On the representativeness of carbon dioxide measurements. *J. of Geophysical Research* 104D, 26953-26960.

Haszpra L., 2005: Emlékezés C. D. Keelingre, a szén-dioxid kutatás kiemelkedő személyiségére. *Légkör* 50/3, 18-19.

Haszpra L., Barcza Z. és Weidinger T., 1996: Mérőrendszer a bioszféra és a légkör közötti regionális skálájú szén-dioxid áramlás meghatározására. *Légkör* 41/2, 10-13.

Haszpra L. és Barcza Z., 2005: Légköri szén-dioxid mérések Magyarországon. *Magyar Tudomány* 50/1, 104-112.

Makra L., 2002: Szemelvények a környezetszennyezés történetéből, különös tekintettel a levegő szennyezésére - I. rész. *Légkör* 47/1, 19-25.

Tans, P. P., 1991: An observational strategy for assessing the role of terrestrial ecosystems in the global carbon cycle: scaling down to regional levels. In: *Scaling Processes Between Leaf and Landscape Levels* (eds.: Ehleringen, J. and Field, C.). Academic Press, New York, 71-105.

Tans, P. P., Conway, T. J., and Nakazawa, T., 1989: Latitudinal distribution of the sources and sinks of atmospheric carbon dioxide derived from surface observations and an atmospheric transport model. *J. of Geophysical Research* 94D, 5151-5172.

Tans, P. P., Fung, I. Y., and Takahashi, T., 1990: Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science* 247, 1431-1438.

WMO, 1974: WMO operational manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation. WMO No. 299,

TUDOMÁNYTÖRTÉNETI KISLEXIKON

Arrhenius, Svante August (1859–1927): svéd fizikus, kémikus, a modern fizikai kémia egyik megalapozója. Az elektrolitos disszociáció elméletének kidolgozásáért 1903-ban Nobel-díjat kapott. A kémián kívül a fizika számos ága iránt is érdeklődött. A tudománytörténet egyebek között számon tartja a légköri szén-dioxid szint és a Föld éghajlatával kapcsolatos számításait, a sarki fénnel kapcsolatos kutatásait és azt az elképzelését, hogy a fénynyomás élő spórákat sodorhat keresztül a világűrön, így hozva létre az életet a fiatalabb bolygókon (pánsperma elmélet).

Black, Joseph (1728–1799): skót származású orvos, kémikus. 1750–1752 között precíz gravimetriai mérésekkel magnézium karbonáttal végzett kísérletei so-

rán felfedezte a szén-dioxidot. 1756-ban találkozott James Watt-tal, a modern gőzgép megalkotójával, és ettől kezdve figyelme a halmazállapot-változásokkal kapcsolatos hőjelenségek vizsgálata felé fordult, ami elvezette a latens hő fogalmához. Miközben jelentős mértékben hozzájárult a modern termodinamika alapjainak lerakásához és egyetemi előadásai Európaszerte híresek voltak sok diákot vonzva a glasgow-i, majd az edinborough-i egyetemre, kiváló orvosként is számon tartották kortársai.

de Saussure, Horace Bénédict (1740–1799): francia származású svájci fizikus, geológus. 14 évesen már a Genfi Egyetem hallgatója volt, ahol filozófia és természettudományi professzori címet szerzett (1762). 1774–1775 között az egyetem rektori posztját is betöltötte. 1767-ben végezte első kísérleteit üvegfedelű hőcsapdáival. Szenvedélyes hegymászó, az Alpok kutatója. Számos ásvány felfedezése fűződik nevéhez. Neki tulajdonítják a geológiának, mint szakterület-elnevezésnek a bevezetését is. Díjat alapított a Mont Blanc (4807 m) első megmászója számára. Egy évvel az első sikeres mászás után, 1787. augusztus 3-án maga is Európa legmagasabb pontjára lépett. Nevéhez fűződik az első elektrométer (1766) és az első hajszál-higrométer megalkotása (1783). Számos kutatást végzett a párolgás és az elektromosság témakörében.

Fourier, Jean Baptiste Joseph (1768–1830): francia matematikus, fizikus. Foglalkozott a hő terjedésének elméletével. Vizsgálta a bolygók energia-egyensúlyát. Véleménye szerint a bolygók számos forrásból kapnak energiát, amelyet a hőmérsékletfüggő „sötét sugárzással” veszítenek el. A kisugárzás pontos hőmérsékletfüggését csak mintegy ötven évvel később Joseph Stefan osztrák fizikus mérte ki (lásd Stefan-Boltzmann törvény). Fourier fontos eredményeket ért el a trigonometrikus sorok elméletében (Fourier sorok).

Keeling, Charles David (1928–2005): amerikai kémikus. A Kaliforniai Műszaki Egyetemen (California Institute of Technology) fejlesztette ki a légkör szén-dioxid tartalmának mérésére alkalmas, infravörös sugárzáselnyelésen alapuló, mindmáig használatos nagy pontosságú módszerét. Roger Revelle, a Nemzetközi Geofizikai Év egyik kezdeményezője, a Scripps kutatóintézet igazgatója meghívására 1957-től a Scripps Intézetben dolgozott, és az ekkor kapott támogatással megindította folyamatos légköri CO₂ méréseit a hawaii Mauna Loa Observatóriumban és az Amerikai Egyesült Államok déli sarki kutatóállomásán. 1961-re bebizonyította a légköri szén-dioxid szint folyamatos növekedését. Ezen adatok alapján hozta nyilvánosságra 1963-ban az amerikai Országos

Tudományos Alap (National Science Foundation) az üvegházhatás erősödésére vonatkozó első figyelmeztetést. Munkásságáért számos tudományos elismerésben részesült (lásd Haszpra L., 2005: Emlékezés C. D. Keelingre, a szén-dioxid kutatás kiemelkedő személyiségére. *Légkör* 50/3, 18–19.).

Langley, Samuel Pierpont (1834–1906): amerikai csillagász, fizikus. 1867–1887 között a Western University of Pennsylvania professzora, később a washingtoni Smithsonian Institution titkára volt. 1878-ban kifejlesztette az elektromágneses sugárzás intenzitásának mérésére szolgáló, elsősorban a csillagászatban használatos bolométert. Vizsgálta a Nap sugárzási spektrumát, a légkör visszasugárzását és méréseket végzett a napállandóra vonatkozóan. Nevét a repüléstörténet is számon tartja. Magyarazatot adott arra, hogyan képesek a madarak egyetlen szárnycsapás nélkül tartósan a levegőben maradni, siklani. Aerodinamikai ismeretei alapján ő építette az első olyan levegőnél nehezebb repülő szerkezetet, amely huzamosabban a levegőben volt képes maradni. Pilótanélküli repülőgépe 1886-ban már több mint 1 km-t repült. Az ember vezette repülőgép kifejlesztésében azonban a Wright fivérek végül megelőzték.

Pouillet, Claude-Servais-Mathias (1790–1868): francia fizikus. Saját tervezésű galvanométereivel 1834-ben igazolta Ohm törvényét, és jelentősen segítette Georg Simon Ohm további munkáját. Pyrrhometerével 1837–1838-ban (függetlenül John Frederick William Herschel angol csillagász ugyanebben az időben végzett méréseitől) elvégezte a Nap hősugárzására vonatkozó első mennyiségi méréseket, megbecsülte a Nap felszíni hőmérsékletét. A légköri elnyelésre vonatkozó bizonytalan adatok miatt azonban a kapott értékek mai szemmel nézve meglehetősen pontatlanok voltak.

Tydall, John (1820–1893): ír származású angol fizikus, matematikus, geológus. A gázok sugárzási tulajdonságait tanulmányozva meghatározta számos légköri nyomanyag (vízgőz, szén-dioxid, ózon, oxigén, nitrogén, hidrogén, néhány szénhidrogén, stb.) elnyelési színeképét. Tisztázta, hogy a „tökéletesen színtelen és láthatatlan gázok és gőzök” hőelnyelő tulajdonsága között jelentős eltérések vannak. Megállapította, hogy a vízgőz meghatározó szerepet játszik a Föld felszíni hőmérsékletének kialakításában. Felvetette, hogy a légkör vízgőz és szén-dioxid tartalmának változása éghajlatváltozást eredményezhet. A felszín kisugárzása kapcsán magyarazatot adott a harmatképződésre, és London kapcsán foglalkozott azzal a jelenséggel, amit ma városi hősziget néven ismerünk.

VIHAROS NYÁR BUDAPESTEN

Minden nyárnak megvan a sajátossága: 1992 és 2003 igen meleg volt, a 2005-ös évet egy-egy felhőszakadás (Mád, Mátrakeresztes), illetve az augusztusi sok csapadék tette emlékezetessé. Budapest ritkábban szerepelt a „feketekrónikákban”; 2004 júniusában (június 3-án és 9-én) volt két emlékezetes vihar Budapest térségében, de a 2006-os nyár már több időjárási eseménnyel is szolgált.

Június utolsó harmadában, június 22-én és 23-án Budapest-Pestszentlőrincen mindkét nap 50 mm-t meghaladó csapadék hullott, a 48 órás mennyiség elérte a 123 mm-t. Július 24-én Budán mértek 34,2 mm-t, ekkor órákra megbénult a Déli-pályaudvar forgalma, az intenzív záport jégeső is kísérte. Augusztus elsején délután újabb felhőszakadás zúdult a városra, Lőrincen 81,6 mm hullott, de a Belvárosban is közel 50 mm esett. Bár a legerősebb széllelkések sebessége a budapesti mérőállomásokon „csupán” 50-80 km/ó között változott, a vihar mégis jelentős pusztítást okozott a Városliget faállományában. Az augusztus 20-i esti tűzijátékra „időzített” vihar pedig sokáig emlékezetes marad az előrejelzők számára, nem csak az időjárás extrém volta miatt...

Az elmúlt 50 év viharai Budapesten

Egy-egy szélsőséges időjárási esemény után mindig felmerül a kérdés, vajon régebben előfordult-e már hasonló? Az Országos Meteorológiai Szolgálat INDA (Interactive Network Database Access) adatbázisának felhasználásával megállapítható, hogy az elmúlt közel 50 év nyarain előfordult mind 30 m/s-t meghaladó széllelkés, mind 50 mm-nél több 24 órás csapadék-mennyiség, már nem is egyszer.

Széllelkések szélsőségei:

Budapest-Pestszentlőrincen 1954 és 2006 között, Budapest-Belterületen (Kítaibél P. u.) pedig 1961 és 2006 között a nyári hónapokban a viharos széllelkések esetszáma a következő volt:

1. táblázat

	Budapest-Pestszentlőrinc			Budapest-Belterület		
	VI.	VII.	VIII.	VI.	VII.	VIII.
20 m/s-t (72 km/ó) meghaladó széllelkések száma	25	30	23	22	26	22
25 m/s-t (90 km/ó) meghaladó széllelkések száma	7	7	8	1	6	7
30 m/s-t (108 km/ó) meghaladó széllelkések száma	2	1	2	0	0	2

Széllelkések szélsőségei Budapest-Pestszentlőrinc és Budapest-Belterület állomásokon

A két budapesti állomáson tehát 7 esetben fordult elő, hogy a széllelkések sebessége meghaladta a 30 m/s-t; ezek időpontjai:

- Pestszentlőrincen: 1955. június 10., 1957. június 22., 1961. július 13., 1965. augusztus 2., 1988. augusztus 3.
- Budapest-Belterületen: 1980. augusztus 8. és 2006. augusztus 20.

Mind a hét felsorolt esetben a viharos szél hidegfront előtt kialakult instabilitási vonal átvonulásakor lépett fel.

Csapadék-mennyiségek szélsőségei:

Budapest-Pestszentlőrincen 1954 és 2006 között, Budapest-Belterületen pedig 1951 és 2006 között a nyári hónapokban nagy csapadékos esetek száma a következő volt:

2. táblázat

Június-Július-Augusztus	Budapest-Pestszentlőrinc	Budapest-Belterület
Napi csapadékösszeg > 50 mm	10	7
48 órás csapadékösszeg 100 mm körüli	4	1

Csapadék-mennyiségek szélsőséges értékei Budapest-Pestszentlőrinc és Budapest-Belterület állomásokon

Budapest-Pestszentlőrincen 100 mm körüli csapadék-mennyiség hullott két egymást követő napon 1958. június 11-12-én: 95 mm, 1995. július 14-15-én: 103,3 mm, 2005. augusztus 3-4-én: 100,2 mm, 2006. június 22-23-án: 123 mm.

Budapest-Belterületen 1999. július 21-22-én a kétnapos csapadékösszeg elérte a 90 mm-t.

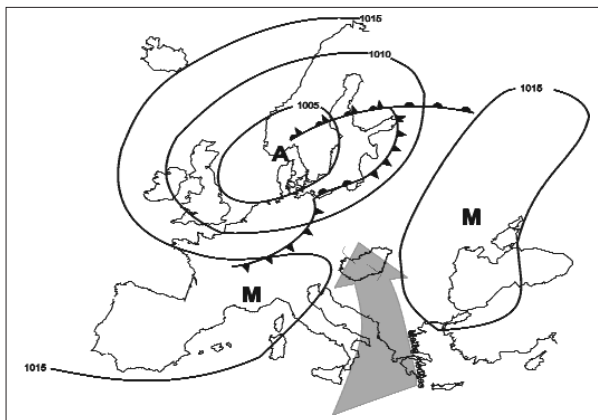
A 17 nagycsapadékos nap, illetve a közel 100 mm-s 48 órás csapadékmennyiségek döntően két jellegzetes időjárási helyzetben alakultak ki;

1. a medence fölé helyeződő, vagy itt képződő, lassan mozgó sekély ciklon okozta az erős csapadékhullást,
2. tipikusan nyári időjárási helyzetben („bárikus mocsár”*), térségünk feletti meleg, nedves, labilis légállapotú levegőben képződő zivatarok eredményezték a jelentős mennyiségeket.

2006 nyarának viharos időjárási helyzetei Budapesten

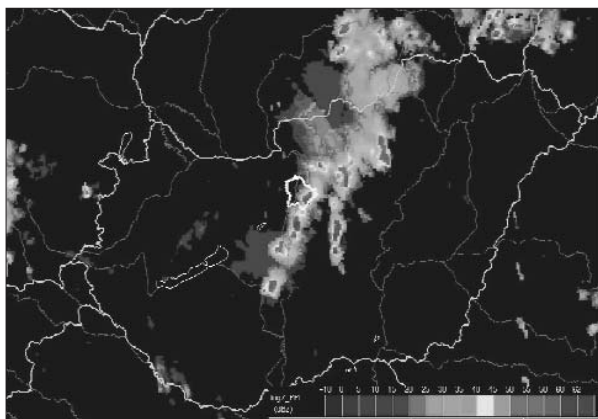
Június 22-23.

Június utolsó harmadában meleg nyári idő volt hazánkban. Június 22-én a Kárpát-medencétől északkeletre anticiklon helyezkedett el és magasnyomás nyúlt be a kontinens nyugati partvidékére is. Az Északi-tenger feletti középponttal ugyanakkor ciklon örvénylett, amelynek hidegfrontja június 22-én 00 UTC-kor már elérte a Germán-alföldet (1. ábra). Június 22-én a



1. ábra A jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. június 22. 00. UTC-kor

talajközeli erőteljes felmelegedés labilis légállapotot eredményezett, és ez a légállapot a meleg levegő magas kihullható vízmennyiségével (június 22-én Budapesten a kihullható vízmennyiség értéke 12 UTC-kor 37 mm volt) már a front előtt kedvező feltételeket teremtett záporok, zivatarok kialakulásához. A talajközeli áramlási mezőben a kelet-európai anticiklon hátoldalának délkeleti, és az azori orr* előoldalának északnyugati áramlása konfluencia zónát eredményezett a Kárpát-medence térségében. Ez a szituáció a Duna vonala mentén tartós konvergenciát hozott létre, amelyhez kapcsolódó feláramlás felszabadította a légkör potenciális instabilitását. Már a késő délelőtti órákban Szlovákia keleti felén egy mezoléptékű konvektív komplexum összetevőjeként nagyobb kiterjedésű, magasba nyúló felhőtömb jelent meg, amelyben több zivatargóc alakult ki. Budapesttől északkeletre is volt egy erős konvektív objektum, amelyből közel a Pásztó-Sárbogárd vonalban intenzív zivatarvonal jött létre. (Kialakulását a PPI radarképen a reflektivitási tényező (log Z) eloszlása is bizonyítja (2. ábra)). Ez az instabilitási vonal kb. két órán keresztül alig változtatta helyzetét és intenzitását, Pestszentlőrincen keresztül húzódott, és legtovább Budapest délkeleti része felett volt aktív. Budapest-Pestszentlőrincen június 22-én 17 és 19 óra között 67 mm hullott, a Belvárosban viszont egész nap nem volt csapadék.

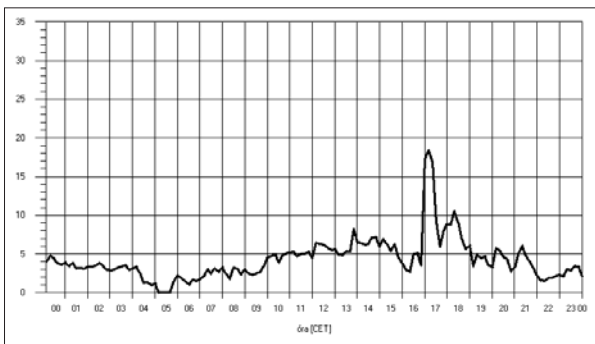
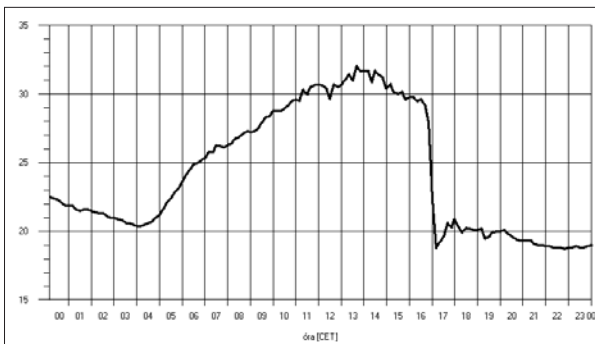


2. ábra 2006. június 22. 15. 45. UTC-s PPI radarképen a reflektivitási tényező (log Z) eloszlása

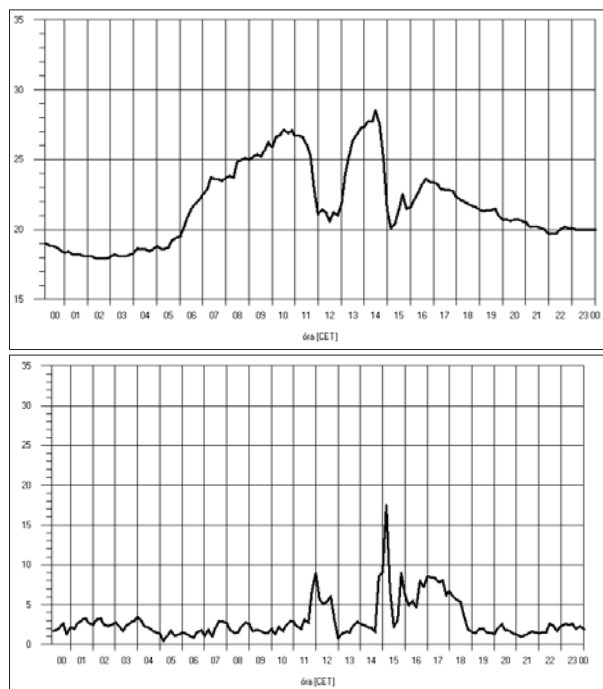
A rendelkezésre álló numerikus előrejelzések a szlovák területre és a Duna vonala mentén erős instabilitással számoltak, de a csapadék-előrejelzésekben a budapesti jelentős mennyiségű csapadék nem szerepelt. Az ECMWF modell főként a medence északi részére adott kiterjedtebb csapadékmezőt. Az ALADIN előrejelzés a Duna vonala mentén a szélmezőben kifejezett konvergenciát, és ebben egy csapadékszalagot jelzett előre. A folyamat és a csapadék helye az ALADIN modellben egészen jó volt, a mennyiségben azonban jelentős eltérés mutatkozott.

A déli részén legyengült hidegfront június 23-án vonult át az ország felett. A numerikus modellek egyre nagyobb területen északnyugatra forduló széllel, eleinte keleten még erősebb labilitással, majd fokozatos stabilizálódással, de még a front mentén kiterjedtebb csapadékmezővel számoltak. A valóságban 23-án is főként az ország északkeleti harmadán volt több zivatar, de a csapadék mennyisége valamivel kevesebb volt, mint az előző nap. A radaron a déli órákban jelent meg Pestszentlőrincen egy intenzív góc, majd két óra elteltével egy újabb, amelyből összesen 56 mm hullott.

Az OMSZ által kiadott előrejelzések mindegyikében szerepelt a heves zivatar lehetősége; felhőszakadás, jégeső, viharos szél. A veszélyjelző-rendszer előrejelzője június 22-én heves zivatart főként északkeleten és az északi határvonal mentén várt. Északkeleten valóban sok volt a zivatar, valamint a Duna mentén meglévő konvergencia mentén alakult ki a Budapesten is áthaladó zivatarvonal. Az utólagos elemzés alapján az ALADIN modell előrejelzésében találhatunk erre utalást, de a pestszentlőrinci heves csapadéktevékenység előrejelzése csak a radar képek folyamatos



3.a ábra A hőmérséklet és a maximális szellőkés időbeli alakulása Budapest-Pestszentlőrincen 2006. június 22-én



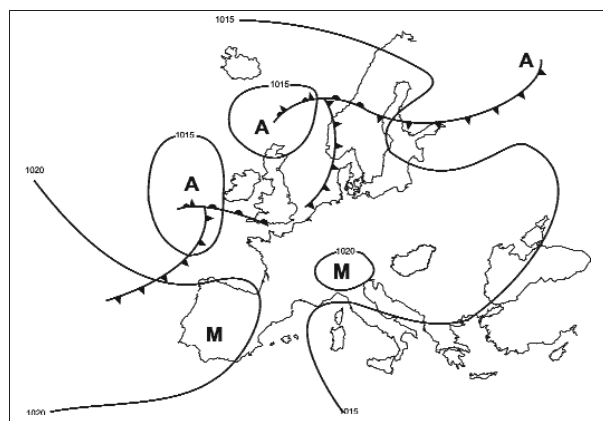
3.b ábra A hőmérséklet és a maximális szélőkés időbeli alakulása Budapest-Pestszentlőrincen 2006. június 23-án

elemzésével az esemény bekövetkezése előtt legfeljebb egy órával lett volna lehetséges.

Június 23-án a hidegfront átvonulása miatt a veszélyjelzésben is többfelé szerepelt a zápor, zivatar, helykiemelés nélkül. A hőmérséklet és a maximális szélőkés alakulását az adott két napon a 3.a., b. ábra mutatja. A maximális szélőkés időbeli változásán az instabilitási vonalra jellemző zivataros szélroham képét láthatjuk.

Július 24.

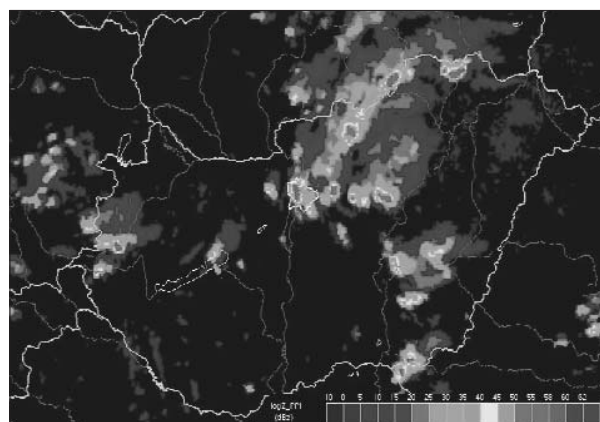
Ezen a napon a talajközben ártalmatlannak tűnő, izobártalan nyomási mezőben (4. ábra), meleg, nedves le-



4. ábra A jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. július 24. 00. UTC-kor

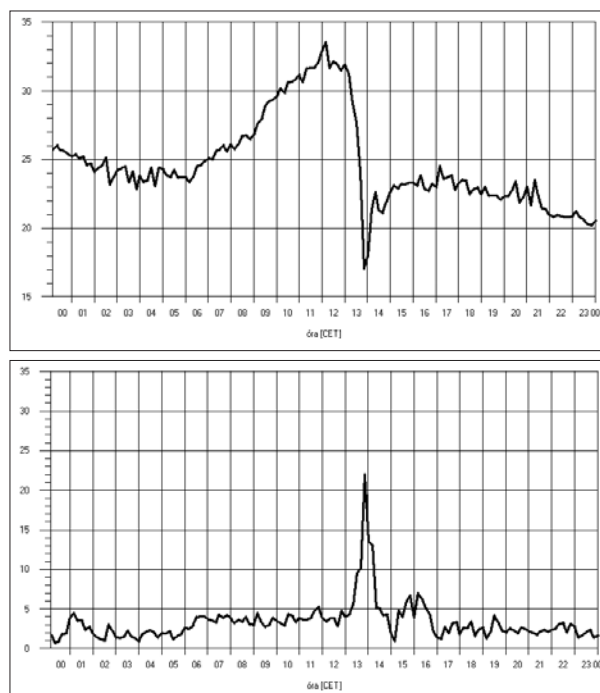
vegőben alakultak ki többnyire helyi záporok, zivatarok. A napi középhőmérséklet többfelé meghaladta a 25 fokot, sőt a nagyvárosokban helyenként a 27 fokot is elérte. A kihull-

ható vízmennyiség értéke az alsó 5 km-s rétegben 30 mm körül, illetve 30 mm fölött volt. Az időjárás alakulása ezekben a napokban határozott napi menetet mutatott, a napos délelőttiakat erős gomolyfelhő-képződés követte, és helyi záporok, zivatarok képződtek. A július 24-i zivatarok kialakulását az 500 hPa-on zajló gyenge hidegadvekcio is segítette. A déli órákban északkeleten, az Északi-középhegység térségében jelentek meg először zivatarok, majd helyi időben 14 óra körül Budapest belvárosa felett is feltűnt a radaron néhány zivatar cellából összetevődő délnyugat-északkeleti tengelyű zivatar vonal részeként egy egyre intenzívebbé váló jel (5. ábra). Az itt megerősödő cella kb.



5. ábra 2006. július 24. 12. 30. UTC-s PPI radarképen a reflektivitási tényező (log Z) eloszlása

75 percig nem mozdult, és aktív maradt. A zivatart heves, 20 m/s-t meghaladó szélőkés kísérte, és percekig jég is esett. A hőmérséklet és a szélőkés időbeli menete szépen



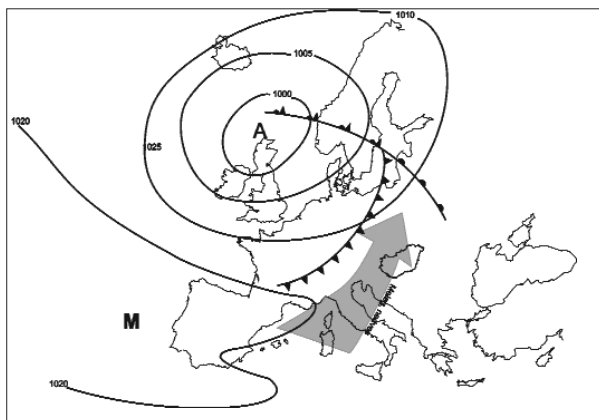
6. ábra A hőmérséklet és a maximális szélőkés időbeli alakulása Budapest belvárosában (Központi P. u.) 2006. július 24-én

mutatja a zivatart kísérő közel 16 fokos hőmérsékletcsökkenést, és a helyi zivatarokra jellemző szimmetrikus görbét (6. ábra).

A július 24. 00 UTC-s modell-futtatások elsősorban a középső országrészre, a Duna-Tisza-közéire, valamint a nyugati határ mentén jeleztek előre csapadékot és erőteljesebb instabilitást. Nyilván a fenti előrejelzés figyelembevételével az aznapi veszélyjelzésben az előrejelző kollega a nyugati és a középső országrészt látta a legveszélyesebb területnek. Az országos előrejelzésben azonban a többfelé zápor, zivatar szerepelt, helyenként felhőszakadással, jégesővel, hiszen az adott időjárási helyzetben 36–48 órára előre konkrét helymegadásnak nemigen volt realitása. A radarmérések nyomon követése teremtette meg ez esetben is a pontosabb veszélyjelzés lehetőségét, a budapesti felhőszakadás kialakulása előtt az időelőny azonban csupán kb. félóra volt, mert a város felett képződött a vihar. Természetesen helyi zivatarok pontos hely és csapadékmennyiségének előrejelzése nem várható el még a nagy felbontású modellektől sem. Meg kell azonban említeni, hogy a július 23. 12 UTC-s ALADIN modell július 24-re az időjárási eseményeket a főváros térségére egészen jól közelítette, jobban, mint a július 24. 00 UTC-s futtatás. A korábbi futtatás 24. 12 UTC-re erősítette Budapest körzetében a csapadéktermékenységet, és ezzel egyidejűleg erős instabilitással számolt, de a 30 mm-t meghaladó csapadékmennyiség nem szerepelt az ALADIN előrejelzésben.

Augusztus 1.

Július végén átalakulás kezdődött Közép-Európa időjárásában. A július utolsó harmadát jellemző gyenge áramlású, izobártalan nyomási mezőt Északnyugat-Európa felett megjelenő, térségünk felé mélyülő ciklonális mező váltotta fel, amelyben az első hidegfront július 30-án érte el a Kárpát-medencét. Ez a hidegfront már kissé mérsékelte az addigi kánikulai meleget, de jelentős átalakulást az augusztus elsején a medencét elérő hidegfront hozott (7. ábra). Ez-



7. ábra A jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. augusztus 1. 00. UTC-kor

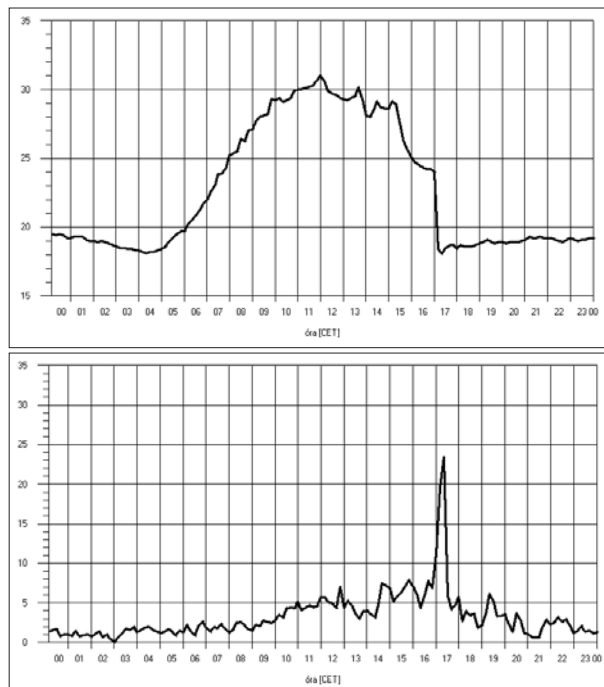
után már tartós kánikula nem volt, csupán augusztus 16. és 20. között emelkedett 30 fok fölé a hőmérséklet, mérsékel-

ten meleg, igen változékony idő jellemezte az augusztusi nyarat.

A numerikus előrejelzési modellek, mind az ALADIN, mind az ECMWF, a hidegfrontot a délutáni, esti órákban vonultatta át az ország felett. A front mentén erősebb instabilitást, délkelet felé helyeződő csapadékszalagot, és a front mögött megerősödő északnyugati szelet jeleztek előre, de kiugróan magas csapadék-mennyiség, vagy extrém szélsébség nem szerepelt a modellek előrejelzéseiben. A csapadéktermékenység Budapest feletti erősödésével – ellentétben a júniusi, vagy júliusi esetekkel – nem számoltak.

Az OMSZ hivatalos prognózisa is többfelé záport, zivatart, megerősödő, időnként viharossá fokozódó északnyugati szelet jelzett. A veszélyjelző-rendszer szinoptikusa helyenként hevesebb – felhőszakadással, jégesővel, viharos széllel járó – zivatart várt többek között az erős instabilitás miatt. A sokévi tapasztalat alapján is elképzelhető volt, hogy egy meleg periódust lezáró hidegfront erősebb viharokat is okozhat.

A front átvonulását valóban többfelé kísérte zápor, zivatar, a legintenzívebb csapadékgóc Budapest térségében volt. Az ország északnyugati harmadán már délelőtt erősen megnövekedett a felhőzet, és bár fülledt idő volt, a csúcshőmérséklet már csak 24, 26 fok között változott. Az alsóbb rétegben beszívargó hidegebb levegő, a borult ég, már az erősebb konvektív aktivitás ellen dolgozott, így az ország ezen vidékein a frontbetörés nem járt látványos eseményekkel. A középső országrészben azonban valóban „frontbetörés” zajlott. A 7–9 órás napsütés hatására még a hőmérséklet elérte a 29–33 fokot, és a délutáni órákra Pest, Fejér megye térségében igen magasra nyúló felhőtömb ala-

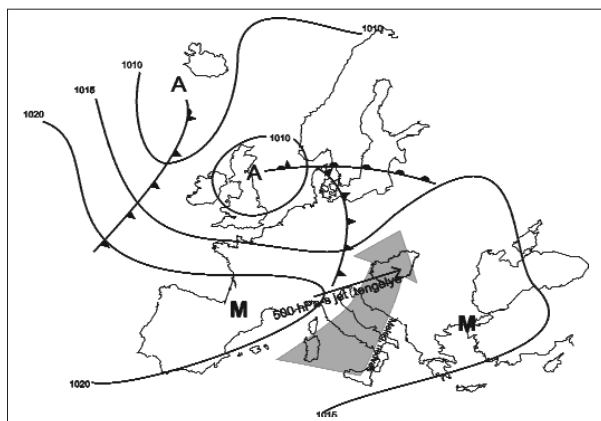


8. ábra A hőmérséklet és a maximális szellőkés időbeli alakulása Újpesten 2006. augusztus 1-jén

kult ki; a felhőtető hőmérséklete helyenként $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál is alacsonyabb volt. Ez a front előtti önálló rendszer okozhatta a városligeti károkat, átvonulásának jellemzőit a legközelebbi budapesti állomás, Újpest regisztrátumán láthatjuk (8. ábra). Itt a csapadék mennyisége egy óra alatt 58 mm volt. A radar mérések tanúsága szerint a déli és a keleti országrészben késő délután, este további csapadékrendszerek vonultak kelet felé, amelyek léte és mozgása a hidegfront-hoz köthető.

Augusztus 20.

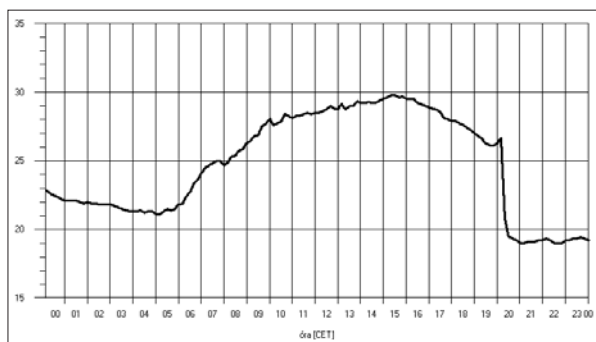
Augusztus 16. és 20. között ismét meleg nyári idő volt hazánkban. Délnyugati áramlással egy nyugat-európai ciklon előoldalán meleg, többnyire száraz levegő érkezett a Kárpát-medence térségébe. A ciklon egyre inkább Közép-Európa felé mélyült, hidegfrontja 20-án reggel elérte az Alpokat (9. ábra). A front előtt meleg, keskeny sávban



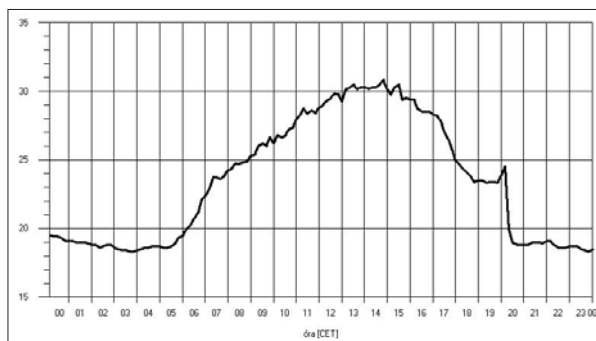
9. ábra Jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. augusztus 20. 00. UTC-kor

nedves levegő húzódott. Az 500 hPa-os szinten a melegszektor fölé áramló hidegebb levegő labilizálta a front előtti légréteget, és a labilizálódást erősítette az erős szélnyírás; 500 és 300 hPa-on is magassági jet húzódott. Bár augusztus 20-án a reggeli, délelőtti órákban a front elé fújó északias szél átmenetileg stabilabb légállapotot eredményezett, de délutánra az északi szél gyengült, és az erőteljes nyomás-süllyedés, a magas harmatpont, a magassági jet intenzív zivatarzóna kialakulását valószínűsítette. 17 UTC-kor már az országhatáron belül volt zivatar, és az egymás utáni radar méréseken jól nyomon követhető a front előtti rendezett zivatarzóna kialakulása, és kelet felé vonulása. 18 UTC-s radarképen már látható, hogy az instabilitási vonal legerőteljesebb szakasza közelít a főváros felé, a 19 UTC-s radarkép pedig azt az állapotot mutatja, amikor az instabilitási vonal elérte Budapestet. A zivatarzóna kelet felé vonult, de a szélmérések tanúsága szerint a rendszer Budapest térségében volt a legfejlettebb állapotában. Ugyanakkor a budapesti regisztrátumok jól mutatják, hogy a városon belül a széllökések erősségében jelentős eltérés mutatkozott (10.a., b. ábra).

A numerikus előrejelzések, mint markáns, a kánikulai



10.a ábra A hőmérséklet és a maximális széllökés időbeli alakulása 2006. augusztus 20-án Lágymányos állomáson



10.b ábra A hőmérséklet és a maximális széllökés időbeli alakulása 2006. augusztus 20-án Újpest állomáson

melegnek véget vető hidegfrontot már napokkal előbb jelezték. Meglepően jól közelítették azt az időpontot, amikor a front az országba belépett és a középső országrészen áthaladt. Minden előrejelzésben szerepelt a szél északnyugatra fordulása, és viharossá válása. Az ALADIN modell augusztus 20-i 00 UTC-s futtatásában a Bakony térségére jeleztek előre 80–85 km/ó-s széllökést, de Budapest környé-

kére már csak 55 km/ó-t. Erősebb széllelkést a modell 12 UTC-s futtatása adott (ez az előrejelzés az esemény előtt két-három órával vált csupán ismertté), a Bakonyban 85-100 km/ó-t, Budapestre 80 km/ó-t, de még ez az érték is csak közelítette a ténylegest.

Az OMSZ hivatalos előrejelzése, veszélyjelzése számolt intenzív zivatarral, amelyet helyenként 100 km/ó-t meghaladó széllelkés, esetleg jégeső kísérhet. A várható szélerősödés ideje is – késő délután, este – megfelelően lett előrejelezve. Természetesen a legerősebb széllelkés pontos helyét és mértékét nem lehetett előre megadni.

Az augusztus 20-i időjárási események részletesebb mezoanilízisét Horváth Ákos: A 2006. augusztus 20-i budapesti vihar időjárási háttere c. cikkében (Légkör, 2006/4) olvashattuk, és ebben a cikkben az említett 18., illetve 19. UTC-s radarképeket is láthattuk.

Összefoglalás

A nyári budapesti eseményeket változatos időjárási helyzetek okozták. Lokális zivatar (júl. 24.), vagy éppen speciális légköri képződmény (MCC: mezoleptékú konvektív komplexum, június 22.) eredményeiként valósultak meg, illetve csak „szokványos” hidegfront, vagy az előtte kialakuló instabilitási vonal okozta a látványos időjárást. Mind a négy esetben a makroszinoptikus helyzet magában hor-

dozta az extrém zivatar kialakulásának a lehetőségét, ahogy erre mind a 36 órás, mind a veszélyjelzések előrejelzései utaltak is. A numerikus előrejelzések június 22-én és július 24-én a csapadékrendszerek Budapest feletti erősödésével számoltak, valamint augusztus 20-i viharos széllelkést is előrejelezték. Ezek a numerikus előrejelzések azonban nem tartalmazták, de jellegükénél fogva nem is tartalmazhatták az extrém jelenségeket. Több órával előre ugyanis nem lehet megítélni, hogy egy vihar 100 vagy 130 km/ó szélsősebességgel, vagy 30, illetve 60 mm-s csapadékkal jár-e, és azt sem lehet megmondani, hogy egy zivatarcella kifutószéle, illetve a zivatart esetlegesen kísérő jégeső sávja (mindkét jelenség általában csak kisebb területet érint) pontosan hol vonul végig! Augusztus 20-án, pl. Budapest térségében is jelentősebb különbség volt a széllelkések sebessége között; 21 óra 14, illetve 15 perckor a Belvárosban 116 km/ó, Lágymányoson 123 km/ó, Pestszentlőrincen 82 km/ó, Újpesten pedig csupán 50 km/ó volt a maximális széllelkés sebessége (10. ábra).

A bemutatott esetekben az egymás utáni radar mérésekkel, műhold felvételekkel a kialakuló viharok mozgása, fejlődése, erőssége jól nyomon követhető volt, de ezek az információk csupán fél-másfél órával az események előtt váltak ismertté, tehát az előrejelzések időelőnye általában minimális volt.

Homokiné Ujváry Katalin

Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái a XXI. században

*„Ha mindentől félnénk,
amitől csak lehet,
nem volna semmi értelme,
hogy éljünk.”*

Seneca

Talán 5-6 éves gyerekek voltunk, amikor társaimmal arról beszélünk, hogy valamikor régen az emberek még nem ismerték a villanyt, a vonatot, a gőzgépet, a mozit, a kerékpárt, a rádiót, az újságokat stb. Vajon milyen lehetett akkor a mindennapi élet, milyen volt a világ? Bár a képzeletünknek semmi sem szabott határt, nem tudtunk közös nevezőre jutni a régi korok elképzelésében. Végül megegyeztünk, hogy **mielőtt megszülettünk, nem is volt világ.** Ezzel végérvényesen lezártunk minden további bizonytalan találgatást.

Ez a gyerekkori történet gyakran megismétlődik kissé más formában a

felnőttek világában is. Napjainkban sok kérdés kerül az érdeklődés előterébe, de olyan formában, hogy ez kizárólag a technikai civilizáció fejlődésének, az ipari forradalomnak köszönhető új jelenség. Kétségtelen, hogy gyakran nehéz szétválasztani az ember okozta változásokat a természetes változásoktól, de éppen ezért óvatosabban kellene emlegetni az antropogén környezet- vagy éghajlatváltozásokat a különböző fórumokon. Mivel ma már mindenki az embert okolja a természetben tapasztalható változásokért, szükségesnek látom, hogy ezzel a közkezdeltté vált egyszerűsítéssel szemben néhány dologra felhívjam a figyelmet.

A legtöbbet emlegetett téma az éghajlatváltozás, pontosabban a globális fölmelegedés. Ennek lehetősége és az emberi tevékenységgel való kapcsolata kétségtelenül először tu-

dományos körökben került szóba, hiszen a tudomány képviselői felelősséget éreznek az élet minőségét rontó veszélyekért. Ezért hívták össze Stockholmban a Környezeti Világkonferenciát, ezért született meg az ENSZ Környezeti Programja (UNEP), majd a WMO és UNEP közreműködésével a Kormányközi Keretegyezmény az Éghajlatváltozásról (IPCC). Az UNESCO a 3. évezred küszöbén ezért indította el annak a tudományos kiadványnak szerkesztését, amelynek címe „Az életfenntartó rendszerek enciklopédiája” (angol rövidítése: EOLSS). Ennek összeállítására 16 tudománykör mintegy 5000 szakemberét kérték fel a világ minden részéből, és megszületett az az internetes enciklopédia, amely mintegy 200, egyenként kb. 1200 oldalas kötetet tenne ki nyomtatásban. Előzetes tájékoztatás céljából

először két vastag kötet jelent meg „Törékeny világunk” címmel (*Our Fragile World I.–II.*), ezt újabb három kötet követte „A Fenntartható Fejlődés Tudománya” (*Knowledge for Sustainable Development I.–III.*). Az enciklopédia tartalmát az interneten havonta frissítik új ismeretekkel. A tudomány képviselői tehát éberrel figyelnek a természetben végbemenő változásokra.

Ezt a körülményt használják ki sokan, hogy szenzációs veszélyekről, közeli katasztrófákról beszéljenek, írjanak. A közvélemény pedig vagy hisz, vagy nem hisz ezeknek a riadalmaknak. Emlékezzünk: 1910-ben a csillagászok kiszámították, hogy a Föld május 19-én áthalad a Halley üstökös csóvjában. Ekkor a világ majd minden részén elterjedt a hír, hogy mérges gáz van az üstökös csóvjában, ami megöli az embert, és óriási rettegés lett úrrá a „művelt” országokban, ahol újságok számoltak be a félelem különböző megnyilvánulásairól. Május 19-én a Föld valóban áthaladt az üstökös csóvjában, de semmilyen mérgező gáz nem került a légkörbe.

1962. elején elterjedt a hír a napilapokban, hogy február 5-én vége lesz a világnak. Mivel nem igen írták meg az indoklást, arra kezdtem gyanakodni, hogy a bolygók valamilyen együttállásáról lehet szó. És valóban a Csillagászati Évkönyvben megtaláltam a hír „magyarázatát”: 1962. február elején a Jupiter és a Szaturnusz 15 foknyi látószögön belül egy vonalba kerültek az égen, míg az Uránusz az égnek csaknem pontosan az átellenes oldalán volt látható. A három óriásbolygó: a Jupiter, Szaturnusz és Uránusz kerekén 180 évenként kerül csaknem egy síkba a naprendszeren belül (*Koppány, 1993/a*).

Sorolni lehetne a hasonló, pánikeltető híreket, de enélkül is tapasztaljuk, hogy a társadalom jelentős része szenzációra éhes, és ez jól fizető üzlet bizonyos köröknek. Akik mindig fogékonyak a szenzációs újdonságokra, azoknak figyelmébe ajánlanék néhány kérdést a „fenyegető” globális melegedéssel kapcsolatban.

Első kérdés: mikor volt a Föld történetében olyan korszak, amikor évszázadokig vagy évezredekig semmilyen változás nem volt az éghajlat alakulásában?

Itt emlékeztetni szeretném az érdeklődőket, hogy a napóleoni háborúk idején, illetve a XIX. század első felében voltak a legforróbb nyarak Közép-Európában a műszeres mérések bevezetése óta. A X–XII. században az Észak-Atlanti óceán környezetében szokatlanul enyhe éghajlat uralkodott, a normannok biztonságosan hajóztak át az óceánon, Grönland északnyugati részén, a 76–77 ° N szélességen virágozott az ún. „Thule-kultúra”, Dél-Angliában szőlészettel, borászattal foglalkoztak. Ezt a „középkori optimumot” váltotta fel a XV. században kezdődő „kisjégkorszak”, amely a klimatológusok szerint a XIX. században ért véget (*Koppány, 1981*).

Ha pedig távolabbra tekintünk vissza a múltba, olyan jelenségekkel találkozunk, mint a mai Szahara helyén lévő legelők fokozatos kiszáradása, elsivatagosodása kb. 4000 évvel ezelőtt. Észak-Amerika szubpoláris részén a nyarak évszázados fölmelegedése Kr.e. 2500 körül, majd hidegre fordulása Kr.e. 2000 körül és újabb melegedés Kr.e. 1300 körül (*Koppány, 2001*).

Ha hosszabb műszeres mérés sorozatokat vizsgálunk a klimatológiában, csaknem biztos, hogy találunk olyan szakaszokat, amikor emelkedő vagy süllyedő tendenciák mutatkoznak. Ezek akár statisztikailag szignifikánsak is lehetnek, mégsem jeleznek egyértelmű éghajlatváltozást. Hiszen ha egy másik szakaszt választunk ki, akkor ott ellenkező előjelű változást találunk, tehát önkényesen választhatunk ki olyan szakaszt, amely előzetes föltételezésünket igazolni látszik.

Az éghajlat megváltozásának egy másik formája, amikor a sokévi átlag lényegében változatlan marad, de a változékonyság, az adatok szórása változik meg, továbbá előfordul hirtelen szintváltás meredek trenddel

(*Pfister, 1988*). Mindkettőre találunk példát Budapest 150 éves csapadék sorozatában. Mivel a hőmérséklet mellett a csapadék a másik, az élővilág számára fontos éghajlati elem, ezért erről is illik szót ejteni. Az 1841–1890 közötti 50 év során mindkét irányban szélsőséges kilengéseket találunk, szélsőségesen száraz és nagyon nedves évek váltották egymást, az alsó és felső decilis* egyaránt 6-szor fordult elő, a relatív szóráss pedig 21 % volt. (Az ezt követő két 50 éves sorozatban 17 illetve 18%). A következő, 1891–1940 közötti 50 év volt a legnedvesebb fél évszázad, a felső decilis 6-szor, az alsó decilis 2-szer fordult elő, és az 50 éves átlag is ekkor volt a legmagasabb, 639 mm évi összeggel. A legnedvesebb évtized 1931–1940 között volt 680 mm-es átlagos évi összeggel. Az 1941–1990 közötti 50 év bizonyult a legszárazabbnak, az alsó decilis ekkor 7, a felső decilis 3 alkalommal fordult elő, míg az átlagos évi összeg 574 mm volt (*Koppány, 1993/b*). Ezért nem meglepő, ha a talajvízszint igen feltűnő süllyedése is követte a XX. század utolsó évtizedeiben az évi csapadék csökkenését (*Rakonczai, 2006*), illetve a katasztrófálisnak nevezett belvízhelyzet 1940–1942-ben (*Pálfai, 2004*.) éppen a legnedvesebb évtized után következett be. (1940 után hirtelen szintesés, meredek trenddel!)

Ide kívánczik az a megjegyzés, hogy a Tisza szabályozását és az árterületek lecsapolását követő években országszerte elterjedt a hír, miszerint a Kárpát-medence el fog sivatagosodni az emberi beavatkozás következtében. Réthly Antal is a maga tekintélyével kénytelen volt szembeszállni ezzel a nézettel a Meteorológiai Társaságban tartott előadásában. De rácáfolt a hírre maga a természet is, hiszen az 1891–1940 közötti időszak volt a legnedvesebb, mint fentebb említettük.

Második kérdés: ha a XXI. sz. végére ígért 2–4 fokos melegedés „katasztrófális” következményekkel fog járni, milyen következményekkel

járna 2–4 fokok lehülése? Más szóval, miért a melegeledéstől félünk, miért nem egy esetleges lehüléstől? Elméletileg ugyanis bármi előfordulhat, nevezetesen a napsugárzás fluktuációja, a légkör áteresztőképességének csökkenése, a felhőzet albedójának növekedése az antropogén eredetű kondenzációs magok számbeli arányának növekedése miatt (Mészáros, 1996), a termohalin tengeráramlások megváltozása stb. Éppen a XX. század 40-es éveiben történt egy egészen váratlan fordulat a globális hőmérséklet tendenciájában, ezen belül főleg az arktikus térségben és Európa északi részén (Péczeley, 1981; Koppány, 2001). A Barbarossa haditerv azért született, és azért szánta rá magát a német hadvezetés 1941-ben a Szovjetunió elleni támadásra, mert példátlan fölmelegedés volt folyamatban, főként az északi-sarki térségben. Ezt egy előre nem látható erős lehülés váltotta fel az 1940-es évek elején. Elég két-három szokatlannul hideg tél, hogy beláthatatlan károkat okozzon.

A látható (makroszkopikus) élővilág megjelenése, illetve a szárazföldi élet elterjedése óta, az utolsó 570 millió évben, az átmeneti lehüléseket és az utolsó pár millió évet leszámítva, a Föld középhőmérséklete átlagosan 4–5 fokkal melegebb volt a mai értékénél, sőt voltak időszakok, amikor szinte az egész Földön szubtrópusi éghajlat uralkodott (Budyko et al., 1987; Koppány, 1996). Ez a korszak az úgynevezett *fanerozoikum*, amelyre jellemző, hogy a légkör szén-dioxid tartalma átlagosan 4–5-ször volt nagyobb a jelenleginél, sőt voltak időszakok, amikor a légköri szén-dioxid a mai érték 15–20-szorosára növekedett (Climate Change 2001. The Scientific Basis, IPCC, WG I. p.201.). Erről az „apróságról” miért nem esik több szó?

Érdekes, hogy mennyire figyelmen kívül maradnak tények, mint például az, hogy a biomassa sűrűsége és a biodiverzitás a meleg éghajlaton a legnagyobb, a hűvösebb éghajlat felé pedig egyre kisebb. (Természetesen a

biomassa sűrűsége függ a csapadékviszonyoktól is). A nálunk is termelt haszonnövények, mint a kukorica vagy a gyümölcsök túlnyomó többsége igényli a meleget, a hideget viszont nem tűri. Miért ártana tehát ezeknek pár fokok melegeledés, ha a csapadékviszonyok megfelelőek lesznek számukra? A fűszereink nagy részét és sok déli gyümölcsöt is a meleg éghajlatról importáljuk, ezért sokkal több kárt okozna pár fokok lehülés, mint a melegeledés. Figyelmen kívül hagyott tény az is, hogy a világ legsűrűbben lakott 52 országából 47 a meleg vagy forró éghajlaton található, hasonlóképpen a világ 100 legnépesebb városa közül 93 szintén a trópusokon vagy szubtrópusokon van (Koppány, 2005/a). Ugyancsak elfelejtett tény, hogy a jelentős ókori kultúrák szinte kivétel nélkül a 40. szélesség és az Egyenlítő között alakultak ki (Koppány, 2006), továbbá a növénytermesztésre, valamint a letelepedett életmódra az ember 10 ezer éve tért át, éppen akkor, amikor az éghajlatunk jelentősen melegebbre fordult, és megszűntek a gyors és erőteljes hőmérsékletingadozások (Czelina, 1999).

Amikor az Arktisz melegeedéséről, a jég olvadásáról és a jegesmedvék életterének visszaszorulásáról esik szó, nem történik említés arról, hogy csupán a tengerjég olvad, a sokkal nagyobb víztömeget tartalmazó grönlandi jég alig, hiszen a tengerjég szélen a hőmérséklet az olvadáspont közelében van, a jégplatókon mélyen fagyponnalatt. Az Antarktiszon, ahol az évi középhőmérséklet sok helyen -30, -50 fok alatt van, a néhány fokok melegeledés azt eredményezi, hogy több hó esik, emiatt az Antarktisz víznyelő és nem vízkibocsátó, tehát inkább kissé csökkenti a tengerszintet, bár a tengeri termikus tágulása jelenleg dominál a tengerszint emelkedésében (Climate Change 2001. The Scientific Basis, IPCC, WG I. p.666.; Koppány, 2004).

Harmadik kérdés: Mi indokolja a bevezetőben említett nemzetközi szervezetek létrejöttét, illetve érdek-

lődését az emberi tevékenység várható következményei iránt? (Koppány, 2005/b).

Mindenekelőtt el kell fogadnunk, hogy akár emberi beavatkozás miatt, akár anélkül, a természetben mindig várhatóak változások. Igaz, hogy a mértéktelen vadászat, illetve az élettér elfoglalása miatt eltűntek állatfajok (európai bölény, télen kóborló farkas hordák stb.), és a biológusok szerint napjainkban is emberi beavatkozás miatt sok állatfaj kipusztulása várható, de földtörténeti távlatokban ez sem egyedülálló jelenség. A korábban említett fanerozoikumban öt nagy biológiai katasztrófát ismerünk (Budyko et al., 1988). Előfordult, hogy a létező állatfajok több mint 80%-a kipusztult, de a megmaradt fajok alkalmazkodó képessége nem csak fennmaradásukat tette lehetővé, hanem a megváltozott körülményekhez jobban igazodó alfajokkal hozzájárultak a biodiverzitás növekedéséhez, amely aztán meghaladta a katasztrófa előtti.

A modernkor fő problémája nem a változások ténye, hanem a társadalom sebezhetősége. A korábbi századokban a társadalmat ért veszteségek életek pusztulását jelentette. Ilyenek voltak például a sáskajárások, amelyek éhínséget vagy éhhalált okoztak. A járványok közül a legtöbb áldozatot a malária és a fekete himlő követelt, mivel ezek nem egy korlátozott időszakban pusztítottak, hanem szinte állandóan jelen voltak. Ezzel ellentétben a pestis néhány év alatt képes volt egy kontinens lakóit megtizedelni, mint például az 1347–1353. évi pestisjárvány, amelynek Európa akkori lakosságának harmada áldozatul esett. (Történelmi Világtalasz, 1998). A technikai civilizáció egyre több és nagyobb gazdasági értéket halmoz fel, a természeti csapások tehát főleg gazdasági értékeket pusztítanak el.

Jól illusztrálják ezt azok az adatok, amelyeket az IPCC 3. helyzetértékelő jelentése (TAR) tesz közzé. Ennek alapján az időjárás-okozta világméretű károk (az 1999-es dollár értékkel számolva) az 1950 és 1999 közötti

1. táblázat

1950–59	1960–69	1970–79	1980–89	1990–99
38.9	50.8	74.5	118.4	399

Az időjárási károk értéke világméreteken az 1999-es USA dollár értékében kifejezve
(milliárd US dollár)

2. táblázat

1959	1963	1979	1989	2000
24 800	71 300	839 130	1 732 400	2 364 700

A személygépkocsik száma Magyarországon 1959-től 2000-ig

alakulását évtizedenként az 1. táblázatot foglalja össze.

Ezek a számok azt jelzik, hogy fél évszázad alatt az időjárási károk több mint tízszeresre nőttek. Bár a káresemények száma is mintegy ötszörösére nőtt, mégsem gondolhatjuk, hogy a trópusi ciklonok, tornádók, aszályok, árvizek gyakorisága vagy intenzitása növekedett meg hasonló mértékben. Sokkal valószínűbb, sőt, csaknem bizonyos, hogy a meglévő értékek növekedtek rohamosan. Hazánkban például a személygépkocsik száma 2. táblázat szerint alakult a Magyar Statisztikai Zsebkönyvek szerint.

Negyven év alatt tehát csupán a személygépkocsik száma csaknem százszorosára nőtt hazánkban, a minőség javulásából eredő értéknövekedést csak sejteni tudjuk. Hasonló eredményeket kapnánk, ha az infrastruktúra bővülését tekintenénk át. A technika fejlődésének következtében a lakóházak, irodák, középületek néhány évtized alatt egyre több új és költséges berendezéssel gazdagodtak. Emiatt ugyanaz az orkán, tornádó, pusztító áradás sokkal kisebb értékű kárt okozott például nádkunyhókból vagy jurtákból, esetleg vályogházakból álló településen, mint egy modern városban. Nem véletlen, hogy Skandináviában és a nyugati világban sokkal nagyobb gondot fordítanak a természeti károk elleni védekezésre, mint mondjuk Mongóliában, Kazahsztánban vagy a legtöbb észak-afrikai országban. Minél több a feltehetően, annál fontosabbá válik a védekezés.

Egy valamivel korábbi indok a globális klímakutatás állandó tökéletesítésére a világ népességének gyors nö-

vekedése. A XX. század óta a Föld lakóinak száma kb. 45 évenként kétszereződött, ami egyre súlyosbodó gondokat okoz az élelmiszertermelésben és elosztásban. Az egy főre jutó élelmiszertermelés vészesen kezdett csökkenni az 1960-as évek előtt (Fritz Baade, 1965.). Ennek felismerése nyomán először 1963-ban, Washingtonban hívták össze az Élelmezési Világkonferenciát, majd 1974-ben, Rómában. Ekkor vetődött fel először egy esetleges klímaváltozás súlyos következménye. Ehhez hozzájárult az 1960-as években a Sahel övezetben néhány évig tartó aszály-sorozat, amely embert és állatot egyaránt sújtott. Az egyre növekvő élelmezési gondok és a halmozódó gazdasági értékek megóvása indokolja a tudósok törekvéseit, hogy éberrel figyeljék a természetben végbemenő változásokat, és felkészítsék a társadalom vezetőit, a döntéshozókat, hogy megfelelő időben, a nagy tehetetlenségű éghajlati rendszerre kellően ható, megfelelő intézkedéseket tudjanak hozni.

Dr. Koppány György

Irodalom

- Baade, Fritz: Versenyfutás a 2000. évig. (Harmadik átdolgozott kiadás) Közgazdasági és Jogi Kiadó, 1965.
- Budyko M.I., Ronov A.B. and Yanshin A.L. : History of the Earth's atmosphere. Springer Verlag, Berlin, 1987
- Budyko M.I., Golitsyn G.S. and Izrael Y. A. : Global atmospheric catastrophes. Springer Verlag, Berlin, 1988.
- Climate Change 2001. The Scientific Basis. IPCC W.G. I. Cambridge University Press.
- Czelnai R. : A világóceán. Modern fizikai oceanográfia. Vince Kiadó, 1999.

Knowledge for Sustainable Development. Tom. I–III. EOLSS, UNESCO Publishers U.K. 2002.

Koppány Gy.: Az éghajlat-ingadozások kutatásának eszközei, együttműködés különböző tudományágakkal. MTA X. Osztályának Tudományos Közleményei 14., No. 2–4. 193–207.o. 1981.

Koppány Gy. : Lakható marad-e a Föld? A légkör és az élővilág. Akadémiai Kiadó, 1993/a.

Koppány Gy. : Various types of changes in climatic series of Budapest and Szeged, comparison with remote climatic stations. Acta Climatologica. Tom. 27. pp.17–25. Szeged, 1993/b

Koppány Gy. : Bevezetés a paleoklimatológiába. JATEPress., Egyetemi jegyzet. 1996.

Koppány Gy. : Climate changes and their influence on the human history. Encyclopedia of Life Support Systems. www.eolss.net.2001.

Koppány Gy. : A Föld-légkör rendszer sebezhetősége. Természet Világa. II. Különszám, 54–56.o. 2004.

Koppány Gy. :Ha tényleg bekövetkezne a globális melegedés. Légkör, 50. 3.sz. 23–25.o. 2005/a

Koppány Gy. : A globális felmelegedésről egy kissé más szemmel. AGRO-21' 38. sz. 82-88. o. 2005/b

Koppány Gy. : Az ókori civilizációk kialakulásának földrajzi elhelyezkedése. Táj, környezet és társadalom. Szeged, 2006. 403–411.o.

Mészáros E.: Melegítjük vagy hűtjük a légkört? Természet Világa, 127. 3.sz. 12–15.o.1996.

Our Fragile World. Tom. I–II. EOLSS, UNESCO Publishers, U.K. 2001.

Pálfai I. : Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai Tanulmányok. Szeged, 2004.

Péczy Gy. : A hőmérséklet szekuláris változása az Északi félgömb poláris területén, összefüggés az általános cirkulációval. MTA X. Osztályának Közleményei, 14/2–4.,231–237.o. 1981.

Pfister Chr. : Klimageschichte der Schweiz 1525–1860. Verlag Paul Haupt. Bern und Stuttgart, 1988.

Rakonczai J. : Klímaváltozás – aridifikáció – változó tájak. Táj, környezet és társadalom. Szeged, 2006. 593–601.o.

Történelmi Világtalasz. Cartographia Kft. Budapest, 1998.

A cirkulációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben

Összefoglalás

Kutatásainkhoz az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) 1°-os horizontális felbontású reanalízis adatbázisából (ERA-40) nyomási anomália-mezők segítségével beazonosítottuk az atlanti-európai térségben átvonuló ciklonok középpontjait, majd végigkövettük a térségben kialakult mérsékeltövi ciklonok pályáját (6 órás időlépcsővel). 1957 és 2002 között évszakonként értékeltük a ciklonok tartam-gyakoriságait, valamint a ciklonaktivitási indexeket.

1. Bevezetés

A trópusok és a sarkvidékek közötti hő- és nedvességtanszport nagy hányadért a mérsékeltövi ciklonok felelősek. Ezért a ciklonok gyakoriságában és intenzitásában bekövetkező bármely módosulás jelentős mértékű regionális változást okozhat a közepes földrajzi szélességeken. Többféle megközelítést alkalmazhatunk a ciklon-gyakoriságok változásának detektálására. Egyike a leggyakrabban használt módszereknek a makrocirkulációs típusok gyakoriságváltozásának vizsgálata. Egy másik közelítés, amikor a beazonosított mérsékeltövi ciklonok gyakoriságát és pályájának paramétereit elemezzük. Elsőként, még szubjektív vizsgálati módszerekkel van Bebbler (1891) és Klein (1957) végeztek ciklonpálya elemzést. Az utóbbi évtizedekben a számítógépek segítségével már lehetővé vált a ciklonok objektív módon történő vizsgálata is (pl.: Lambert, 1988; Hodges, 1994). Zhang et al. (2004) a ciklonok aktivitását elemezte a sarkvidék körzetére, 1948 és 2002 között, melyhez légnyomás-mezők 2,5°-os rácspontri értékeit használta. Cikkünkben elsőként az európai makrocirkulációs helyzetek gyakoriság-változásait elemezzük a XX. századra vonatkozóan. Majd az Atlanti-Európai régió ciklonpályáinak, s a

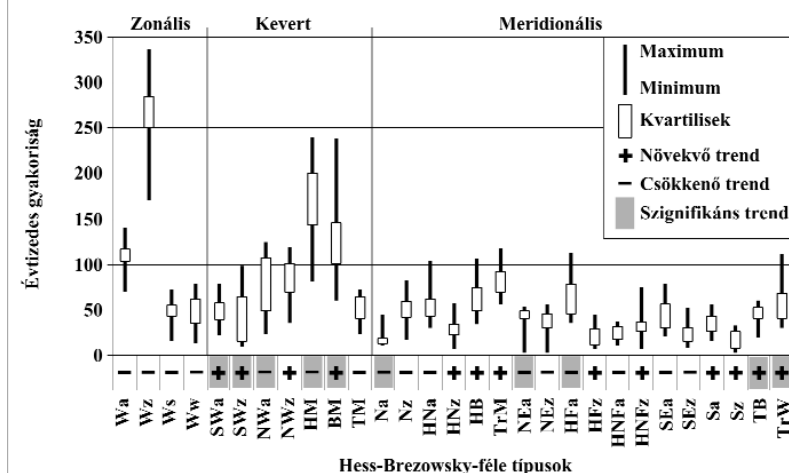
ciklonok intenzitásának változásait vizsgáljuk az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) ERA-40 adatbázisa alapján.

2. A makrocirkulációs típusok gyakoriságváltozása a XX. században

A nagyterű cirkuláció elemzéséhez a Hess-Brezowsky-féle (1977) makrocirkulációs típusok rendszerét használtuk fel. A napi felbontású Hess-Brezowsky kódokat a Német Meteorológiai Szolgálat „Die Grosswetterlagen Europas” című kiadványa közli az 1881–2000 időszakra. A 29 Hess-Brezowsky-féle makroszi-optikus helyzet cirkulációs jelleg szerint három csoportba sorolható: zonális, kevert és meridionális (1. táblázat).

A Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok évtizedes gyakoriságainak trendelemzése során meghatároztuk a vizsgált 120 évre vonatkozó trendegyütthatókat, s megvizsgáltuk azok szignifikanciáját. Az 1. ábrán Box-Whisker diagramokon ábrázoltuk a gyakoriságvértékek statisztikai tulajdonságait, a dobozok a felső és alsó kvartilist jelölik ki, a vo-

nalak pedig az egy évtized alatti maximális és minimális előfordulási értéket. A nagy különbség az adott makrocirkulációs típus jelentős változékonyságát emeli ki, s a kvartilisek közötti nagyobb eltérés utal a gyakoriság jelentős megváltozására. A legkisebb négyzetek módszerével meghatározott lineáris trendek előjele a vízszintes tengelynél látható, s külön bejelöltük szürke színezéssel a 0,95-ös szinten szignifikáns trendegyütthatókat. Vizsgálataink azt mutatják, hogy számos makrocirkulációs típus gyakorisága jelentős mértékben megváltozott. A XX. század során szignifikáns pozitív trendet figyelhetünk meg az Anticiklonális délnyugati helyzet (SWa), a Ciklonális délnyugati helyzet (SWz), a Zonális magasnyomású „híd” Közép-Európa felett (BM), a Ciklonális helyzet, a ciklon centruma a Brit-szigetek felett (TB) és a Teknő Nyugat-Európa felett (TrW) típusok esetén, míg szignifikáns negatív trendet detektáltunk az Anticiklonális északnyugati helyzet (Nwa), az Anticiklon Közép-Európa felett (HM), az Anticiklonális északi helyzet (Na), az Anticiklonális északkeleti helyzet (NEa) és a Közép-Európa felé kiter-



1. ábra. A Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok évtizedes gyakoriságeloszlása, 1881–2000.

Cirkulációs jelleg	Áramlási főirány	Makroszinoptikus helyzet neve (betűjele)
Zonális	Nyugat (W)	Anticiklonális nyugati helyzet (Wa)
		Ciklonális nyugati helyzet (Wz)
		Déli nyugati helyzet (Ws)
		Szögleteszerű nyugati helyzet (Ww)
Kevert	Délnyugat (SW)	Anticiklonális délnyugati helyzet (SWa)
		Ciklonális délnyugati helyzet (SWz)
	Északnyugat (NW)	Anticiklonális északnyugati helyzet (Nwa)
		Ciklonális északnyugati helyzet (NWz)
	Közép-Európa feletti magasnyomás	Anticiklon Közép-Európa felett (HM)
		Zonális magasnyomású „híd” Közép-Európa felett (BM)
	Közép-európai ciklon	Alacsony nyomású centrum Közép-Európa felett (TM)
Meridi- onális	Észak (N)	Anticiklonális északi helyzet (Na)
		Ciklonális északi helyzet (Nz)
		Közép-Európa felé kiterjeszkedő Északi-tenger középpontú anticiklon (HNa)
		Anticiklon, középpontjával az Északi-tenger felett (HNz)
		Középpontjával a Brit-szigetek feletti anticiklon (HB)
		Teknő Közép-Európa felett (TRM)
	Északkelet (NE)	Anticiklonális északkeleti helyzet (NEa)
		Ciklonális északkeleti helyzet (NEz)
	Kelet (E)	Közép-Európa felé kiterjeszkedő, Fenno-Skandináv középpontú anticiklon (HFa)
		Anticiklon Fenno-Skandinávia, ciklon Közép-Európa felett (HFz)
		Közép-Európa felé kiterjeszkedő anticiklon, középpontjával az Északi-tenger és Fenno-Skandinávia felett (HNFa)
		Anticiklon az Északi-tengeren ill. Fenno-Skandinávia felett és ciklon Közép-Európa térségében (HNFz)
	Délkelet (SE)	Anticiklonális délkeleti helyzet (SEa)
		Ciklonális délkeleti helyzet (SEz)
	Dél (S)	Anticiklonális déli helyzet (Sa)
		Ciklonális déli helyzet (Sz)
		Ciklonális helyzet, a ciklon centruma a Brit-szigetek felett (TB)
		Teknő Nyugat-Európa felett (TRW)

1. táblázat. Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok

jeszkedő, Fenno-Skandináv középpontú anticiklon (HFa) típusok gyakoriságváltozásaiban.

3. Európai ciklonpályák azonosítása és elemzése

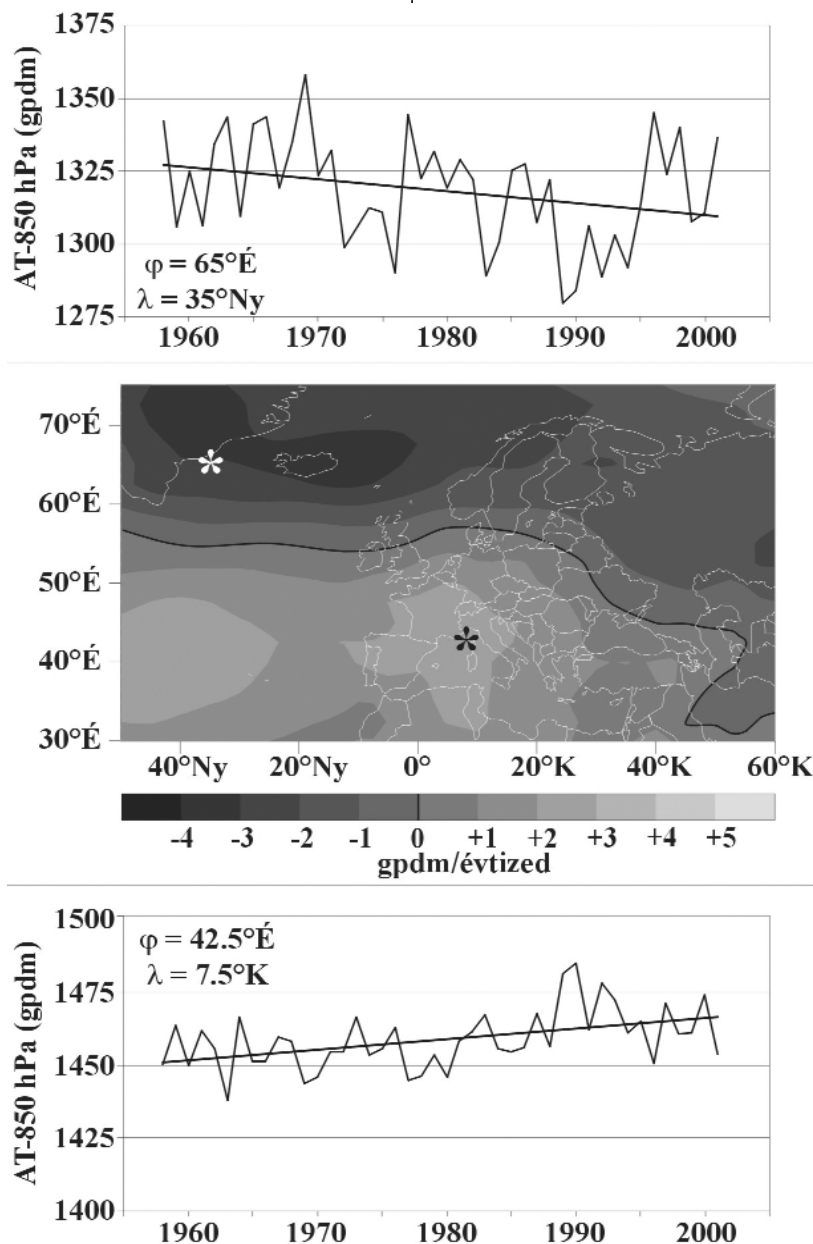
Az északi féltekén a mérsékeltövi ciklonok és frontrendszereik alapvető szerepet játszanak a helyi időjárás kialakításában. Ezért első lépésben részletes trendelemzést végeztünk a négy fő magassági szintre (AT-500, AT-700, AT-850, AT-1000). Az éves átlagos magassági értékre illesztett lineáris trendegyütthatók mezői közül itt a 2. ábrán az AT-850 szintre vonatkozó eredményeinket mutatjuk be. A különböző geopotenciálszinteket reprezentáló térképeken hasonló zonális jellegű térbeli szerkezetet figyelhetünk meg (Pongrácz *et al.*,

2006). Negatív trendegyütthatók jellemzik az északi területeket, melyek maximuma Grönland/Izland térségére esik. A délebbi területek legnagyobb pozitív tendenciája viszont két helyhez köthető: az egyik a Földközi-tenger térségében, míg a másik az Atlanti-óceán fölött, az Azori szigetek környékén található. A térképen fehér illetve fekete csillaggal jelöltük meg a maximális trendegyüttható-értékkel jellemezhető északi és déli régiók egy-egy rácspontját, amelyre vonatkozóan a 2. ábra bemutatja az éves átlagos geopotenciális magassági értékek idősorait és az ezekre illesztett lineáris trendet. A térkép fölött látható a kiválasztott északi rácspont (65°É, 35°Ny) trendelemzése, míg alatta a déli rácsponté (42,5°É, 7,5°K). Jól látható, hogy az északi rácspont esetén jóval nagyobb évek közötti válto-

zékonyságot figyelhetünk meg, mint a déli rácspontonál. A két bemutatott rácspontban 0,95-ös szinten szignifikáns lineáris trendet detektáltunk (a szignifikancia vizsgálatot a statisztikai t-próbával végeztük).

3.1. Adatok

Vizsgálataink során az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) ERA-40 reanalízis adatbázisát használtuk fel (<http://www.ecmwf.int/research/era>). Az adatbázist földfelszíni és műholdas mérések alapján állították össze, s az 1957. szeptember 1-től 2002. augusztus 31-ig terjedő időszakot öleli fel (Kallberg *et al.*, 2004). Az ERA-40 adatbázis számos meteorológiai paramétert tartalmaz 6 órás időbeli felbontásban, 60 vertikális szinttel rendelkezik a felszíntől mintegy 65



2. ábra. Az AT850 geopotenciális szint trendelemzése. A grafikonon a két kiválasztott rácspont (fent: 65°E 35°Ny , illetve lent: $42,5^\circ\text{E}$ $7,5^\circ\text{K}$) éves átlagos magassági értékeinek lineáris trendjét mutatja. Az illesztett lineáris trendek 0,95-ös szinten szignifikánsak a t -próba alapján.

km-es magasságig, és $1,125^\circ$ -os horizontális rácshálózatot fed le (Gibson *et al.*, 1997). E vizsgálatban az Országos Meteorológiai Szolgálat (Ihász István főtanácsos) közreműködésével rendelkezésünkre bocsátott $1^\circ \times 1^\circ$ -os horizontális felbontású tengerszinti légnyomásértékek mezőseit használtuk fel. A hemiszférikus mezőkből leválasztottuk az általunk vizsgált atlanti-európai térség ($30^\circ - 75^\circ\text{E}$ és $45^\circ\text{Ny} - 40^\circ\text{K}$ által közrezárt

terület) adatait, mely összesen $46 \times 86 = 3956$ rácspontot tartalmaz.

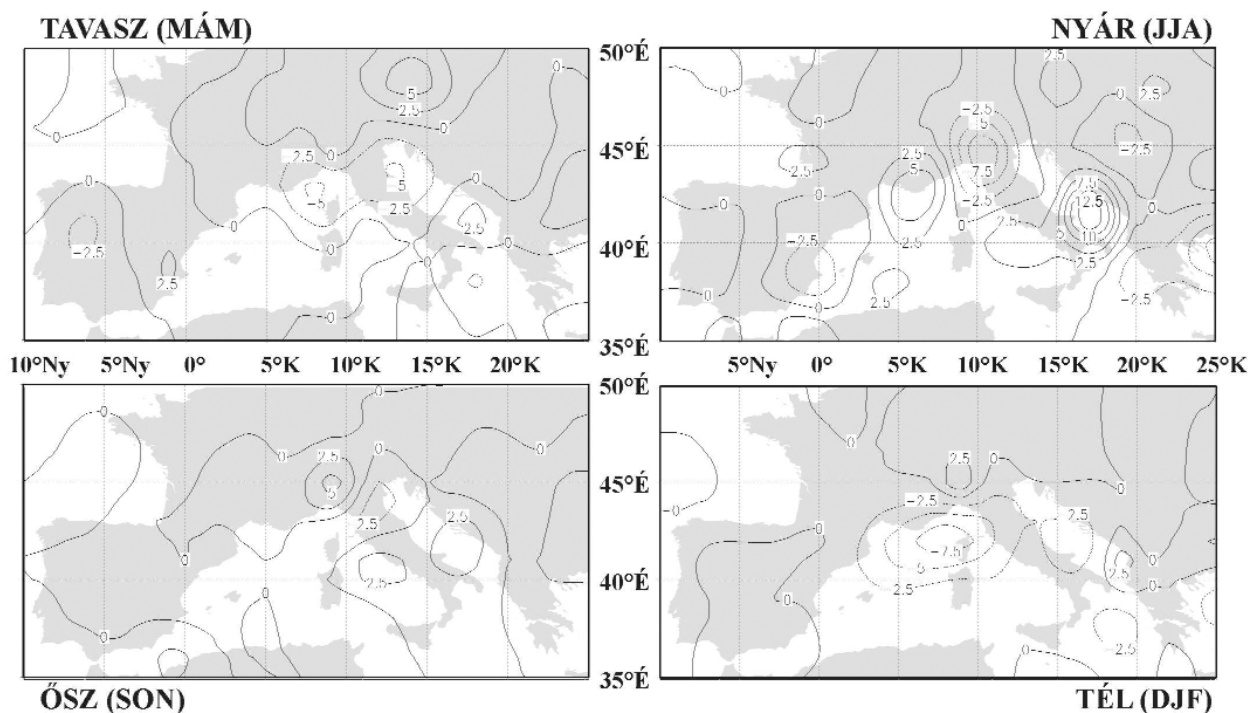
3.2. Eredmények

A globális reanalízis adatbázis segítségével lehetőség nyílik a mérsékelt-övi ciklon-középpontok objektív módon történő azonosítására és a ciklonok pályájának ugyancsak objektív követésére. Ilyen objektív algoritmust dolgozott ki például Serreze (1995) és Serreze *et al.* (1997), akik a

tengerszinti légnyomás gradiens értékeit használták fel arra, hogy az északi sarkvidék körüli ciklonokat tanulmányozzák 1973–1992 közötti tavaszi és téli időszakokban.

Vizsgálatainkban mi is a tengerszintre átszámított légnyomási mezőket vettük alapul (ám jóval hosszabb időszakot elemeztünk 1957 és 2002 között az ERA-40 adatbázisból), s Serreze *et al.* (1997) alapján határoztuk meg a mérsékelt-övi ciklonok középpontját. Előzetes elemzéseink (Pongrácz *et al.*, 2006) alapján szükségesnek tűnt, hogy a teljes atlanti-európai térségben átvonuló ciklonok vizsgálatát kettévesszük a mediterrán régióra, valamint az attól északra fekvő térségekre (ez utóbbit hívjuk a továbbiakban északnyugati régiónak).

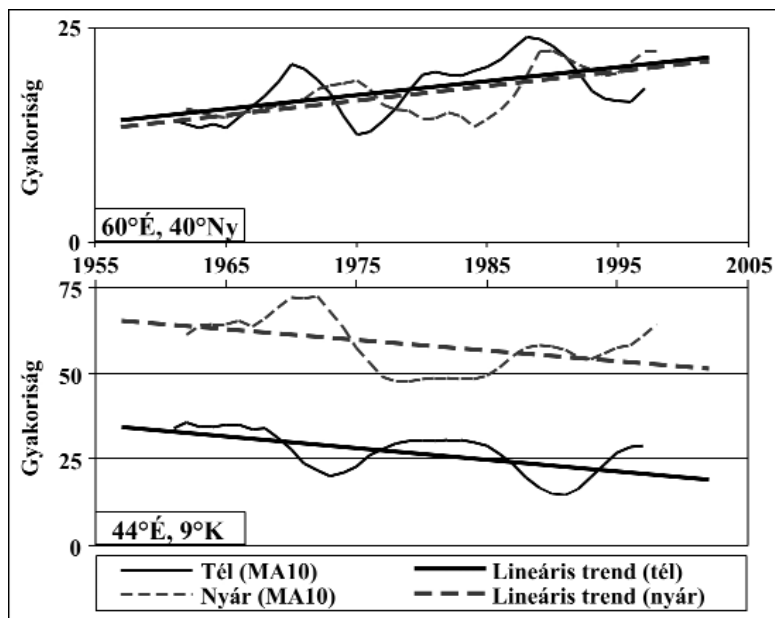
A mediterrán régió ciklonközéppontjainak meghatározásához az alábbi kritériumrendszert alkalmaztuk: (1) a tengerszinti légnyomás kisebb, mint 1013,5 hPa; (2) lokális nyomási minimum található a közvetlen szomszédos nyolc rácspontoz viszonyítva. Tapasztalatainkat felhasználva szigorúbb kritériumokat alkalmaztunk az északnyugati régió ciklonközéppontjainak meghatározásához: (1) a tengerszinti légnyomás kisebb, mint 995 hPa; (2) lokális nyomási minimum található a szomszédos 24 rácspontoz viszonyítva (ahol centrális elhelyezkedésben két-két szomszédot tekintünk minden irányban). A számítógépes algoritmus szerint hatóránként megőriztük az így definiált potenciális ciklonközéppontok földrajzi szélességét és hosszúságát, a tengerszintre átszámított légnyomását, valamint a nyomási gradiens legkisebb értékét. Ezután rekonstruáltuk a feltételezett ciklonpályákat ezekből a tárolt lehetséges ciklon-középpontokból. Két azonosított ciklonközéppontot akkor tekintettünk ugyanahhoz a ciklonpályához tartozónak, ha teljesült az alábbi két feltétel: (1) a két pont földrajzi távolsága kisebb, mint 450 km a mediterrán régióban, illetve 650 km az északnyugati régióban; (2) a tengerszintre át-



3. ábra. A ciklongyakoriság évszakos trendjei a mediterrán térségben, 1957–2002.

számított légnyomásuk különbsége abszolút értékben rendre kisebb, mint 6 hPa, illetve 8 hPa. A ciklonpályák tárolásakor a következő információkat rögzítettük: (i) a cikloncentrum első detektálásának időpontja; (ii) az utolsó detektálásig eltelt időlépcsők száma; (iii) a ciklon teljes élettartama alatt detektált legkisebb légnyomás-gradiens értéke; (iv) a ciklon-középpontok földrajzi koordinátái mindenegybes időlépcsőben; (v) a cikloncentrum tengerszintre átszámított légnyomása ugyancsak minden időlépcsőben.

A teljes 1957–2002 időszakra meghatároztuk a ciklogenezis-gyakoriság földrajzi eloszlását. Elemzéseink (Pongrácz *et al.*, 2006) alapján két maximum-hely jelenik meg a vizsgált terület északnyugati részén, Grönland/Izland térségében, illetve a Földközi-tenger fölött a Délnyugat-Európa és a Tirrén/Ligur-tenger vidékén. Ezen centrumokhoz tartoznak a 2. ábrán is bemutatott legnagyobb abszolút értékű trendegyütthatók is, melyeket mind a négy magassági szinten (AT-1000 hPa, AT-850 hPa, AT-700 hPa, AT-500 hPa) detektáltunk.

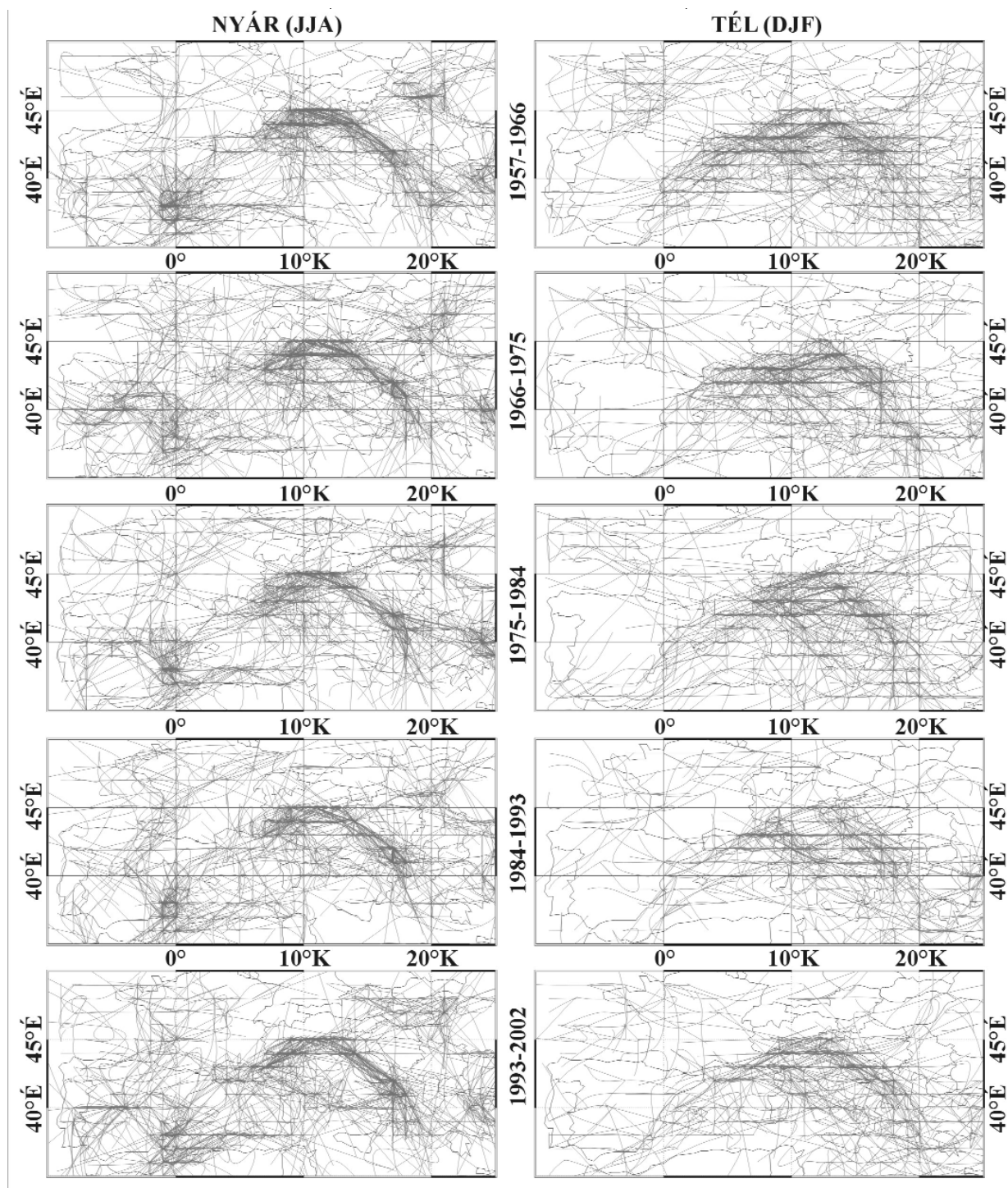


4. ábra. A ciklongyakoriság évszakos trendjei két kiválasztott rácpont 2°-os környezetében télen és nyáron, 1957–2002.

A ciklongyakoriság trendegyütthatóinak évszakos földrajzi eloszlását mutatjuk be a mediterrán régióra a 3. ábrán az 1957–2002 időszakra. A térségben erős csökkenő tendencia figyelhető meg tavasszal és télen. Ezzel párhuzamosan ősszel és még inkább nyáron a cikloncentrumok át-

helyeződését detektálhatjuk a térségben. Nyáron a Tirrén/Ligur-tenger vidékén a ciklonok délnyugati irányba tolódtak el, valamint az Adriai-tenger déli részén a ciklonok gyakorisága markánsan megnövekedett.

A mediterrán és az északnyugati térségből is kiválasztottunk egy-egy

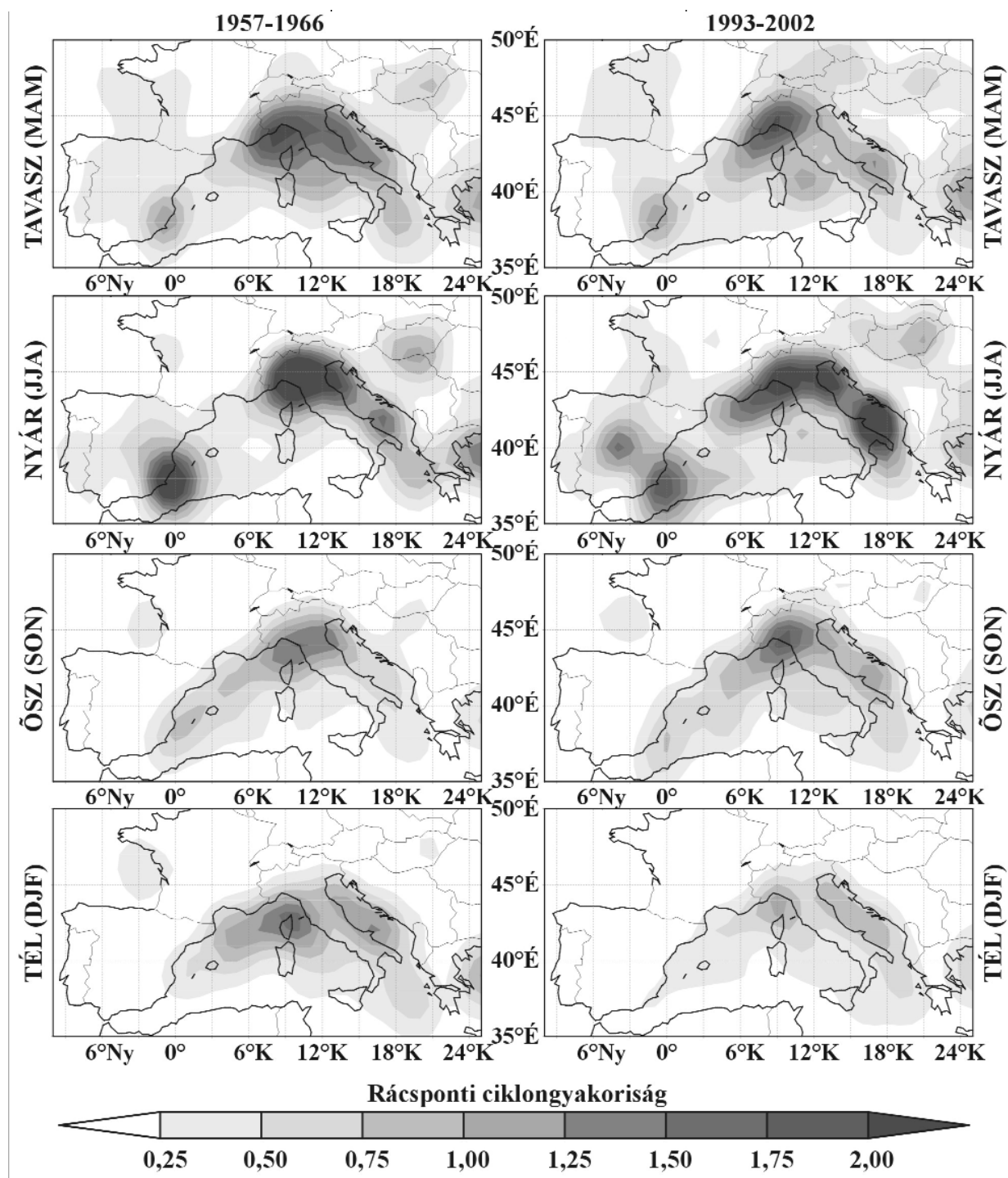


5. ábra. Ciklontrajektóriák a mediterrán térségben nyáron és télen.

rácspontot, s ezek évszakos ciklon- gyakorisági értékeit, illetve azok lineáris trendjeit mutatjuk be a 4. ábrán. Az északnyugati régióból a 60°É, 40°Ny rácspont téli és nyári növekvő tendenciáit emeljük ki. A tavaszi és az őszi hónapokban a teljes 1957–2002 közötti időszakban nem

mutatható ki szignifikáns változás. A mediterrán térség 44°É, 9°K rácspontja jól reprezentálja a 3. ábrán már említett ciklongyakoriságok földrajzi eltolódását. Télen és nyáron jelentősen csökkenő, míg ősszel növekvő tendenciát detektálhatunk az 1957–2002 időszakra.

A ciklonpályák beazonosítása a teljes 1957–2002 időszakra megtörtént. Majd elvégeztük a ciklonpályákban detektálható évszakos eltolódások vizsgálatát. Az 5. ábrán a nyári és téli ciklonpályák eltolódását illusztráljuk öt részidőszak segítségével. Mind nyáron, mind télen felismerhető, hogy



6. ábra. A ciklonátvonulások évszakos változásai a mediterrán térségben 1957–1966 és 1993–2002 között.

a vizsgálati időszak elején még az Adriai-tenger fölött húzódó ciklonpályák szétválnak egy kevésbé gyakori déli és egy gyakoribb északi ágra. Ez a folyamat a nyári hónapokban intenzívebben megfigyelhető.

A 6. ábrán a ciklonátvonulások rácsponi gyakoriságváltozásait kö-

vethetjük nyomon a mediterrán régióban az 1957–1966 és az 1993–2002 időszakban. A teljes időszak során a ciklonátvonulások száma növekedett nyáron és ősszel, míg kis mértékben csökkent télen és tavasszal.

A mérsékeltövi ciklonok intenzitásának komplex jellemzésére egy má-

sik paramétert használtunk fel. Az ún. Ciklon Aktivitási Indexet (CAI) Zhang *et al.* (2004) definiálta, az alábbiak szerint. (1) Minden földrajzi szélességre meghatározzuk a 45 éves tengerszinti nyomásértékek napi zonális átlagát. (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. Előzetes várakozásainknak megfelelően a CAI jól tükrözi a ciklonok fő vonulási útvonálát. A legnagyobb CAI értékek télen jelennek meg (Pongrácz *et al.*, 2006). A legmagasabb ciklon aktivitási indexű terület minden évszakban Grönland és Izland között található, ennél jóval alacsonyabb értékek jellemzik a Genovai-centrum környékét (Bartholy *et al.*, 2006). A CAI trendek részletes elemzéséről egy következő cikkben számolunk be.

4. Következtetések

Cikkünkben az ELTE Meteorológiai Tanszékén három éve folyó szinoptikus-klimatológiai vizsgálatok első eredményeit mutattuk be, melyekről más publikációkban már bővebben is beszámoltunk (pl.: Bartholy *et al.*, 2005, 2006; Pongrácz *et al.*, 2006). Kutatásaink során elemeztük az európai makrocirkulációs helyzetek XX. századi gyakoriságváltozásait, az Atlanti-Európai régió ciklonpályáinak, s a ciklonok intenzitásának változásait az 1957–2002 közötti időszakra vonatkozóan. A bemutatott vizsgálatok eredményei alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le.

1. A Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok közül számos esetén észleltünk szignifikánsan növekvő, illetve csökkenő gyakorisági trendet az utóbbi 120 évben.

2. A teljes atlanti-európai térségben átvonuló ciklonok vizsgálatát a cikloncentrumok eltérő mélysége és intenzitása miatt kettéválasztottuk a mediterrán régióra, valamint az attól északra fekvő északnyugati régióra.

3. A vizsgált 45 éves időszakban Grönland/Izland térségében erőtelje-

sen megnövekedett a ciklonok gyakorisága tavasszal és télen. Ezzel párhuzamosan nyáron és ősszel a cikloncentrumok kis mértékű áthelyeződését figyeltük meg. A ciklonok eltolódása Grönland esetén a sziget belseje felé, Izlandnál pedig keletebbre történt.

4. A mediterrán térségben erős csökkenő tendencia figyelhető meg tavasszal és télen. Ezzel párhuzamosan ősszel és még inkább nyáron a cikloncentrumok áthelyeződését detektálhatjuk a térségben. Nyáron a Tirrén/Ligur-tenger vidékén a ciklonok délnyugati irányba tolódtak el, valamint az Adriai-tenger déli részén a ciklonok gyakorisága markánsan megnövekedett.

5. Az 1957–2002 időszakban a ciklonaktivitás (CAI értékek alapján) télen erősebb volt, mint nyáron. A vizsgált térségben a legintenzívebb ciklogenezis Grönland és Izland környékére tehető.

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 és az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című, 2006/TKI/246 számú programja.

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., Pátkai, Zs., 2005: Analysis of the European cyclone tracks, the corresponding frontal activity, and changes in MCP frequency distribution. EMS Annual Meeting/ECAM 2005 – Abstracts, Vol. 2. European Meteorological Society. EMS05-A-00297.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2006: European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 datasets. Int. J. Climatology 26, 1517–1527.

van Bebber, W. J., 1891: Die Zugstrassen der barometrischen Minima nach den Bahnenkarten der Deutschen Seewarte für den Zeitraum von 1870–1890. Meteorol. Zeitschrift 8, 361–366.

Gibson, J. K., Kallberg, P., Uppala, S., Nomura, A., Hernandez, A., Serrano, A., 1997: ERA description. ECMWF Reanalysis Project Report Series 1, 77p.

Hess, P., Brezowsky, H., 1977: Katalog der Grosswetterlagen. Berichte Deutscher Wetterdienst Offenbach. 113 Bd 15.

Hodges, K. I., 1994: A general method for tracking analysis and its application to meteorological data. Mon. Wea. Rev. 122, 2573–2586.

Kallberg, P., Simmons, A., Uppala, S., Fuentes, M., 2004: The ERA-40 archive. ERA-40 Project Report Series No. 17.

Klein, W., 1957: Principal tracks and mean frequencies of cyclones and anticyclones in the Northern hemisphere. Research Paper No. 40. U.S. Weather Bureau, Washington.

Lambert, S.J., 1988: A cyclone climatology of the Canadian Climate Centre general circulation model. J. Climate 1, 109–115.

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.

Serreze, M. C., 1995: Climatological aspects of cyclone development and decay in the Arctic. Atmosphere-Ocean 33, 1–23.

Serreze, M. C., Carse, F., Barry, R., 1997: Icelandic low cyclone activity: Climatological features, linkages with the NAO, and relationships with recent changes in the Northern Hemisphere circulation. J. Climate 10, 453–464.

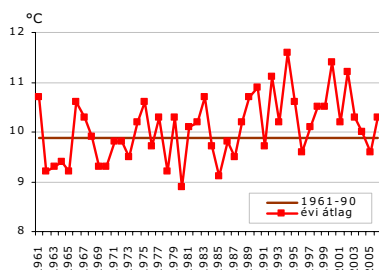
Zhang, X., Walsh, J.E., Zhang, J., Bhatt, U.S., Ikeda, M., 2004: Climatology and interannual variability of arctic cyclone activity: 1948–2002. J. Climate 17, 2300–2317.

**Bartholy Judit, Pongrácz Rita,
Pattantyús-Ábrahám Margit**

A 2006. év időjárása

A 2006. év országos átlagban 0,6 fokkal melegebb, és valamivel csapadékszegényebb volt a sokévi átlagnál – az év során azonban mind a hőmérséklet mind pedig a csapadék havi értékei jelentős változékonyságot mutattak.

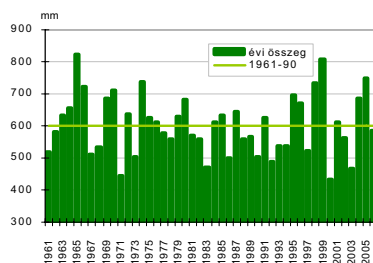
Az év folyamán minden évszak szolgált időjárási szélsőségekkel. Az év eleji nagy csapadékhózzam miatt februárban belvíz, tavasszal pedig az árvíz okozott komoly károkat (ld. Homokiné Ujváry Katalin: *Tavaszi ár a Dunán és a Tiszán (Légkör 51. 2. 2-5 old.)*) – az árvízi védekezést nehezítette, hogy a tavasz jóval csapadékosabb volt az átlagnál. Júniusban és júliusban egymást követték a hőségriadók, miközben hirtelen lehulló, nagymennyiségű, lokális csapadékok okoztak sártengert, például Budapesten, több alkalommal a nyár folyamán (részletesebb elemzések ld. Horváth Ákos: *Pusztító zivatarlancok (Légkör 51. 3., 16-19. old.)* és Homokiné Ujváry Katalin: *Viharos nyár Budapesten (Légkör 52.1. szám, 9–14. oldal)*). Az augusztus 20-i orkán erejű (120 km/órát meghaladó) szélben öten vesztették életüket, az anyagi kár milliárdos volt (ld. Horváth Ákos: *A 2006. augusztus 20-i budapesti vihar időjárási háttere (Légkör 51. 4., 24-26. old.)*). A 2006-os őszhöz hasonlóan meleg és egyben száraz őszre a mérések kezdete óta nem volt példa Magyarországon, de átlag feletti napi középhőmérsékletek és jóval átlag alatti havi csapadékösszeg jellemezték az év utolsó hónapját is.



1. ábra Az országos évi középhőmérsékletek és a sokévi (1961–90) átlag

2006-ban az országos évi középhőmérséklet 10,3 °C volt, ami 0,6°C-kal meghaladta az 1961–90-es 30 éves átlagot (1. ábra).

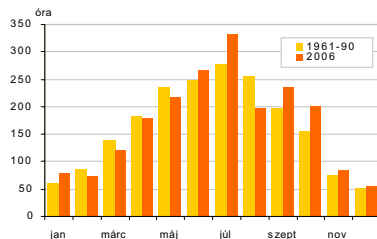
Az elmúlt évben országos átlagban 584 mm csapadék hullott, ami mintegy 5%-kal maradt el a sokévi átlagtól (2. ábra).



2. ábra Az átlagos évi csapadékösszegek és a sokévi (1961–90) átlag

Napfénytartam

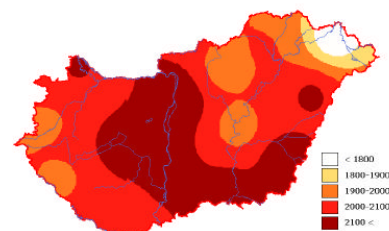
2006-ban az átlag 104%-ában, 2041 órán át sütött a nap hazánkban. A napsütéses órák számának havi értékeit mutatja be a 3. ábra. Február, március, április, május valamint augusztus kivételével átlag feletti mennyiségű napsütésben volt részünk az év során. A sokévi menet maximuma júliusban van, és 2006-ban is ez volt a legnaposabb hónap. A sokévi átlagértéktől az átlagnál hűvösebb és jóval csapadékosabb augusztus napfénymennyisége maradt el legnagyobb mértékben.



3. ábra A napsütéses órák havi összegei 2006-ban és 1961–90 között

Hazánk területén a napfénytartam éves összege átlagosan 1750 és 2050 óra között alakul. 2006-ban ez 1690 és 2180 óra közé esett az ország területén; az átlagosan 2041 óra 4%-kal haladja meg az 1961-90-es átlagértéket. Általában a Dél-Alföldön és Ba-

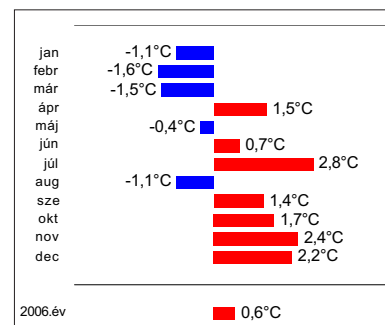
ranyában éri el a maximumát a napfénytartam, míg minimuma az Alpoknál és az ország északkeleti részén van. A napsütéses órák számának 2006. évi eloszlását mutatja a 4. ábra. A legnaposabb területek ezúttal az ország középső és délkeleti vidékein voltak, míg a legalacsonyabb értékeket az északkeleti határ mentén mérték.



4. ábra A napsütéses órák száma 2006-ban

Hőmérséklet

Az egyes hónapok területileg átlagolt anomáliái az 5. ábrán láthatók.



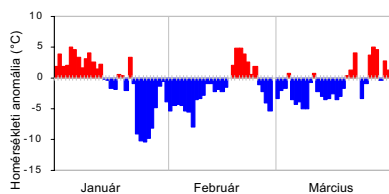
5. ábra Az országos havi középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól a 2006. évben

A 2006. év a szokottnál enyhébb idővel vette kezdetét, január közepéig valamivel átlag feletti alakultak a napi középhőmérsékletek. Jelentősebb lehűlés csak a hónap harmadik harmadában következett be, amikor két nap alatt 11 fokot zuhant a napi középhőmérséklet. A hó végi határozott negatív anomáliának köszönhetően január középhőmérséklete országos átlagban a normálnál 1,1 fokkal hidegebbnek, -3,2°C-nak adódott.

Február is az átlagnál hidegebb volt, középhőmérséklete országos átlagban -1,2°C-nak adódott, ami több

mint másfél fokkal elmarad a sokévi átlagértéktől. Egy egyhetes időszakot kivéve átlag alatt alakultak a napi középhőmérsékletek, azon a 16-ával kezdődő pár napon azonban kellemes, tavaszi, az átlagnál olykor 6–7 fokkal melegebb volt az idő, a délnyugati országrészben egészen 16–18 fokos maximumhőmérsékletekkel.

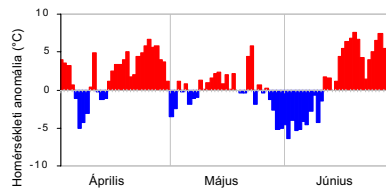
Március az év első két hónapjához hasonlóan több mint 1 fokkal hidegebb volt a sokévi átlagnál, a hónap középhőmérséklete országos átlagban 3,6 °C-nak adódott. A negatív anomália túlnyomórészt a március első felében uralkodó, az átlagosnál 3–5 fokkal hidegebb időszaknak volt köszönhető: március 20-ig a napi középhőmérséklet mindössze két napon haladta meg a normálértéket. A hónap végén aztán beköszöntött a tavasz, 27-én az északnyugati országrészben a 25 °C-ot is meghaladta a legnagyobb nappali felmelegedés.



Április másfél fokkal melegebb volt a szokásosnál, középhőmérséklete országos átlagban 11,9 foknak adódott. A hónap első felében még sűrűn váltogatták egymást a normálnál melegebb és hidegebb időszakok, 14-étől kezdve aztán egészen a hónap végéig kellemes, késő tavaszi, az átlagnál esetenként 5–7 fokkal melegebb időben volt részünk.

Májusban elkerültek minket az elmúlt években már megszokottá vált kora nyári nagy melegek. A napi középhőmérsékletek a hónap folyamán átlag körül ingadoztak. Országos átlagban május középhőmérséklete a sokévi átlagtól mindegy fél fokkal maradt el. A hónap leghidegebb napja 1-je volt, amikor a legnagyobb nappali felmelegedés az ország nagy részén nem haladta meg a 12–15 fokot. Május legmelegebb napján (23-án) ezzel szemben országsszerte 26–32°C-os maximumhőmérsékletet regisztráltak.

Június időjárására kettősség volt jellemző: a hónap első felében az átlagnál 5–6 fokkal hidegebb, 14-étől kezdve azonban a megszokottnál esetenként 6–8 fokkal is melegebb volt az idő. Június legvégén nagy viharokkal érkezett a lehűlés, összességében azonban június középhőmérséklete az átlagnál 0,7 fokkal magasabb volt, 19°C-nak adódott. A hónap végi kánikula miatt 22-étől kezdve közel egy hétig hőségriadó volt életben az ország területén, de nappali csúcshőmérsékleti rekord nem született. 26-án éjszaka megdőlt a július 26-ra vonatkozó éjszakai melegrekord: Budapesten 23,1 °C-os éjszakai minimumhőmérsékletet regisztráltak (a korábbi rekord 21,5°C volt).

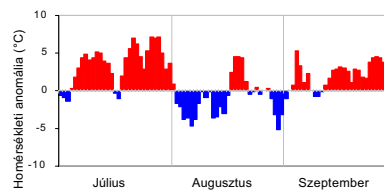


Július közel 3 fokkal melegebb volt a sokévi átlagnál, ez országosan 22,8°C-nak adódott. A napi középhőmérséklet a hónapnak mindössze 4 napján maradt el a normáltól, a hónap túlnyomó részében a szokásos napi középértéket 4-8 fokkal meghaladó hőmérsékleteket regisztráltak. A hónap során a kánikula miatt többször rendeltek el hőségriadót, mégis mindössze egy melegrekord született: Budapesten július 22-én 36,9 Celsius fokot mértek, és ezzel megdőlt az 1998. július 22-én mért 36 fokos akkori rekord.

Augusztus középhőmérséklete több mint egy fokkal elmaradt a sokévi átlagértéktől, az anomália ugyanakkor nem volt egyenletes országon belül. Az északkeleti országrészben a hónap csak 0,3-1 fokkal, a délnyugati régióban viszont helyenként 1,6 fokkal is hűvösebb volt az ilyenkor megszokottnál. Augusztus nagy részében átlag alatt alakultak a napi középhőmérséklet értékek, több napig tartó meleg időszakra csak a 20-át megelőző héten volt példa. 20-án este aztán komoly viharral ér-

kezett meg a lehűlés, Budapesten a 120 km/órát meghaladó (orkán erejű) széllekeések következtében 5 ember vesztette életét.

Szeptember időjárása kellemesen alakult, a hónap középhőmérséklete országos átlagban 1,4 fokkal volt magasabb az ilyenkor szokásosnál, 17,1°C-nak adódott. Mindössze 5 nap középhőmérséklete maradt el a sokéves átlagértéktől. Viszonylag sok volt a nyári nap (legtöbb (15–20) az ország délkeleti vidékein, legkevesebb (0–4) a hegyvidéki területeken), sőt a hónap során még hőségnapot is regisztráltak, a déli és délnyugati régióban, 1 alkalommal.

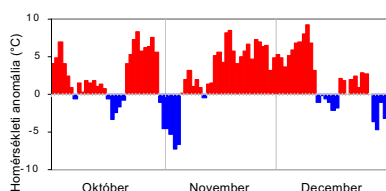


Október időjárása is kellemesen alakult, a hónap országos átlagban közel 2 fokkal melegebb volt, mint a sokévi átlag. A havi középhőmérsékletek országon belüli eloszlása ezzel együtt nem volt egyenletes: a pozitív anomália a nyugati országrészben helyenként a 3 fokot is meghaladta, míg a keleti régió egyes vidékein a másfél fokot sem érte el. A hónap első hetében valamint utolsó dekádjában nem voltak ritkák az átlagot 6–10 fokkal meghaladó napi középhőmérsékletek sem.

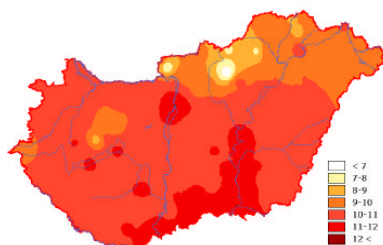
November az őszi másik két hónapjához hasonlóan melegebb volt az ilyenkor szokásosnál, országos átlagban mindegy 2,4 fokkal. Országon belül ezzel együtt voltak eltérések: míg a déli és keleti országrészekben helyenként csak 1,5–2 fokos volt az anomália, addig az ország nyugati csücskében az átlagtól való eltérés esetenként meghaladta a 3 fokot is.

Az év utolsó hónapja is melegebb volt a szokásosnál, országos átlagban 2,2 fokkal. A déli országrész volt kevésbé enyhe (itt az átlagnál csupán 1,5–2,5 fokkal volt melegebb a december), míg az északi és nyugati területeken helyenként a 3 fokot is meghaladta a havi középhőmérséklet sokévi átlagtól vett eltérése. Ez a po-

zítív anomália nagyrészt a hónap első dekádjában tapasztalható, átlagnál 4–9 fokkal melegebb időszaknak volt köszönhető, amikor is 3 napon is melegrekord született. December 6-án Mázán 19,1°C-kal, 8-án Homokszentgyörgyön 18,5°C-kal, míg 9-én Agárdon 18,2°C-kal dőlték meg a korábbi rekordok.



2006-ban az országos évi középhőmérséklet 10,3 °C volt, ami 0,6 °C-kal meghaladta az 1961–90-es 30 éves átlagot. Az országon belül 6,2°C és 12,2°C között alakultak az évi középhőmérséklet értékek (6. ábra).



6. ábra A 2006. évi középhőmérséklet (°C)

A hőmérsékleti küszöbnapok száma tavaly nagyjából a sokévi átlagnak megfelelően alakult: a meleg küszöbnapok száma némileg meghaladta a normálértékeket, a hideg küszöbnapok száma pedig valamivel elmaradt azokról.

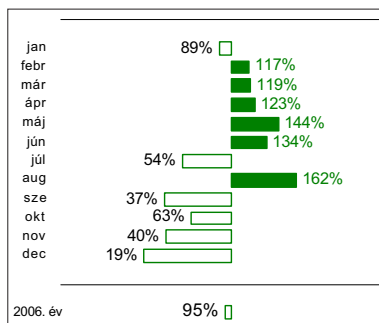
2006-ban országos átlagban 29 nap volt téli, 1 nappal több mint a szokásos, és 11 nap zord, ami a szokásosnak megfelelő érték. Nulla fok alatti hőmérséklet 95 napon fordult elő – a 30 éves átlagérték 97 nap.

2006-ban átlagosan 71 nyári nap volt, ami 2 nappal több, mint a szokásos. A hőségnapok száma 29 volt, ami 13 nappal haladja meg az átlagos 16-ot. Tavaly átlag 1 forró napunk volt, ami megfelel az 1961–1990-es időszak átlagának.

Csapadék

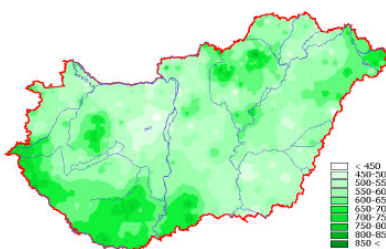
Az elmúlt évben országos átlagban 584 mm csapadék hullott, ami mintegy 5%-kal maradt el a sokévi átlag-

tól. Az év 6-6 hónapjában fordultak elő átlag alatti illetve feletti csapadékmennyiségek, a legjelentősebb anomáliákat augusztusban és decemberben regisztrálták (7. ábra).



7. ábra Havi csapadékösszegek 2006-ban az 1961–1990-es normál százalékában

Az éves csapadékmennyiség országon belüli eloszlása nagyjából a sokévi átlagnak megfelelően alakult, azaz a különbséggel, hogy az ország legcsapadékszegényebb vidékei 2006-ban a Velencei tó és környéke és a délkeleti országrész voltak, amelyek az év során az átlagnál kevesebb csapadékmennyiségben részesültek. A legcsapadékosabb országrészek a dél-dunántúli valamint a hegyvidéki területek voltak. Az év során a legkevesebb csapadék (402 mm) Bódvarákó térségében hullott, a legnagyobb csapadékösszeget pedig (887 mm) Budapest-Rákócscsaban regisztrálták (8. ábra).



8. ábra A 2006. évi csapadékösszeg (mm)

Január csapadékhozama valamivel átlag alatt alakult, a csapadékhullás területi eloszlása azonban nem volt egyenletes. Míg a nyugati, északnyugati országrész a normál közel kétszeresének megfelelő csapadékmennyiségben részesült, az ország keleti felében a sokévi átlagnak csupán 60–80%-a hullott. A hónap során esőzésre és ónos esőre is volt példa,

de a jellemző csapadék a hó volt. A hónap eleji, átlagot jóval meghaladó mennyiségű eső és havazás miatt összesen közel 400 kilométeren rendelkeztek el árvízvédelmi készültséget az országban, és több mint 70 ezer hektáron alakult ki súlyos belvízhelyzet. A hónap második felében az átlagnál kevesebb csapadék hullott, de az erős, helyenként viharos szél miatt többfelé voltak hóviharak, hófúvások, amelyek következtében sok út járhatatlanná és több falu megközelíthetlenné vált.

Február országos átlagban a szokásosnál közel 20%-kal csapadékosabb volt, a csapadékhozam területi eloszlásában azonban nagyok voltak a különbségek. Míg a nyugati országrészben az átlagnak csupán 60–80%-a, addig az ország keleti régióiban a szokásos mennyiség 2–3-szorosára hullott. Február mindegyik napján előfordult csapadékhullás az ország területén: a hónap közepi-végi enyhébb időszakot kivéve február jellemző csapadéka a hó volt, de ónos esőt is többször regisztráltak. A hónap egészében komoly károkat okozott a belvíz, február végére több mint százötvenezer hektár mezőgazdasági terület került víz alá.

Március is csapadékosabb volt az átlagnál, országos átlagban mintegy 20%-kal. A csapadékhozam területi eloszlásában azonban markáns különbségek mutatkoztak: míg az ország középső és nyugati vidékein a normálnak 70–120%-a hullott le, az északkeleti országrész csapadékhozama egyes területeken az átlag kétszeresét is elérte. A hónap első felének jellemző csapadéka még a hó volt, az országos havazások, orkán erejű széllel párosulva komoly fennakadásokat okoztak.

Április az árvizek jegyében telt, először a Duna, majd a Tisza és a Körösök mentén kellett elrendelni a legmagasabb, rendkívüli fokozatú árvízvédekezési készültséget. A védekezést nehezítette, hogy április országos átlagban a szokásosnál több mint 20%-kal csapadékosabb volt, bár a csapadék időbeli és térbeli eloszlása

nem volt egyenletes. A havi csapadékmennyiség közel fele a hónap utolsó hetében hullott, és míg az ország nagy részén átlag feletti volt a csapadékhözam, addig az északi-középső régióban a szokásos mennyiségnek csupán 40–80%-a hullott.

Május is jóval (több mint 40%-kal) csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, a csapadékhözam országban belüli megoszlása ezzel együtt megint nem volt egyenletes. A Dunántúl középső területein valamint a nyugati határszélen átlag körül (valamivel alatta) alakult a havi csapadékösszeg, míg az Északi-középhegység területén illetve a délnyugati országhatár mentén helyenként az ilyenkor szokásos összeg kétszeresét is meghaladta. Az évszaknak megfelelően a havi csapadékmennyiség döntő többsége zivatartevékenységből származott, csendes, áztató eső május folyamán csak egy-két napon fordult elő.

Június szintén csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, több mint 30%-kal. Amíg azonban az ország középső részén a szokásos csapadékmennyiség 150-230%-a hullott le, az északkeleti valamint északnyugati vidékeken helyenként a normálértéket sem érte el a csapadékhözam. A hónap eleji nagy esőzések, valamint a május végi nagy csapadékok június első felében komoly áradásokat okoztak országszerte, a hónap végén pedig hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadékot szállító lokális esőzések változtattak sártengerré egész városrészeket Budapesten. Június 22-én Miskolcon tornádót észleltek, a június végi viharos időjárás következtében pedig több patak kilépett a medréből, a szél fákat tépett ki, tetőket rongált meg.

Július, megszakítva az év eleje óta tartó tendenciát, csapadékszegény volt: az ilyenkor szokásosnak csak a fele hullott le a hónap folyamán. Az ország nyugati felében volt nagyobb a szárazság, ott a havi csapadékmennyiség helyenként mindössze 30%-a volt a sokévi átlagnak, míg a legcsapadékosabbnak a keleti országrész bizonyult, ahol a normál 70%-a is lehullott. A hőséget néhol jégeső és he-

ves vihar váltotta. Július 22-én egy ember meghalt és három megsebesült, amikor a viharos szél leszakított egy világító transzparenst. Júliusban többször fordult elő jégzápor is, de hirtelen lezúduló nagy csapadékok is komoly károkat okoztak. Július 24-én egy heves záport követően 70 tonna iszapot kellett a budai utakról eltávolítani.

Augusztus csapadékhözama több mint másfélszerese volt a sokévi átlagnak, jórészt nagy csapadékot adó lokális zivataroknak köszönhetően. Ennek megfelelően a csapadékhözam átlagtól való eltérése igen változatosan alakult az országban belül: egyes területeken a normálérték kevesebb, mint 150%-a, máshol közel 300%-a hullott le a hónap folyamán. A hónap legnagyobb napi csapadékhözamát augusztus 1-jén regisztrálták, amikor Budapesten és vonzáskörzetében egy nap alatt 70-90 mm csapadék hullott (az augusztus havi átlagos csapadékhözam 76 mm).

Szeptember csapadékszegény volt 2006-ban, az ilyenkor szokásos csapadékmennyiségnek országos átlagban csupán a 37%-a hullott le a hónap folyamán. A havi összeg az ország egy-két pontján ugyan meghaladta az átlagot, jellemzően azonban csak 20-60%-a volt a szeptemberben szokásos csapadékmennyiségnek.

Október szárazabb volt a megszokottnál, csapadékhözama alig több mint fele volt az ilyenkor szokásosnak. A havi csapadékösszeg országban belüli eloszlása határozott észak-északnyugat, dél-délkelet irányú eloszlást mutatott. Az ország északi-északnyugati vidékein a csapadékhözam a normál 30-50 százaléka körül mozgott, délen-délkeleten ellenben az átlagos havi csapadékösszeg 80-90%-a volt a sokévi átlagnak, sőt egyes területeken meghaladta az átlagot. Október viharos időjárással búcsúzott, a 60–100 km/órás széllekeések fákat csavartak ki, egy ember életét vesztette.

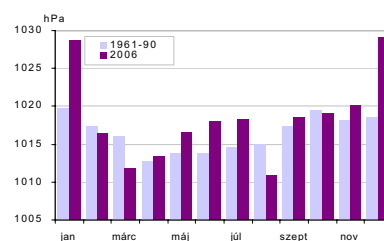
November szintén szárazabb volt a szokásosnál: országos átlagban a no-

vemberi csapadékhözam csak mintegy 40%-a volt a sokévi átlagnak. Legszárazabbnak az ország középső és északi területei bizonyultak, ahol az átlagos csapadékösszegnek csupán 20-30%-a érkezett meg, míg a délkeleti régióban helyenként a normál 70%-ának megfelelő csapadék is lehullott. A november jellemző csapadéka az eső volt, de országszerte 1-2 napon havazást is regisztráltak.

December jóval csapadékszegényebb volt a sokévi átlagnál, országosan a havi csapadékösszegnek csak mintegy 19 százaléka hullott le a hónap során. Legszárazabb az ország középső régiója volt, míg legtöbb csapadék a délkeleti országrészben hullott. A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de – főleg az ország keleti felében – 3-4 napon havazást is regisztráltak, igaz, a lehullott hó 1-2 napnál tovább sehol sem maradt meg.

Légnymás

A légnymás átlagos értéke a nagytérségi időjárási képződmények gyakoriságát jellemzi. A tengerszinti légnymás átlagos- és 2006. évi menetét mutatja be a 9. ábra oszlopdiagramja.

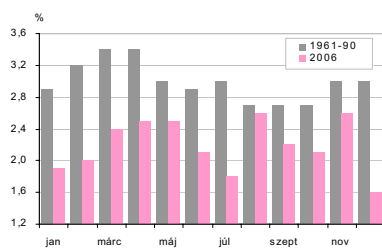


9. ábra A tengerszinti légnymás havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen

Az átlagos évi menetben kettős hullám látható. A főmaximum januárban van, a másodmaximum októberben. Ezeket a hónapokat jellemzi az anticiklonok gyakori előfordulása. A minimumok áprilisban, illetve novemberben jelentkeznek, amikor nagyobb a ciklongyakoriság. A 2006. évi átlagokat reprezentáló oszlopok azt mutatják, hogy a szokatlanul hangsúlyos főmaximumok decemberben valamint januárban voltak. 2006-ban 2 minimum fordult elő a légnymás havi átlagában, márciusban, majd augusztusban.

Szél

Az átlagos szélesség alapján hazánkat mérsékelt szél területnek minősíthetjük. A szélesség évi átlagai 2–4 m/s között változnak. Jellegzetes a szélesség évi járása (10. ábra), legszelesebb időszakunk a tavasz első fele (március, április hónapok), míg a legkisebb szélességek általában ősz elején tapasztalhatók.



10. ábra A szélesség havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen

A 10. ábra alapján elmondhatjuk, hogy a szokásosnál sokkal kevésbé volt szeles a 2006. év időjárása Budapest-Pestszentlőrincen, és az évi menet sem a sokévi átlagnak megfelelően alakult. A tavaszi maximum áprilisra tolódott, de értéke így

is elmaradt a sokévi átlagtól, a nyári másodmaximum augusztusban következett be. Az ősz végén általában tapasztalható nagyobb szélességek 2006-ban novemberben jelentek.

Összeállította: **Schlanger Vera**

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései szerint a 2006-os év szélsőségei, a mérés helye és ideje:

- A legmagasabb mért hőmérséklet: 36,9 °C, Budapest, július 22.
- A legalacsonyabb mért hőmérséklet: -25,1 °C, Milota, január 24.
- A legnagyobb évi csapadékösszeg: 887 mm, Budapest-Rákosszába
- A legkisebb évi csapadékösszeg: 402 mm, Bódvarákó
- A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg: 107 mm, Nógrádszakál, június 27.
- A legvastagabb hótakaró: 92 cm, Kékestető, március 14.
- A legnagyobb évi napfényösszeg: 2178 óra, Békéscsaba
- A legkisebb évi napfényösszeg: 1692 óra, Kisvárd

OLVASTUK

Újkeletű madárjóslatok

A madárjósítás az ókor egyik legismertebb jóvendölési módszere volt. Napjainkban megfordult a helyzet: nem a madarak röptét használja az ember a jóvendő eseményeinek megsejtéséhez, hanem a madarak röptének előrejelzése alapján igyekszünk elkerülni sajnálatos eseményeket: légibaleseteket. Holland kutatók azt vizsgálták az elmúlt években, hogyan függenek egyes madárfajok repülési szokásai az időjárási feltételektől. Mivel az ornitológusok csak a költöző madarak szokásait vizsgálták eddig, a meteorológusok speciális radarmérések segítségével állítottak össze adatbázist több mint egy tucat madárfaj reptének szokásos irányáról és magasságáról. A fajok azonosítására kétféle módszert dolgoztak ki: vagy a radar mellé felszerelt, a radarsugárral párhuzamosan pásztázó nagyfelbontású videokamerán azonosították a madár alakját, vagy a szárnycsapások gyakorisága alapján végeztek el a meghatározást, a madarak reptére vonatkozó ornitológiai leírások alkalmazásával. A kísérletsorozat végén sikerült megállapítani, hogy az egerészölyv, a sarlós fecske és a dankasirály emelkedik a legnagyobb magasságokba. A madarak repülési szokásai leginkább a léghőmérséklettől, a relatív nedvességtől, a hirtelenségektől és a planetáris határréteg magasságától függenek. Egyes becslések szerint a közforgalmú és katonai repülőgépeken évente több milliárd dolláros anyagi kárt okoznak a madarak, és sajnos tragikus következménye

is lehet annak, ha repülőgép madárral ütközik, és a tetem bekerül a hajtóműbe. A most lezárt kísérletsorozat eredményei alapján az időjárási helyzet függvényében előrejelzéseket lehet készíteni a madarak repülési szokásairól, és ezzel a remények szerint csökkenteni lehet az ütközés kockázatát.

A téma fontosságát az is jelzi, hogy a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) szakmai közreműködésével 9 pontból álló ajánlás készült arról, hogyan lehet csökkenteni repülőterek körzetében a madárral történő ütközés kockázatát. Az ajánlások kitérnek például a személyzet szakszerű felkészítésére, és arra is, hogyan kell a növényzetet gondozni a repülőtéren és annak körzetében.

<http://www.int-birdstrike.com>

Bulletin of the American Meteorological Society, 2006. január

Gyuró György

HELYESBÍTÉS

A Léggör 2006.4. számának 34. oldalán a 6. ábra felső és alsó fele felcserélődött. Ugyanezen az oldalon a labilitási indexek C betűi elől lemaradtak a ° jelek. A hibákért az olvasók és a szerző elnézését kérjük. (A szerk.)

A felszín-légkör kölcsönhatások számszerűsítése kombinált talajnedvesség-előrejelző modell segítségével

Modellezés és oktatás

Napjainkban a korszerű időjárás-előrejelzés elképzelhetetlen a numerikus vagy más néven számszerű előrejelzési modellek eredményei nélkül. Ezek a modellek a légkör későbbi állapotait számszerű formában, egzakt módon adják meg hidrodinamikai és termodinamikai összefüggések matematikai absztrakciói alapján. Az előrejelzések pontossága erősen függ a fizikai folyamatok leírásának pontosságától, azaz az alkalmazott matematikai absztrakcióktól, vagy más néven a parametrizációktól. A modellezés haszna nemcsak a rendszer későbbi állapotainak előrejelezhetőségében rejlik, de a folyamatok mélyebb megértéséhez is hozzájárul.

Az ELTE TTK meteorológus szakán, az agrometeorológia tárgy gyakorlati feladataként két felszín-légkör modell megalkotása is szerepel. Az első feladat egy determinisztikus, diagnosztikai felszín-légkör modell létrehozása, amely a Penman-Monteith koncepcióra* épül és alkalmas a talaj-növény-légkör rendszer energia- és anyagáramainak számszerűsítésére, illetve a rétegződést jellemző stabilitási paraméter – a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz* – megadására, állandó talajnedvesség értékek mellett. A második feladat egy talajnedvesség előrejelző modell megalkotása, amely a Richards egyenleten alapul, és az energia- és anyagáramok alapján prognosztizálja a talajnedvességet, neutrális rétegződés esetén. A továbbiakban ezt nevezzük egyszerű talajnedvesség modellnek. Kézenfekvőnek tűnt a két modell összekapcsolása, és az így kapott kombinált talaj-növény-légkör modell vizsgálata. A vizsgálatokat az egyszerű és a kombinált modell eredményeinek összehasonlításával, különböző parametrizációk és talajszerkezetek alkalmazása mellett végeztem el. Mivel a munka során nemcsak a konkrét feladatok egyszerű megoldására koncentráltam, ezért a fizikai tartalom értelmezése mellett a modellezés szépségeinek, illetve buktatóinak részletes megismerésére is alkalmam nyílt.

Kezdeti és határfeltételek megadása és a Monin-Obukhov-féle úthossz

A fenti modellekkel folytatott kísérletek során mind a hőáramok, mind a talajnedvesség kiszámításához kezdeti és határfeltételekre van szükségünk. A futtatás indításakor meg kell adni a talajnedvesség kezdeti értékét különböző nedvességi karakterisztikáknak megfelelően, illetve a felszínre vonatkoztatott határfeltételeket különböző felszíntípusok esetén. A felszíni határfeltételeket jelen esetben a talajra és növényzetre vonatkozó állandó karakterisztikák

képezték. Ezeket a vizsgálandó talajtextúrának megfelelően definiálhatjuk, így gyakorlatilag minden előforduló talajféleséget modellezni tudunk. A modellnek szüksége van – minden időlépcsőben – a légköri határfeltételekre is, melyek a braunschweigi szinoptikus állomáson mért 1992-es adatsorból származtak.

A légköri és a felszíni határfeltételek megadása még nem elegendő a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz (a továbbiakban L_{mon}) és az általa jellemzett légköri rétegződés egyértelmű meghatározásához, mivel kiszámításához szükség van a turbulens hőáramok értékeire, amelyek L_{mon} függvényei, így az energiaáramokat számszerűsítő egyenletrendszer megoldása hagyományosan nem állítható elő. A probléma kezelésére iterációs eljárást kell alkalmaznunk, azaz neutrális rétegződés mellett számítani kell L_{mon} értékét, azt behelyettesítve az egyenletrendszerbe kiszámítani a hőáramokat, majd az azokból számított újabb L_{mon} értéket visszahelyettesítve addig ismételni az eljárást a megfelelő rétegződés figyelembevételével, amíg nem teljesül a klasszikus konvergencia kritérium.

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \in \mathbb{N} : |a_n - \alpha| < \varepsilon \quad \forall n \geq N$$

Jelen esetben a fenti összefüggés az

$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \in \mathbb{N} : |L_{mon,n} - L_{mon}| < \varepsilon \quad \forall n \geq N$ alakot ölti, ahol $L_{mon,n}$ az n -edik iterációs lépés eredményeként kapott Monin-Obukhov-féle hossz, L_{mon} pedig a sorozat határértéke, azaz a meghatározandó Monin-Obukhov hossz. Az ε tetszőlegesen kicsi számot mi határozzuk meg, befolyásolva ezzel az iteráció pontosságát (a bemutatásra kerülő modell $\varepsilon = 10^{-4}$ -nel számol). A tapasztalataim szerint a konvergencia erősen függ a légköri állapothatározók értékétől, vagyis eltérő számú iterációs lépést kell alkalmaznunk különböző időjárási helyzetek esetén. Az is előfordulhat, hogy az eljárás nem konvergens, tehát divergens illetve ennek egy speciális esete, azaz oszcilláló. Ezekben az esetekben alkalmazhatunk iteráció stabilizálást, így elérhetjük, hogy az iteráció konvergens legyen. Ebben a modellben az egyszerű, ún. alulrelaxálást (Szatmáry, 2005) alkalmaztam. Lényege, hogy ha egy előre meghatározott indexig (a modellben $n = 30$) nem teljesül a konvergencia kritérium, akkor a következő iterációs lépésbe az $L_{mon,n}$ helyébe a két előző lépésben kapott eredmény számtani közepét helyettesítjük, azaz

$$L_{mon,n+1} = \frac{L_{mon,n} + L_{mon,n-1}}{2}.$$

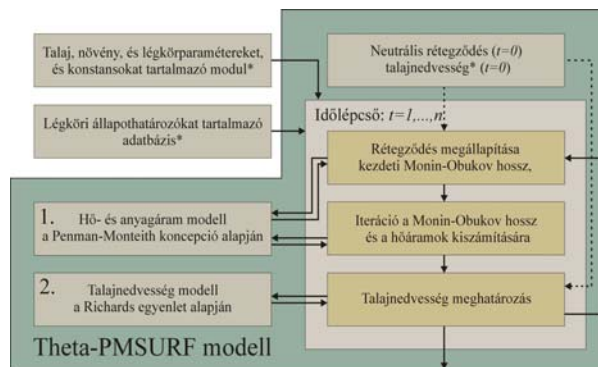
Az iteráció eljárás stabilizálása az alulrelaxálás módszerével általában már 2-3 további lépés után konvergenciához vezet, azonban az eredményt óvatosan kell kezelni.

Megvizsgálva az egyszerű és a stabilizált iterációval kapott végleges L_{mon} értékek eltérését csupasz, illetve növényzettel borított talaj esetén, a következőket tapasztaljuk. Az eltérések kicsik, leggyakrabban 10^{-5} és 10^{-4} közé esnek, azaz összemérhetőek az iteráció pontosságával. Az iterációs eljárás kezdeti feltételekre való érzékenysége nem befolyásolja nagymértékben modellünk működését, hiszen a Monin-Obukhov karakterisztikus úthosszat modellünkben elsősorban a légköri stabilitás jellemzésére használjuk, azaz a rétegződés neutrális, stabilis, illetve instabilis jellegére következtetünk nagyságából. A vizsgálatok során nem fordult elő olyan eset, amikor az iteráció stabilitása befolyásolta volna a helyes rétegződés megállapítását, azaz az approximáció során egyik esetben sem változott a rétegződési kategória. Hogy miért ennyire fontos a rétegződés jellegének figyelembe vétele a kombinált felszín-légkör modellben, azt a következőkből meg tudhatjuk.

A Theta-PMSURF felszín-légkör modell

Ahogy az a bevezetőből is kiderült, a kombinált (Theta-PMSURF) modell egy talaj-növény-légkör rendszer energia- és anyagáramait számszerűsítő, és egy talajnedvesség előrejelző modell összekapcsolásával született meg. Mivel a Légkör című folyóirat hasábjain számos írás jelent meg mindkét modellel kapcsolatban, ezért nem részletezném azokat, csak főbb jellemzőiket, és az általam végzett módosításokat említeném. Az első modell a Penman-Monteith koncepcióra épül, és alkalmas a talaj-növény-légkör rendszer energia- és anyagáramainak számszerűsítésére, és a rétegződést jellemző stabilitási paraméter – a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz – megadására, állandó talajnedvesség értékek, különböző talajparaméterek, csupasz, illetve növényzettel borított felszínnek mellett (Czúcz és Ács, 1999; Ács és Drucza, 2003; Hágel és Ács, 2003). Ennek a modellnek az a hátránya, hogy a talajnedvesség állandó értéként van definiálva, pedig az – mint látni fogjuk – nem tekinthető konstansnak. A második egy talajnedvesség előrejelző modell, amely a Richards egyenleten alapul, és a csupasz talaj energia- és anyagáramai alapján prognosztizálja a talajnedvességet, neutrális rétegződés esetén. A második modell esetében többféle parametrizációt alkalmazhatunk a felszíni ellenállás, illetve a talajrétegek közötti vízvezető-képességek átlagának kiszámítására (Ács, és Löke, 2001; Ács és társai, 2005). A felszíni ellenállás számítására Sun (1982), illetve Dolman (1993) empirikus formuláit használhatjuk, míg a talajrétegek közötti vízvezető-képesség átlagait képezhetjük súlyozott számtani, illetve mértani átlagolással. Ennek a második modellnek az egyik hiányossága, hogy neutrálisnak tekinti a rétegződést, így a légköri paraméterek által leírt (valóshoz legközelebb álló), és a modell által feltételezett rétegződés nem konzisztens. A másik hiányosság az, hogy a Sun és a Dolman parametrizáció egyaránt a

csupasz talajra vonatkozik, így a növényzettel borított talaj vizsgálatára nincs lehetőség. A fenti hiányosságok pótlása, és a két modell előnyeinek ötvözése motiválta a kombinált modell megszerkesztését, melynek sematikus működését az 1. ábrán látható blokk-vázlat szemlélteti.



1. ábra A kombinált modell sematikus működési vázlata

Futtatások

A futtatásokat különböző esetekre végeztem el, eltérő parametrizációkkal, különböző talajtextúrák mellett, csupasz talaj esetén, egy adott kezdeti nedvességérték ($0,18 \text{ m}^3/\text{m}^3$) mellett. A felszíni ellenállást Sun (1982) és Dolman (1993) összefüggései alapján, a talajvízáramok átlagait mértani és súlyozott számtani átlagolással parametrizáltam. Sun empirikus formulájában a felszíni ellenállás

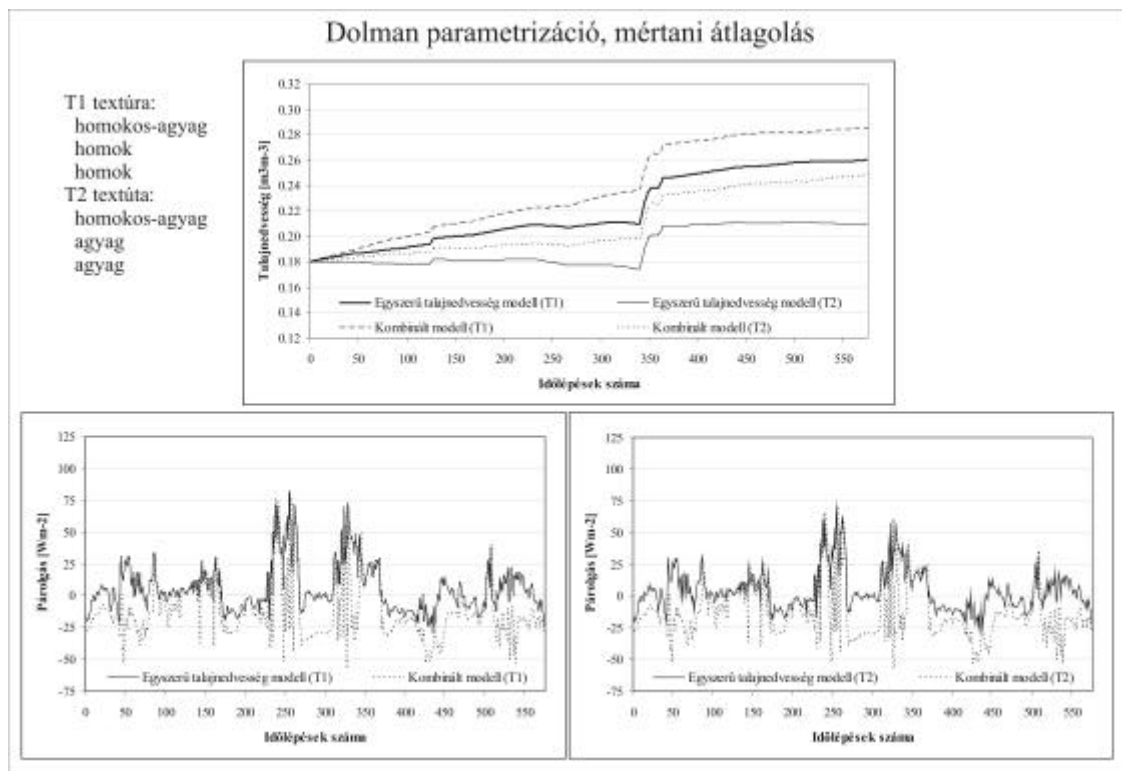
$$r_b = c_1 + c_2 \cdot \frac{\theta_{s1}^{c_3}}{\theta_1}$$
 alakban, míg Dolman összefüggésében az $r_b = c_2 \cdot \theta_1^{c_3}$ alakban írható. A képletekben c_1, c_2, c_3 konstansok, míg θ_{s1} és θ_1 a felszíni talajréteg telítési, illetve valódi talajnedvessége.

Ezeket a T1: Homokos-agyag, homok, homok, és a T2: Homokos-agyag, agyag, agyag textúra kombinációkra vonatkozóan vizsgáltam. Az így kapott eredményeket az egyszerű talajnedvesség modellel kapott értékekhez hasonlítottam.

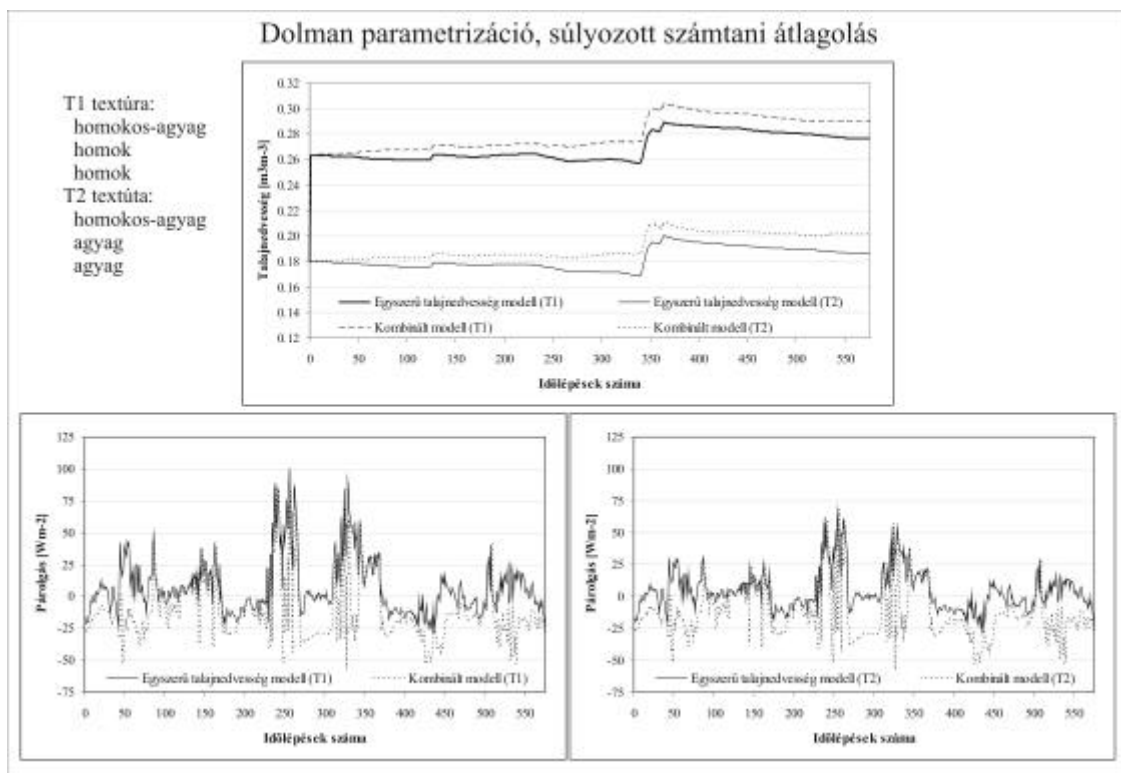
Az összehasonlításból kiderül, hogy a kombinált modell és az egyszerű modell között a talajnedvesség-tartalom értékeiben csekély, a párolgási értékekben viszont jelentősebb különbségek vannak (2-5. ábra). A következőkben nézzük meg részletesen a két modell különbségeit, az alkalmazott parametrizációk és a különböző textúrák függvényében.

Az egyszerű és a kombinált modell eredményei

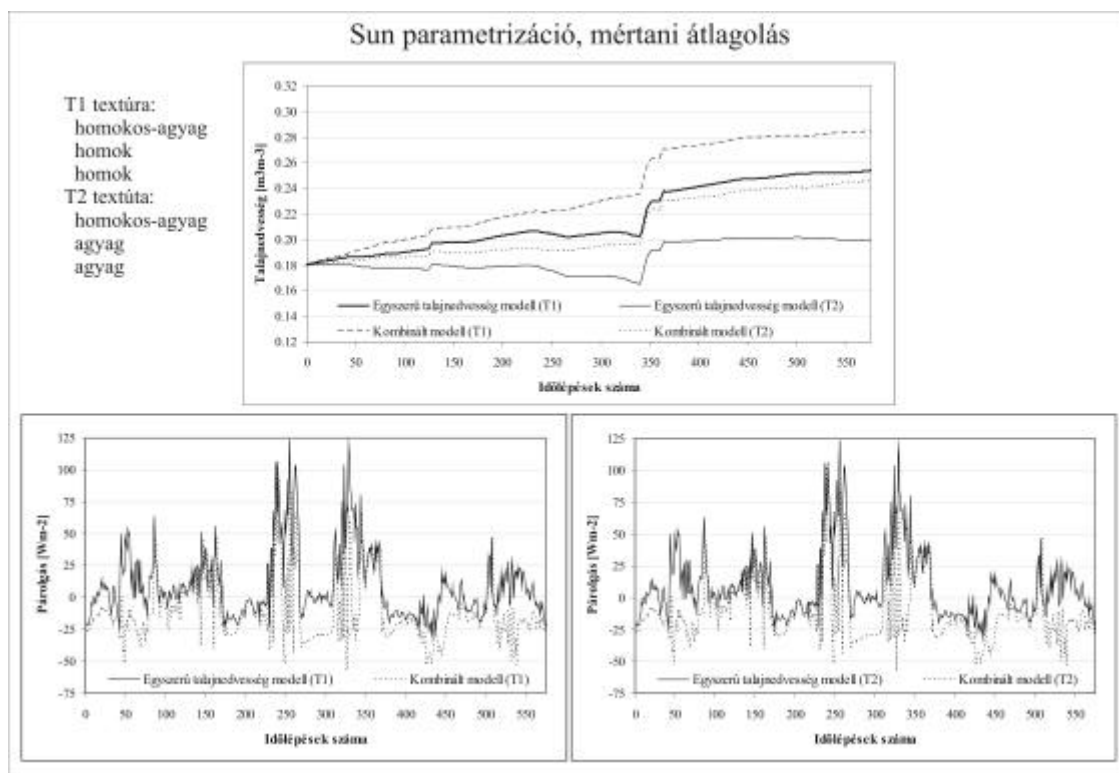
A kombinált modell a talajnedvességet minden esetben kisebbre becsüli, mint az egyszerű modell, tehát azonos textúrákat vizsgálva kisebb értékeket tapasztalunk. Minden esetben szembetűnő a modellek csapadékkal szembeni érzékenysége, melyet a 350. időlépcső környékén láthatunk az ábrákon. A különböző textúrák (T1, T2)



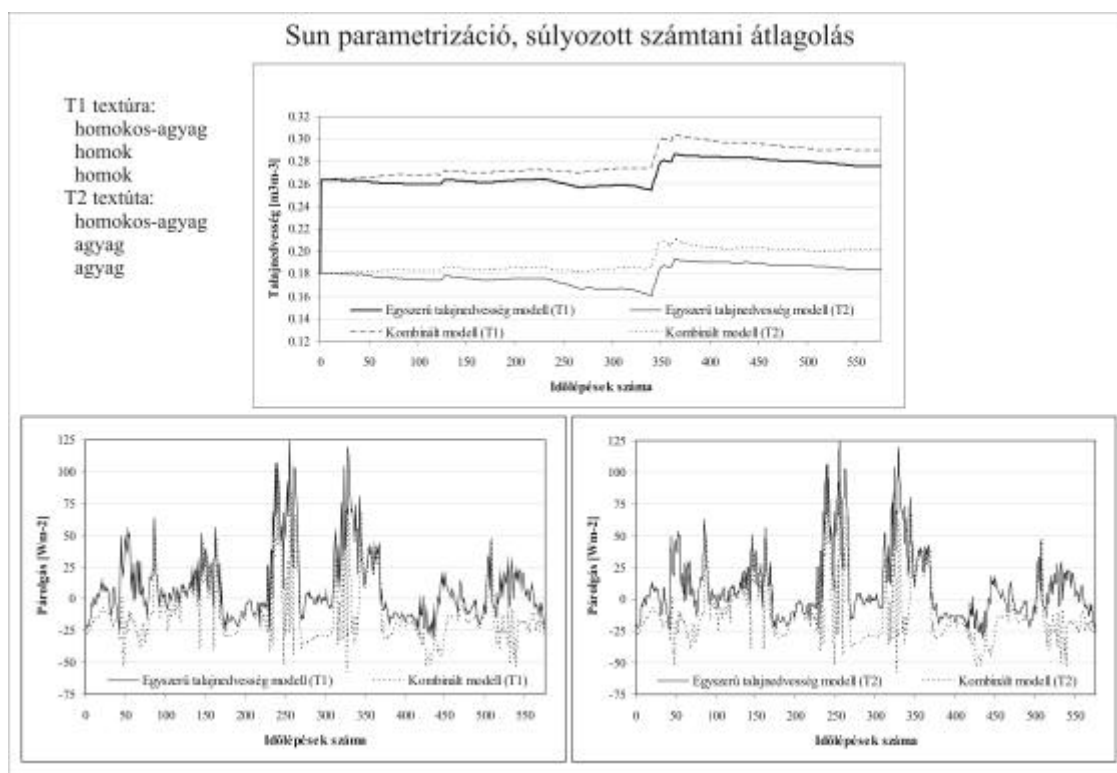
2. ábra Dolman parametrizációval számított talajnedvesség és párolgás értékek mértani átlagolással, különböző textúrák esetén



3. ábra Dolman parametrizációval számított talajnedvesség és párolgás értékek súlyozott számtani átlagolással, különböző textúrák esetén



4. ábra Sun parametrizációval számított talajnedvesség és párolgás értékek mértani átlagolással, különböző textúrák esetén



5. ábra Sun parametrizációval számított talajnedvesség és párolgás értékek súlyozott számtani átlagolással, különböző textúrák esetén

hatása különösen a súlyozott számtani átlagolásnál érvényesül, hiszen itt látunk nagyobb eltéréseket (2. és 5. ábra). Az eltérés már az első időlépcsőben ugrásszerűen megnő, pedig csapadék ebben az időszakban nem hullott. Ezért sejthető, hogy a számtani átlagolás alkalmazása nem várt hibákat eredményez a talajnedvesség előrejelzésben. A mértani átlagolással kapott eredmények nem szenvednek ugrást az első időlépcsőben és a különböző textúrák, illetve modellek alkalmazása csak lassan növekvő, realisabb eltérést okoz. A Dolman (2. és 3. ábra), illetve Sun (4. és 5. ábra) parametizációkkal kapott különböző eredmények esetén a különbség nem számottevő, csak a T2 textúrára alkalmazott egyszerű talajnedvesség modell eredményeinél szembetűnő.

Az egyszerű és a kombinált modell által számított párolgási értékek vizsgálata már nagyobb eltéréseket mutat. A kombinált modell szisztematikusan kisebb párolgási értékeket számít, mint az egyszerű modell. Az éjjeli időszakokban tapasztalható negatív párolgás, azaz a harmatképződés mértéke is nagyobb a kombinált modell esetében és ez megmagyarázhatja a vizsgálatok során tapasztalt nagyobb talajnedvesség értékeket is. A helyi viszonyoknak leginkább megfelelő parametizáció kiválasztása az elvégzett kísérletek alapján még nem lehetséges, mivel nem állnak rendelkezésre mért talajnedvesség és párolgás adatsorok a verifikációhoz.

Összegzés és kitekintés

Az itt bemutatott kombinált modell alkalmas a talajnedvesség-tartalom, a rétegződés, és a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz meghatározására, a légköri állapothatározók, és a kezdeti ($t=0$) talajnedvesség ismeretében. A verifikációs vizsgálatokhoz további kísérletekre lenne szükség, a légköri határfeltételeket, és a talajnedvesség értékeit is tartalmazó adatbázisokkal. A modell könnyen adaptálható a hő- és nedvességáramok, illetve a talajnedvesség-tartalom rácspontra vagy rácsfelszín értékeinek számítására. Ebben az esetben lényegesen több kezdeti feltétel megadására lenne szükség (1. ábrán * -gal jelölt blokkokat érintő változtatások), de ezeket akár egy numerikus időjárás előrejelző modell analíziséből, vagy előrejelzéséből is származtathatnánk.

Összegzésképpen elmondható, hogy a talaj-növény-légkör kölcsönhatások leírásának bonyolult feladata megoldható, és pontossága csak a parametrizált folyamatok számától, a kezdeti feltételek pontosságától, és a numerikus módszerek kiforrottságától függ. Ennek bizonyítéka lehet ez a modell, amely alacsony numerikus költségek mellett, megfelelő módosításokkal akár egy légkör modell részeként is megállná a helyét.

Köszönetnyilvánítás

A kombinált modell fejlesztését, és ezt a tanulmányt az Agrometeorológia tárgy gyakorlatainak keretében

kezdtém. A munka szétfeszítette a követelményrendszer által meghatározott korlátokat, ezért a befejezéséhez nélkülözhetetlen volt a mentori vezetés. A biztatásért, és a gondos szakmai irányításért köszönettel tartozom Ács Ferencnek.

Balogh Miklós

Irodalomjegyzék

- Ács, F., 2004: A talaj-növény-légkör rendszer modellezése a meteorológiában: A növényi párolgás és a talaj kapcsolata, 7-68, ELTE
- Ács, F., Drucza, M., 2003: A rétegződés hatása a szárazföldi fel-színi turbulens áramok intenzitására. Légkör, Vol. XLVIII, No. 2, 9-16.
- Ács, F., Geresdi, I., Horváth, Á., 2005: Numerikus vizsgálatok a talaj szerepéről a meteorológiában. Légkör, Vol. 50, No. 3, 27-32.
- Ács, F., Lőke, Zs., 2001: Biofizikai modellezés az agrometeorológiában. Légkör, Vol. XLVI, No. 3, 2-7.
- Czúcz, B., Ács F., 1999: A labilis rétegződés parametizálása a PMSURF növénytakaró modellben: konvergencia vizsgálat empirikus módszerekkel. Légkör, Vol. XLIV, No. 2, 2-6.
- Dolman, A.J., 1993: A multiple-source land surface energy balance model for use in general circulation models. Agric. Forest Meteorol., 65, 21-45.
- Hágel, E., Ács, F., 2003: A számítógépek alkalmazása az agrometeorológia oktatásban., Légkör, Vol. XLVIII, No. 1, 35-37.
- Sun, S.F., 1982: Moisture and heat transport in a soil layer forced by atmospheric conditions. M.S. Thesis, Dept. Of Civil Engineering, University of Connecticut, 72 pp,
- Szatmáry, Z., 2005: Mérések kiértékelése, BME.

Új könyv • Új könyv • Új könyv

A közelmúltban jelent meg dr. Horváth Ákos szerkesztésében és az OMSZ kiadásában

A légköri konvekció

című kiadvány.

A benne szereplő hat – hazai szerzők által írt – tanulmány a légköri konvekcióra vonatkozó legfontosabb ismereteken túl elsősorban a hazánkban előforduló konvektív jelenségek (szupercellák, multicellás zivatarok, stb.) részletes elemzésével foglalkozik.

A kiadvány korlátozott példányszámban az OMSZ könyvtárában megtalálható.

Nem mezociklonális tornádók Magyarországon

Bevezetés

A szupercella potenciálisan a legveszélyesebb zivatarfajta. Az ilyen zivatarok az esetek jelentős részében 90 km/h feletti széllökéseket, 2 centiméteres jégmértetet meghaladó jégesőt, felhőszakadást okozhatnak, és tornádót is hordozhatnak. Szupercella az erőteljes feláramlások és a szélnyírás kölcsönhatásaként alakul ki, melynek következtében függőleges tengely mentén forgó zivatarfelhő jön létre. A szupercellás zivatar legfőbb jellemzője az örvénylő mezociklon, ill. a hozzá kapcsolódó frontális jellegű struktúra. A mezociklon okklúziós frontjának végén megjelenhet a tornádó. 80–100 magyarországi szupercellás eset vizsgálata után elmondható, hogy a középszintű (kb. 3–6 km) mezociklon kialakulásához legalább 15 m/sec 0–6 km-es szélnyírás szükséges, elegendően nagy labilitási feltételek mellett. A tornádókat kialakító környezeti viszonyok között – a mezociklon megléte mellett – a jelentős, legalább 10–12 m/s 0–1 km-es szélnyírás és az alacsony emelési kondenzációs szint a kiemelendő. Mindez jól egyezik a külföldi (jórészt amerikai) szakirodalomban, esettanulmányokban, feldolgozásokban szereplő értékekkel.

Tornádók azonban nemcsak mezociklonhoz kapcsolódhatnak, attól függetlenül, az előbbiektől jelentősen eltérő környezeti feltételek mellett is kialakulhatnak. Cikkünkben 3 (bizonyítottan) tornádós és 3 felhőtőlcséres esetet tárgyalunk, melyek egyike sem mezociklonális eredetű. Mindegyik alkalomról fényképes dokumentáció és eseménybeszámoló áll rendelkezésre. A megfigyelések, fotók és a videók nagy része a metnet.hu meteorológiai internetes oldal vizuális észlelőhálózatának tagjaitól származik.

Nem mezociklonális tornádó környezete, jellemzői

Kialakulásukhoz lassan mozgó, vagy tartósan egy helyben álló talajközeli konvergencia szükséges, amely fölött a tömegmegmaradás törvénye miatt feláramlások alakulnak ki. A horizontális szélnyírás következtében a konvergenciavonal mentén vertikális tengelyű örvények jöhetnek létre. Erőteljes feláramlással párosulva az ilyen örvény függőlegesen megnyúlik, az örvény sugara csökken, és az impulzusmomentum megmaradása értelmében tornádó erejű forgás fejlődhet ki. Fontos hangsúlyozni, hogy az örvény a talajról terjed felfelé, és a tornádót nem előzi meg magasabb szinteken mezociklon létrejötte. A tölcserélfelhő viszont a mezociklonális tornádókhöz hasonlóan először a felhő alapja közelében jelenik meg, mivel az örvényben a csökkenő nyomás először ezen a szinten okozza a vízgőz kondenzálódását (1. ábra).

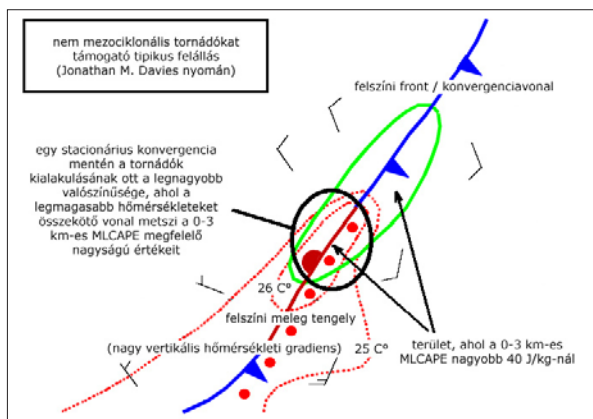


1.ábra. Nem mezociklonális tornádó életciklusa. Ott, ahol a nagy alacsonyyszintű labilitás okozta erős feláramlás egybeesik a markáns konvergencia által kialakított vertikális tengelyű örvénységgel, tornádó is kialakulhat (forrás: Wakimoto and Wilson, 1989)

Ahhoz, hogy tornádóról beszélhessünk, nem szükséges, hogy a kondenzációs tölcser elérje a talajt, elég, ha a sebesen örvénylő légoszlop látható nyomot hagy a felszínen felkavarodó törmelék formájában. Ezután a károkozás nagysága alapján következtetünk a tornádóban kialakult szélsébségre és jellemezzük a Fujita-skála vagy a TORRO-skála szerint.

A nem mezociklonális tornádókról elmondható, hogy általában gyengébbek mezociklonális társaiknál, de extrém labilitás esetében akár az F3-as kategóriát is elérhetik. A 2005. július 17-i tyukodi tornádó pl. F2-es erősségű volt. További jellemzőként említhető, hogy az ilyen helyzetek stacionárius jellege miatt a kialakuló tornádó tartósabban pusztíthat egy adott területen. Bár szupercellák között is előfordulhat olyan, amelyik szinte egy helyben áll (pl. 2005. július 1-én Dombóvárnál és Kalocsánál), azonban a szélvektorok ehhez szükséges vertikális elrendeződése elég ritkán valósul meg. A mezociklonális tornádók gyakran jelentősebb sebességgel haladnak, együtt a mozgó szupercellával.

Nem mezociklonális tornádók konceptuális modellje



2. ábra. Stacionárius konvergencia mentén a tornádók kialakulásának ott a legnagyobb a valószínűsége, ahol a legmagasabb hőmérsékleteket összekötő vonal metszi a 0-3 km-es CAPE megfelelő nagyságú értékeit (forrás: Jonathan Davies, 2003)

A 2. ábrán látható összetevők közül alapvető a tartós, markáns konvergenciavonal jelenléte, ill. az alsó 3 km labilis légrétegződése. A labilitást többféleképpen is megközelíthetjük. A legegyszerűbb esetben vizsgálhatjuk pl. a 2 m-es hőmérsékletet, megpróbálhatjuk felderíteni annak maximumát. Tovább lépve elemezhetjük a 2 m-es és az 1, 2, vagy 3 km-es légrétegek közti hőmérsékleti gradienst. Ez már többet elárul a labilitási viszonyokról, de a nedvességről még nem tartalmaz információt. A leginkább áruklódó paraméter ezért a CAPE, melyet a termodinamikai diagramon ábrázolva a talajról indított légréz termodinamikai útja és a környezet hőmérséklet profilja által bezárt terület alapján kapunk meg. Mivel a légréz útját a harmatpontja is befolyásolja, a CAPE teljesebb képet nyújt a labilitásról. Végso soron a nem mezociklonális tornádók szempontjából kritikus légréteg az alacsonyabb szinteken helyezkedik el, mivel a konvergencia örvényei is itt találhatók, így a 0–3 km-es CAPE (a CAPE alsó 3 km-es szakasza) jelenti a leginkább használható mutatót. Nem mellékesen a kicsi vagy nem kimutatható CIN (tiltási energia) is hozzájárul, hogy ne fogja vissza zárórég a konvekciót, és ily módon jelentős felhajtóerővel rendelkező, akadálytalanul fejlődő erős feláramlás jöjjön létre.

A kialakult konvektív felhőzetnek és a radaron megfigyelt csapadéknak egyfelől indikátor szerepe van: kelően nedves környezetben közvetve az erős feláramlásra engednek következtetni, másfelől viszont a csapadék keltette kiáramló hideg levegő kifutószél frontja az eredeti konvergenciavonalat metszve növelheti a feláramlás erősségét, valamint fokozhatja az örvényességet, kiemelten alkalmassá téve az adott területet nem mezociklonális tornádók keletkezésére.

A következő fejezetben hat olyan felhőtölcséres vagy tornádós esetet mutatunk be, ahol bizonyíthatóan nincsenek meg a feltételek mezociklon kialakulásához és a tornádók attól függetlenül mégis kialakultak.

Esetek

Mind a hat esetről a beszámolók mellett fényképes dokumentáció is készült, amelyek egyértelműen bizonyítják a tölcsérfelhő vagy tornádó jelenlétét. A fényképeknek a felhőzeti struktúra feltérképezése miatt is nagy jelentősége volt. A vizsgálathoz az európai szinoptikus, mezo- és cq-térképeken, ill. radarméréseken túl rádiószondás felszállásokat, GFS és ECMWF modell mezőket is figyelembe vettünk. Mivel modell temp előrejelzés nem állt rendelkezésünkre, ezért a bekövetkezett esemény helyére és idejére vonatkozóan az eseményre reprezentatívnak tekinthető mért rádiószondás felszállást a főzobárszintek előrejelzett modell eredményeivel módosítottuk úgy, hogy figyelembe vettük az eseményhez legközelebbi óránkénti 2 méteres hőmérséklet és harmatpont méréseket.

2006. augusztus 7.

Beszámoló (forrás: metnet.hu)

Helyi idő szerint nem sokkal 13 óra után tornádót figyeltek meg a Velencei-tó környékén

„ (...) arra lettem figyelmes, mintha füst lenne, csak éppen a felhő felől képződött. Eleinte széles rendezetlen volt, és pillanat alatt elkezdett forogni. Majd egészen leért a földig, de ekkor már elkeskenyedett. Ekkor hirtelen eltűnt az alja, majd K-i irányba próbált törni ferdén a föld felé. Ekkor hirtelen feloszlott, és még egyszer volt egy gyenge próbálkozás. Aztán hipp-hopp mintha ott se lett volna, minden eltűnt, semmi örvénylés. Az egész max. 5 másodpercig tartott (...) meglepő volt, hogy dörgést csak a tornádó után fél óra múltán hallottam és nem is sokat (...) ”



Meteorológiai jellemzők

Középpontjával (Moszka-Minszk között félúton) a Kelet-európai síkság nyugati része felett elhelyezkedő öregedő ciklon visszahajló okklúziós frontja Lengyelországon, Magyarországon át egészen az Adria északi részéig húzódott. A mezo-térképeket és az óránkénti cq-térképeket áttekintve az okklúziós front könnyen analízálható nyomási teknője már az esemény előtt 2–3 órával, ill. azt követően is közel ugyanott volt, tehát kb. Vác-Székesfehérvár-Nagykanizsa vonalában. A légkör nagy magasságig meglehetősen nedves volt, az országtól északra minden szinten zárt izohipszákkal rendelkező alacsonynyomású terület volt megfigyelhető a magassági térképeken. A 20 °C-os hőmérsékletű és 15 °C-os harmatpontú légréz termodinamikai útját követve viszonylag labilis légállapot adódott. A teljes CAPE kb. 350–400 J/kg-ig emelkedett, a legnagyobb hőmérsékleti gradiens pedig 0–1 km-en volt (0.8 fok °C/100m). A szélnyírás a modell analízisek alapján ugyan nyugat felé növekedett, de Székesfehérvár környékén még csak kb. 7 m/s 0–1 km-es és 10 m/s-os 0–6 km-es szélnyírás lehetett. A fényképeken szupercellára utaló struktúra nem látszik, csak záport

adó gomolyok láthatók, hosszan a konvergencia vonalát követve, viszonylag vékony sávban elnyúlva. Ezen szélnyírási értékek a stabilitási mutatókkal összevetve még hazai tapasztalatok alapján sem elegendőek szupercella kialakulásához, összességében nincsenek meg a feltételek mezociklonális tornádóhoz.

Az okklúziós front mentén 11:00-tól 11:30-ig a radarképeken a Velencei-tó déli partján egy kis méretű 25–30 dBz-s jel tűnik fel, mutatva a legerősebb cella helyét a konvergencia mentén, majd két órával később pontosan ugyanott 13:00 és 14:15 között szintén megjelent az előbbinél már erősebb 30–35 dBz-s cella, amely 13:15-kor volt a legnagyobb intenzitású. A tubát, tornádót ekkortájt figyelték meg ezen a helyen. A helyzet érdekessége, hogy az alacsonyabb szintek feltételei az említett két órán belül gyakorlatilag változatlanok voltak, 850 és 700 hPa-os szinten kis mértékű melegedvekció ment végbe a délelőtti órákban a Dunántúlon. Az okklúzió mentén a reggeli órákban Siófoktól délre egy erősebb cella megjelent, de ezt leszámítva csak itt alakultak ki záporok.

2006. július 3.

Beszámoló (forrás: metnet.hu)

Tubákat figyeltek meg Szolnoktól D-re, Mezőtúrtól NY-ra

„(...) 3 db felhőtölcsérünk volt tőlünk kb. 12-15 km-re. (...) Az első elég kicsi volt, kb. 3-4 percig tartott, nem is voltam biztos benne, hogy egyáltalán felhőtölcsér-e. A második 15-20 percig tekergett, úgy 2/3-ig nyúlt le a felhőből (a felhőalap 1000-1100 m körül lehetett, úgyhogy a ferdesége miatt kb. 6-700 m hosszú volt, mindenhol ugyanolyan vastagságú), a harmadik viszonylag gyorsan vékonyodó 5 perces szépség volt (...) az erős Cu2, Cb3 felhő alján.”

14:49-kor az OMSZ központjába speci távirat érkezett: Szolnokon felhőtölcsért látnak.



Meteorológiai jellemzők

Anticiklon déli peremén több napon keresztül Európa térképén is jól analizálható módon határozott konver-

genciavonal húzódott Törökországtól kezdve Görögországon, Albánián és Magyarországon át. A magassági térképeken a szélnyírási 0–6 km-en és 0–1 km-en teljesen hiányzik, a talajról induló légréteg stabilitási értékei Szolnok környékén a legnagyobbak az országban. Már az eseményt megelőzően is itt volt mérhető a környék legmagasabb 2 méteres hőmérséklete és harmatpontja, továbbá a konvergenciavonal több órára visszamenőleg egy helyben állva Szolnok közelében húzódott. Hasonlóan magas harmatpontok fordultak elő Szolnoktól dél-nyugatra más állomásokon is, a konvergenciától észak-keletre éles harmatpont csökkenés figyelhető meg. A mintegy 2.5–5 m/s-os szél a vonal két oldalán egymással szembe fúj az esemény órájában. 0–2 km-en a hőmérsékleti gradiens 0.95 fok/100m, a CAPE főként az alsó 2–2.5 km-en nagy, a teljes CAPE 300-400 J/kg körüli.

A reggeli óráktól kb. Békéscsaba-Szolnok-Eger vonalon elhelyezkedő konvergencián 14:00-kor egy 35 dBz-s zápor jelenik meg, amely 13:45-kor Szolnoktól délre 35–40 dBz-vel a legerősebb. Ezen a napon a konvergenciazónán Magyarországon máshol nem jelenik meg konvektív csapadék. Ez is jelzi, hogy az ország többi részéhez képest itt volt a legnagyobb labilitás.

2006. június 3.

Beszámoló

17:40 körül tubákat lehetett megfigyelni Hevestől dél-nyugatra

„Du. 17 óra után Hevestől nyugatra ÉNY-DK irányú vonal mentén sorban alakultak ki zivatarok, melyek É-D irányba vonultak. 17:40-kor DNY irányban egy fejlődő zivatarfelhő alatt, kb. 10 km távolságra (Kb. Jászapáti térségében) kialakult egy vékony, enyhén dőlt, viszonylag hosszú felhőtölcsér, amely a felhőalaptól kb. 1/3 részben közelítette meg a talajt. A tölcser kb. 4–5 perc után eltűnt, kb. 5 perccel később a helyén két rövidebb tölcser jelent meg egymás mellett. Ezek kb. 3–4 perc után megszűntek, majd a felhőből látszó csapadéksáv eltakarta a felhőalapot, ill. a horizontot. A szomszédos cellák alján is megfigyelhető volt határozott örvénylő mozgás: az alacsony szintű, kb. azonos magasságú felhők a cella NY-i oldalán D-i irányba, míg K-i oldalán alig mozogtak a talajhoz képest.”

Meteorológiai jellemzők

Ez az eset a 2006. augusztus 7-éhez esethez hasonló, az okklúziós pont azonban pár 100 km-rel délebbre volt. A ciklon visszahajló okklúziós frontját kb. a Békéscsaba-Szécsény vonalban lehetett analizálni a nap nagy részében, a szélfordulás a délutáni óráktól lett egyre számottevőbb. 17 órakor a vonal két oldalán egymással szembe fújó szelet mértek szinte mindegyik állomáson, a szélsőbesség átlagosan 2.5 m/s volt az összeáramlás mindkét

felén. A felszállást a poroszloi adatokkal indítva a teljes CAPE 300–400 J/kg-nak adódik, ahol egyébként már az eseményt megelőző órákban a hőmérséklet és a harmatpont a legmagasabb volt a konvergencia mentén ill. országosan is. Az alsó 1–1.5 km-en volt a legnagyobb a labilitás, 0–1000 m között 1.2–1.3 °C/100m hőmérsékleti gradiens jelentkezett.

Heves környékén 45–50 dBz-s zivatarok is kialakultak a konvergenciazónában. A radarkép alapján az egyes zivatarcellák rövid életűek, inkább az egycellás, gyenge multicellás jelleg a meghatározó. A 0–6 km-es szélnyírás 10–12 m/s, 0–1 km-en 7 m/s alatti, a radar alapján egyértelműen kizárható a szupercella megjelenése, ill. ezek az értékek egyébként sem elegendőek mezociklon kialakulásához.

2006. május 11.

Beszámoló

Tornádó pusztított Medgyesegyháza, Nagybánhegyes környékén

A híradások szerint a legnagyobb kár Nagybánhegyesen egy temetőben történt, a kár 1–2 millió forint. A sírkertben sírok törtek össze, és két 60–70 centiméter átmérőjű, 10 méter magas, védett egészséges fenyőfát csavart ki a szél, a házaknál is keletkeztek károk. A híradások máshonnan nem jelentettek pusztítást. A MetNet észlelői egymástól függetlenül több képet küldtek magáról a tölcsérről.



Meteorológiai háttér

A korábbi esetekhez hasonlóan a Fekete-tenger nyugati partja fölötti okklúziós ponttal elhelyezkedő ciklon okklúziós frontja Románia déli részén át egészen az ország délkeleti részéig húzódott. A konvergencia kb. Debrecen-Békéscsaba-Szeged vonalában helyezkedett el tartósan, melynek két oldalán a déli óráktól a késő esti órákig 180 fokos széliránykülönbség volt megfigyelhető. A teljes CAPE 300 J/kg körüli, az alsó 2 km-en a legnagyobb hőmérsékleti gradiens 0.95 °C/100m. A konvergencia vonalával átfedésben az ország legmelegebb és legnedvesebb levegőjű területe helyezkedett el itt. 0–6 km-en 10 m/s, 0–1 km-en pedig jelentéktelen volt a szélnyírás.

Radaron 15:45-kor Nagybánhegyes környékén kipattant egy 50–55 dBz-s cella, amely 16 óra után gyengült, majd utána a 2 km-es felbontású radarképen alig látható 40–45 dBz közötti, igen kis méretű radarechó jelent meg Nagybánhegyes fölött, amely 17 óra után gyengült és eltűnt.

2005. június 10.

Beszámoló (forrás: metnet.hu)

Ugyanazon konvergenciavonal mentén egymástól függetlenül 3 órás eltéréssel F0-s tornádót figyeltek meg Mezőtúrról és Kunszentmártonról

„(...) délután 4 körül, ÉÉNY-ra kb. 20 km-es távolságban láttam egy felhőtölcsért. A tölcsér vége a felhőalapról a földfelszín felé 1/4 mélységig nyúlt le és kb. 5 percig tartott. A tölcsér folytatásaként halványan, nem összefüggően, egészen a felszín közeléig látszott egy csík. (...) Miután visszahúzódott a tölcsér, megereszkedett a zápor (...)”

Meteorológiai háttér

Okklúziós pontjával Ukrajna északkeleti részén elhelyezkedő ciklon okklúziós frontja Lengyelország déli részén, ill. Szlovákián át Magyarország délkeleti részéig húzódott. A vonal mentén, az eseményt megelőzően két órával a szolnoki állomás környékén volt a legmagasabb hőmérséklet és harmatpont. A konvergenciavonal gyakorlatilag egész nap egy helyben helyezkedett el. A teljes CAPE 100–150 J/kg körüli volt, nagyobb része az alsó 1 km-en helyezkedett el. A 0–3 km-en belüli legnagyobb hőmérsékleti gradiens 0–1 km-en fordult elő: 0.95 °C/100m. 0–6 km-en a szélnyírás 10 m/s-os, 0–1 km-en pedig minimális értékekű.

Radaron 25–30 dBz-s záporok jelentek meg Mezőtúrtól ÉÉNY-ra. Erősebb cellát nem lehet kiemelni 2 km-es radarfelbontás mellett, Kunszentmártonnál a megfigyelés időpontja környékén azonban megjelent egy erősebb 35 dBz-s cella. A helyzet kiemelt érdekessége, hogy Mezőtúrtól 20 km-re ÉÉNY-ra 16 óra után pár perccel, míg Kunszentmártonban 19:10-kor figyelték

meg és fényképezték le a tornádót. A két település egymástól kb. 35–40 km-re fekszik, és mintegy 3 óra időbeli eltérés van az események között. Egyértelmű, hogy teljesen különböző tornádókról van szó.

2005. július 17.

Beszámoló

E napon Tyukodon egy F2-es nem mezociklonális tornádó pusztított, látványosan demonstrálva, hogy nemcsak szupercellák és mezociklonális tornádók képesek jelentős károkozásra. Egy kb. 90 mázsás terményszárító felemelkedve 5–6 métert sodródott, a fákat, palákat, cserepeket pedig nem a szokványos módon fújta a szél, hanem felfelé szívódtak. A félelmetes hanggal és homokszíni fürgeteggel érkező tornádó a felszín közelében legszélesebb állapotában kb. 30 méter lehetett, és a 200 méter körüli hosszúságú pusztítási zóna környezetében nagyjából 100 méteres távolságban dobálta szét a törmelékét.

Meteorológiai háttér

Skandinávia déli része feletti középponttal egy ciklon hidegfrontja húzódtott Észtország, Ukrajna nyugati részén, Magyarországon át északkelet-délnyugati irányba. Ez a gyenge hidegfront csak lassan helyeződött át a nap folyamán. A helyzet érdekessége, hogy az ország nagy részén közel 100 J/kg nagyságú CIN volt az 1500 és 2500 méteres légrétegek között, így az ország jelentős részén nem is alakult ki zivatar (tapasztalat szerint általában a néhány km-es magasságban előforduló 100–125 J/kg fölötti CIN esetén kicsi az esély a mély konvekcióra). Kivételt csak a Balaton nyugati részén áthaladt szupercella jelentett, amely 15 m/s 0–6 km-es szélnyírásban fejlődött ki, és a konvergencia mentén képes volt áttörni az inverziót. A szupercella igen nagy pusztítást, helyenként 5–6 cm átmérőjű jégesőt is okozott, 25–30 épületnél a teljes tetőszerkezetet ki kell cserélni. Az ország keleti, északkeleti részén azonban a 0–6 km-es szélnyírás nemigen haladta meg 10 m/s-ot, a CAPE értékek pedig kb. 300–400 J/kg között alakultak, jóval alatta maradtak a balatoni szupercellára jellemző értékeknek. A CAPE vertikális elrendeződése azonban az alsó 0–3 km-es részen mutatta a labilitás jelentős részét. A tornádó 18 óra körül alakult ki, ekkortájt a radaron multicellás zivatarokat láthattunk, az 1 km-es térbeli felbontású napkori radarmérés alapján Tyukod környékén egy 45–50 dBz-s cella helyezkedett el.

Összefoglalás

A részletes esetelemzésekből kiderül, hogy a kialakult tubák vagy tornádók nem mezociklonhoz kapcsolódtak. A lényegi különbség tehát abban áll, hogy a tornádót megelőzi-e középmezőnyi szinten mezociklon kialakulása

(amelyhez megfelelő labilitás és elegendően nagy szélnyírás szükséges).

A nem mezociklonális tornádók minden esetben konvergencia zónához kapcsolódtak, amelyek több országon át húzódtak, és bármilyen kivágatú térképen könnyen analízálhatók voltak nagy kiterjedésük és erősségük folytán. Ezen konvergenciavonalak stacionáriusak voltak, az összes esetben már több órával azelőtt abban a térségben húzódtak, ahol később a tubák vagy tornádók kialakultak (sokszor napokig tartózkodtak egy-egy országrész fölött). A nem mezociklonális mikroskálájú tornádók, a nagy skálájú folyamatoknak köszönhetően momentumukat. 6-ból 4 esetben ezen konvergenciavonalak visszahajló okklúziós frontok voltak, noha a helyzetek kiválasztása teljesen esetleges volt. Ez nem lehet véletlen, hiszen az ilyen visszahajló okklúziós frontokra mind a lassú mozgás, mind az erős konvergencia gyakran jellemző lehet. Feltételezhető, hogy egy ukrán ciklon visszahajló okklúziós frontja „jó táptalaja lehet” ezen jelenségek kialakulásának, mivel a visszapörgő okklúziót megelőzve a ciklon hidegfrontjának átvonulása az erős besugárzásos időszakban biztosíthatja az alacsony szintű labilitást, a visszahajló okklúzió pedig a tartós konvergenciát.

A másik feltétel, ami szintén minden esetben teljesült, a főként alacsonyabb szinteken (alsó néhány km-en) jelentkező viszonylag nagy labilitás. Az alsó 3 km-en belül a legnagyobb hőmérsékleti gradiens ezekben az esetekben főként az alsó 1–2 km-es légrétegekben fordult elő, és 0,8, 0,95, 1,3 C°/100m-es értékek adódtak. Az év melegebb szakaszában ezen értékek nem ritkák (a száraz adiabatikus hőmérsékleti gradiens 0,97 fok/100m). A nem mezociklonális tornádók környezeti feltételei közül tehát a tartós erős konvergencia mellett az alacsony szintű labilitás nem számít extrémnek, sokkal inkább viszonylag gyakran előforduló értéknek egy nagy besugárzásos nyári napon. Ezek alapján feltételezhető, hogy ezen tornádók sokkal gyakoribbak, mint a mezociklonális tornádók, hiszen az őket kiváltó feltételek sokkal gyengébbek és számuk is kisebb. Fontos felhívni a figyelmet a 2005. június 10-i esetre, amikor a konvergenciavonalon 2 tornádót is megfigyeltek egymástól függetlenül, ill. több tuba is előfordult. Ezt és a többi megfigyelést alapul véve feltételezhetjük, hogy a Kárpát-medencében a nem mezociklonális tornádók révén jóval több tornádó, akár az eddig becsült tornádók többszöröse is elfordulhat egy-egy évben. Egy 50–100 km-es összeáramlási vonal mentén pl. ahol elég nagyok az alacsony szintű labilitás értékek, egyszerre több helyen, több tornádó is kialakulhat. A tyukodi eset, illetve a külföldi esettanulmányok is bizonyítják, hogy ezen tornádók is képesek főként itt térségünkben a szupercellás tornádókhoz hasonló pusztítást végezni. Ezért a szupercellás zivatarokhoz hasonlóan, kiemelt fontosságú Magyarországon is az imént ismertetett típusok vizsgálatával és előrejelzésével foglalkozni.

Mint láttuk, volt olyan eset, amikor egyáltalán nem

volt szélnyírás a légkörben, és a labilitás a zivatar keletkezéséhez sem volt elég, mégis kialakult tuba. Ebből kitűnik, hogy ezen tornádók kialakulásához nincs szükség vertikális szélnyírásra, és labilitásnak is csak az alsó néhány kilométeres szinten elég jelen lennie. Emiatt azok a szokásos paraméterek (szélnyírás, zivatarhoz képesti helikalitás, emelési kondenzációs szint magassága, stb), amelyek a szupercellák, mezociklonok előrejelzésével kapcsolatosak, szinte semmit sem mondanak a nem mezociklonális tornádók valószínűségéről. Ez azonban nem jelenti azt, hogy olyan helyzetekben ne jöhetnének létre nem mezociklonális tornádók, amikor a feltételek szupercellákra, mezociklonális tornádók kifejlődésére szintén alkalmasak.

A nem mezociklonális tornádók kialakulása és erőssége szempontjából fontos lehet a csapadék keltette kiáramlás konvergenciát és örvényességet fokozó szerepe. E folyamatok hatásmechanizmusát a későbbiekben még tanulmányozni kell.

A magyarországi tornádóvadászatokhoz is hasznos

támpontot nyújthatnak ezen vizsgálatok. Egy tartósan fennálló, pl. szinoptikus skálájú konvergencia vonal helyét a numerikus előrejelző modellek általában jól előre tudják jelezni. Ha ezt összevetjük az előrejelzett labilitás értékekkel, kijelölhető a konvergenciának az a szakasza, ahol nagyobb eséllyel alakulhatnak ki tornádók. A tornádóvadászok ezen a szakaszon például a maximum hőmérséklet idején, vagy záporok, zivatarok környezetében vélhetően könnyebben figyelhetnek majd meg tölsérfelhőt. Ezen megfigyelések birtokában, további, még részletesebb vizsgálatokra van lehetőség.

Irodalom

Davies, J. M., J. M. Caruso, 2005: Tornadoes in Nonmesocyclone Environments with Pre-existing Vertical Vorticity along Convergence Boundaries. *Electronic Journal of Operational Meteorology*

Honlapunk: www.szupercella.hu

Polyánszky Zoltán és Molnár Ákos

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2007. január 1.–március 31. között

Választmányi ülés:

Március 8.

Napirend:

1. Jegyzőkönyv hitelesítők felkérése
2. Beszámoló az Erdő-klíma konferenciáról (Vig Péter)
3. Az előző ülés óta egyéb történetek
4. Kitüntetési bizottságok beszámolója és javaslatairól történő szavazás
5. A közgyűlés előkészítése (Gyuró György)
6. Szakosztályok, területi csoportok
7. Első féléves programok
8. Tagfelvétel

Felvett tagok: Balázs Roland, Bartók Ádám, Bács Attila, Czető János, Hadházi Pál, Kozma Réka, König Éva, Lagzi István László, Morvai Krisztián, Nánai Katalin Zsuzsanna, Szinyei Dalma

Előadó ülések, rendezvények:

Február 15

Simon, André (Szlovák Hidrometeorológiai Intézet):

Orografikus hullámok és lejtőviharok. A 2004. novemberi tátrai vihar meteorológiai háttere

Horváth Ákos (OMSZ Siófoki Viharjelző Obszervatórium), Geresdi István (Pécsi Tudományegyetem Környezetföldrajzi és Meteorológiai Tanszék) és Németh Péter (OMSZ Távérzékelési Osztály):

Az augusztus 20-ai vihar meteorológiai elemzése

Március 19.

Dunkel Zoltán:

Az Országos Meteorológiai Szolgálat tevékenysége, legfontosabb feladatai a társadalmi és tudományos elvárások tükrében.

A Debreceni Csoport rendezvénye és tisztújító összejövetele.

A területi csoport új elnöke: *Szegedi Sándor* az DE Meteorológiai Tanszék egyetemi adjunktusa, titkára: *Jákfalvi Mihály* az OMSZ debreceni állomásának vezetője.

Március 23.

Meteorológiai Világnap az Országos Meteorológiai Szolgálattal közös rendezvény.

- Megnyitó : Dunkel Zoltán, az OMSZ elnöke
- Ünnepi üdvözlő: Dióssy László, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium szakállamtitkára
- Schenzl Guidó Díj, Pro Meteorologia Emlékplakettek, miniszteri elismerések és oklevelek átadása
- Kiváló társadalmi észlelők köszöntése
- Az OMSZ Tudományos Tanács szakirodalmi nívódíjának átadása
- Mika János: *Változó légkör – „sarkított” hatások*
- Állófogadás a kitüntetettek tiszteletére

(A Világnapról bővebb információt olvashatnak ebben a számban.)

AZ MMT XXXI. VÁNDORGYŰLÉSE ÉS AZ V. ERDŐ ÉS KLÍMA KONFERENCIA

Szokatlan időben és a hagyományoktól eltérően szokatlan összekapcsolással zajlott le a Magyar Meteorológiai Társaság XXXI. Vándorgyűlése és az V. Erdő és Klíma konferencia. Az időpont a megszokott nyári dátum helyett 2006. október 25–27, a helyszín a Magyar Tudományos Akadémia mátrafüredi üdülője volt. A kései időpontot az indokolta, hogy ekkorra zárult le egy több éves NKFP (Széchenyi) projekt (*Éghajlati bizonytalanság és az erdő-takaró fenyegetettség: hatás-előrejelzés és felkészülés*), melynek eredményei itt kerültek bemutatásra. A kettős konferencia sok résztvevőt is vonzott, a közel 80 fős létszám kétharmada erdész, egyharmada meteorológus volt.

A XXXI. Vándorgyűlés tematikáját a szervezőbizottság úgy állította össze, hogy közel álljon az azon résztvevő erdészek érdeklődési köréhez. Így az első napon főleg éghajlati, éghajlatváltozási, alkalmazott éghajlati témájú előadások (összesen 11) hangzottak el zömmel meteorológusok részéről.

A második nap koradélelőttjén tanulmányi kirándulás zajlott le, amely már mindkét rendezvény részét képezte. A Mátrában széleskörű erdészeti ökológiai kutatásokat végez az Erdészeti Tudományos

Intézet. *Manninger Miklós és Sitkei Judit* vezetésével nagyon tanulságos bemutatót kaphattak a résztvevők kutatási módszereikből, eredményeikből.

Hivatalosan ezt követően nyílt meg az V. Erdő és Klíma konferencia. Úgy tűnik, hogy az erdők és az atmoszféra kölcsönhatása egyre több érdekeséget rejt magában. A háromévenként ezzel a témával foglalkozó konferenciák sorozata nem szakadt meg, inkább növekvő érdeklődésnek örvendezhettek a szervezők. A program is színesebb volt a korábbiakénál. A másfél nap alatt itt elhangzott 30 előadás (és a két konferenciára készült 7 poszter) igen változatos, sokszínű programot nyújtott a résztvevőknek.

Az előadások főleg az erdők energia- és vízháztartását elemezték, hiszen ezen a téren tapasztalhatóak a legfontosabb változások az erdő-légkör kölcsönhatásban. Jelentősen bővült azonban az erdőket érő környezeti terhelésekről alkotott képünk is, mint ahogy a faállományok növekedésének meteorológiai befolyásoltságával kapcsolatban is több érdekes eredményt ismerhetünk meg.

A klímaváltozás erdeinkre gyakorolt, eddig megismert hatásait elemző beszámolók igen meggyőzően bizo-

nyították, hogy egyre sürgetőbb feladataink vannak a klímavédelem terén. Az erdő klímaváltozást fékező szerepét ugyanis általában elismerjük, de a jövőben várhatóan felgyorsuló klimatikus változások nagy valószínűséggel a faállományaink adaptációs képességeit nagyon próbára teszik. Ez pedig olyan mértékű egészségi állapotromláshoz vezethet, amelynek kivédésére nem is biztos, hogy lesz módunk.

Mint ahogy az erdő és klíma konferenciákon már megszokott, az interdiszciplinaritás jellemezte rendezvényünket. Jelen voltak itt az erdészeti, meteorológiai, ökológiai, botanikai, zoológiai, genetika képviselői, de még muzeológus is szerepelt az előadók között.

Örömdetes volt látni a résztvevők között a sok új és fiatal arcot. Bizakodhatunk tehát, hogy van jövője ennek a rendezvénysorozatnak. Talán az előző négy kötetünk színvonalát dicséri, hogy a kiadványunk iránt már a megjelenése előtt mutatkozott igény. Azok az új, jelentős tudományos eredmények, amelyekről az előadások beszámoltak, reményeink szerint meg fognak felelni a határozottan élénk várakozásoknak.

Ambrózy Pál – Vig Péter

KISLEXIKON

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

alsó és felső decilis

Koppány Gy.: Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái...

Egy adatsorozatban az a szám, amelynél az adatok tizede kisebb, ill. nagyobb.

„bárkics mocsár”

Homokiné Ujváry K.: Viharos nyár Budapesten

Olyan időjárási helyzet a Kárpát-medence térségében, amelyet sem ciklonális, sem anticiklonális hatások nem befolyásolnak. Igen kicsi a légneműkülönbség a medence egyes területei között, viszont gyakran kedvező a helyzet heves zivatarok kialakulásához.

azori orr

Homokiné Ujváry K.: Viharos nyár Budapesten

Az Azori-szigetek fölött gyakran megfigyelhető anticiklon áthelye-

ződése Közép-Európa fölé. Nevét az izobárok jellegzetes görbületéről kapta.

Penman–Monteith-koncepció

Balogh M.: A felszín-légkör kölcsönhatások

A földfelszínről származó nedvességszállítás (a párolgás vagy a latens hőtranszport mértékének) meghatározására szolgáló mikrometeorológiai módszer, amely során a szállítást befolyásoló tényezőket ún. „aerodinamikai ellenállásokkal” helyettesítjük.

Monyin–Obuhov-féle (angolosan: Monin–Obukhov) karakterisztikus úthossz

Balogh M.: A felszín-légkör kölcsönhatások...

Olyan hosszúság jellegű paraméter a légkör és a földfelszín közötti határretegben, amely megadja a dinamikai és a termikus paraméterek közötti arányosságot. Értéke stabil légrétegződés esetén pozitív, labilis rétegződés esetén negatív, semleges rétegződéskor pedig nulla.

Összeállította: Gyuró György

2006/2007 TELÉNEK IDŐJÁRÁSA

December melegebb volt a megszokottnál, országos átlagban 2,2 fokkal. A déli országrész volt kevésbé enyhe (itt a normálnál csupán 1,5–2,5 fokkal volt melegebb a december), míg az északi és nyugati területeken helyenként a 3 fokot is meghaladta a havi középhőmérséklet sokévi átlagtól vett eltérése. Ez a pozitív anomália nagyrészt a hónap első dekádjában tapasztalható, átlagnál 4–9 fokkal melegebb időszaknak volt köszönhető, amikor is 3 napon is melegrekord született. December 6-án Mázán 19,1°C-kal, 8-án Homokszentgyörgyön 18,5°C-kal, míg 9-én Agárdon 18,2°C-kal dőltek meg a korábbi rekordok.

Fagyos nap a hónap 15-20 napján fordult elő az ország területén, téli napot nyugaton 1-3, keleten 4-8 alkalommal regisztráltak. Zord nap csak elszórtan, és mindössze 1-2 napon fordult elő az ország területén.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 19,1 °C Máza (Baranya megye) december 6.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -13,5 °C Zabar (Nógrád megye) december 27.

December jóval csapadékszegényebb volt a sokévi átlagnál, országosan a havi csapadékösszegnek csak mintegy 19 százaléka hullott le a hónap során. Legszárazabb az ország középső régiója volt, míg legtöbb csapadék a délkeleti országrészben hullott. A hónap jellemző csapadék az eső volt, de – főleg az ország keleti felében – 3–4 napon havazást is regisztráltak. A lehullott hó azonban 1–2 napnál tovább sehol sem maradt meg. Csapadékhullás országsszerte 2–7 napon fordult elő, 10 mm-t meghaladó napi csapadékhozamot pedig mindössze 4 ponton regisztráltak az országban.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 36 mm Bakonya (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 0,3 mm Ludas (Heves megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 14 mm Komlósd (Somogy megye) december 17.

2007. januárja jóval melegebb volt a sokévi átlagnál. A hónapot országos átlagban jellemző 6,2°C-os pozitív anomália példa nélkül álló – ilyen enyhe januárt a magyarországi mérések kezdete óta még nem regisztráltak. Január nagy részében a napi középhőmérsékletek 8–14 fokkal meghaladták a 30 éves átlagot, átlag alá csak a hónap 3 napján csökkent a középhőmérséklet.

Január 5 napján született országos, 4 napján pedig csak budapesti (nappali illetve éjszakai) melegrekord. A hónap legmelegebb napján, 13-án például országosan és Budapesten is megdőlt a százéves melegrekord, Budapesten 15,3 fokot, Sopron-Fertőrákoson 17,8 fokot mértek - ezt megelőzően 1920-ban volt a legmelegebb 13-án (Budapesten 15 fok, Sopron-Fertőrákoson 16,2 fok).

Országsszerte 6–16 nap volt fagyos, téli napot 0–2 alkalommal, a hegyvidéki területeken pedig 6–8 napon regisztráltak. Januárban mindössze egy nap volt zord.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 17,8 °C Sopron (Győr-Moson-Sopron megye) január 13.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -12,0 °C Iklódbördőce (Zala megye) január 27.

Január csapadékhözama átlag körül alakult, a csapadékhullás területi eloszlása azonban nem volt egyenletes. Míg a nyugati és északi országrészek néhol a normál másfélszeresének megfelelő csapadékmennyiségben részesültek, az ország középső és keleti felében a sokévi átlagnak csupán 60–80%-a hullott. A hónap jellemző csapadéka az eső volt. Havazás, hószállingózás csak január 2-4 napján fordult elő, és a lehullott hó szinte mindenhol azonnal el is olvadt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 69 mm Milota (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 12 mm Jászapáti (Jász-Nagykun-Szolnok megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 33 mm Sopron (Győr-Moson-Sopron megye) január 19.

Február, folytatva a fél éve tartó tendenciát, melegebb volt, mint a sokévi átlag, országosan mintegy 3,9°C-kal. A hónap során, országos átlagban csak 1 nap napi középhőmérséklete maradt átlag alatt, február nagy részében az átlagot 1–6 fokkal meghaladó napi középhőmérsékleteket mértek.

A hónap során országsszerte 5–15 nap, a magashegységekben helyenként 23 nap is fagyos volt, téli nap viszont csak a magasabb területeken fordult elő, legfeljebb 9 alkalommal.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 16,0 °C Baja (Bács-Kiskun megye) február 22.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -8,8 °C Zabar (Nógrád megye) február 4.

Február, megszakítva a fél éve tartó, szokásosnál szárazabb hónapok sorát, 43%-kal csapadékosabb volt, mint a sokévi átlag. Amíg azonban az ország középső és keleti vidékei helyenként a normál 200–250%-ának megfelelő csapadékhözamban részesültek, addig a legcsapadékszegényebb vidékeken, a déli országrészben és a magashegységekben, helyenként a szokásos csapadékmennyiségnek mindössze a fele hullott le.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt. Havazást országsszerte csak 1–4 napon regisztráltak, de a lehullott hó a magasabb hegységek kivételével (ahol egyes helyeken februárnak 18 napja volt havas) mindenhol azonnal elolvadt.

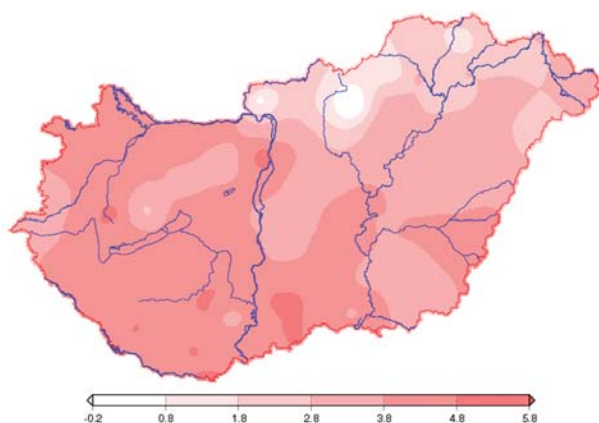
A hónap legnagyobb csapadékösszege: 73 mm Milota (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 24 mm Kelebia (Bács-Kiskun megye)

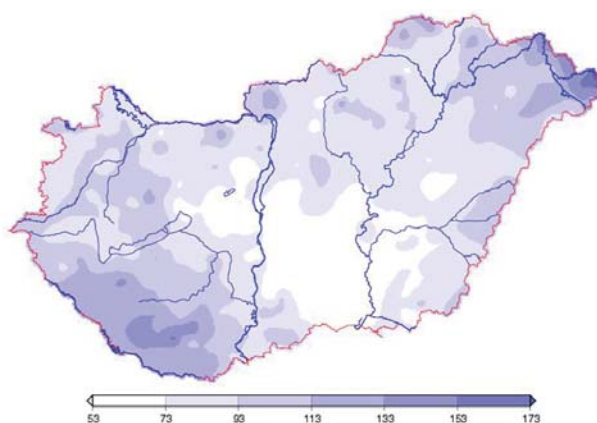
24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 38 mm Homokszentgyörgy (Somogy megye) február 12.

2006/2007. tél

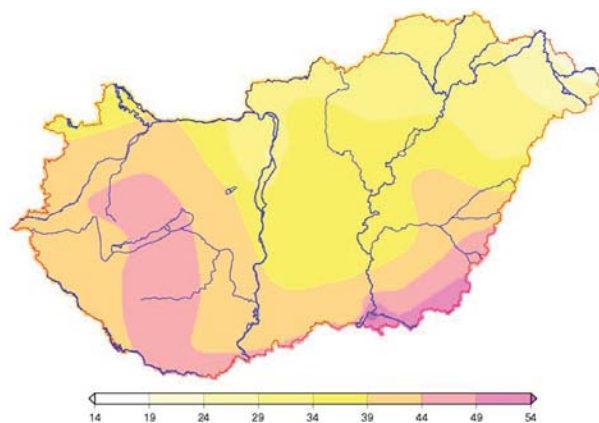
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz. össz	átlag%-ában	1mm<napok sz.	
Szombathely	254	51	3,6	4,1	16,8	2007.01.13	-7,8	2007.01.27	81	95	11	99
Nagykanizsa	231	29	4,0	4,1	17,6	2006.12.06	-8,3	2007.01.27	116	90	20	6
Győr	284	91	4,6	4,4	17,4	2006.12.08	-8,4	2007.01.27	85	83	20	12
Siófok	260	61	4,5	4,3	17,5	2006.12.09	-5,7	2006.12.28	79	68	19	17
Pécs	273	54	4,8	4,6	16,9	2006.12.08	-6,9	2006.12.29	107	93	17	11
Budapest	224	38	4,2	4,2	15,6	2007.01.11	-7,1	2006.12.27	77	75	17	12
Miskolc	201	55	2,9	4,5	13,7	2007.01.13	-7,1	2006.12.27	79	87	21	10
Kékestető	206	-54	-0,2	3,5	8,2	2006.12.08	-10,8	2007.01.27	117	73	21	34
Szolnok	160	-35	4,4	4,8	15,8	2007.01.10	-6,8	2006.12.31	72	74	17	-
Szeged	258	59	3,9	4,0	15,7	2007.01.10	-9,1	2006.12.28	66	71	13	10
Nyíregyháza	-	-	3,0	3,9	15,2	2006.12.09	-7,0	2006.12.31	88	79	22	14
Debrecen	202	21	3,2	4,1	16,8	2006.12.09	-10,5	2006.12.31	79	71	19	5
Békéscsaba	243	48	3,9	4,4	15,7	2006.12.09	-8,2	2006.12.31	80	69	18	8



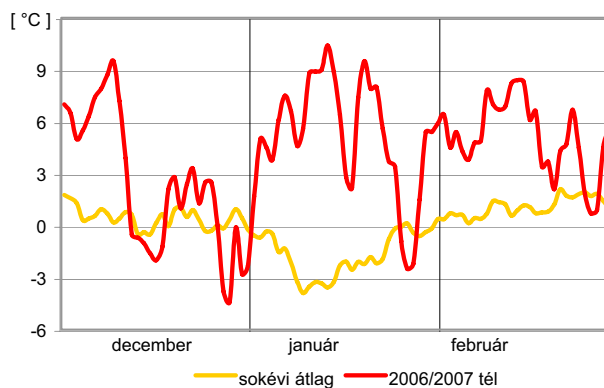
1.ábra: A tél középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: A tél csapadékösszege mm-ben



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



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

A 2006. év összefoglaló tartalomjegyzéke

51. évfolyam Különszám

Dunkel Zoltán: Bevezető.....	1
Mészáros Ernő: Az újkor tudományos forradalma: A meteorológia születése.....	2
KISLEXIKON	7
Götz Gusztáv: A klímadinamika megszületése és kezdeti évei – történeti visszapillantás	8
Czelnai Rudolf: Megemlékezés a Meteorológiai Világszervezet (első) Éghajlati Világkonferenciájáról.....	16
Major György: A Milankovics-Bacsák elmélet és az éghajlatváltozások	20
Bihari Zita, Lakatos Mónika, Mika János, Szalai Sándor, Szentimrey Tamás: Hazánk éghajlatának néhány jellemzője az 1956–2005 időszakban, kitekintéssel a globális tendenciákra	24
KISLEXIKON	28
Juhász Ágota, Mészáros Róbert, Szinyei Dalma Fatima, Lagzi István, Horváth László: Az ózontérhelés becslése modell- számítások alapján	29
Ambrózy Pál: Az 50 éves Léggör a (jelenlegi) szerkesztő szemével	32
Kajtárné Lovas Katalin: Az Országos Meteorológiai Szolgálat publikációs tevékenysége és kiadványai	33
Dunkel Zoltán: Ami az útjelentéseimből kimaradt!	36

51. évfolyam 1. szám

Sághó Ágnes: Meteorológiai Világnap, 2006	2
Dunkel Zoltán: A Meteorológiai Világszervezet (WMO) Főtitkára Budapesten (2006. március 5-7.)	3
OLVASTUK: Új típusú Vaisala-nyomásmérők a Titán légkörében.....	5
Gyüre Balázs, Jánosi Imre, Szabó K. Gábor, Tél Tamás: Környezeti áramlások: Szemelvények a Kármán Laboratórium kísérleteiből	6
Dombai Ferenc: Adalékok a radarmeteorológia hazai történetéhez: automatizált radarmegfigyelések Magyarországon	13
Kocsis Tímea, Anda Angéla: Keszthely léghőmérséklete a XX. században.....	21
KISLEXIKON	25
Schlanger Vera: A 2005. év időjárása	26
OLVASTUK: „Twister”, „Holnapután” és társai – az időjárás katasztrófafilmek szociológiája	30
Dr. Simon Antal (1932–2006)	31
Kassai Béla (1942–2006)	32
Metzger Béla (1933–2006)	33
OLVASTUK: Az ESA Miniszteri Tanácsának ülése Berlinben	33
Tóth Róbert: Környezetvédelmi Konferencia Szenegálban.....	34
Gyuró György: Elhunyt James Holton	38
Unger János: Együttműködési megállapodás az OMSZ és az SZTE között	39
OLVASTUK: Médiameteorológus – az egyik leghálátlanabb feladat az USA-ban 2005-ben	39
OLVASTUK: A szivárvány Schrödinger-egyenlete.....	40
Darwin meteorológiai megfigyelései.....	40
A hó és a tél művészetének olimpiája	40
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI.....	41
Ács Ferenc: Michael Hantel átvette az Magyar Meteorológiai Társaság tiszteletbeli tagsági oklevelét	42
Schlanger Vera: 2005/2006 telének időjárása	43

51. évfolyam 2. szám

Homokiné Ujváry Katalin: Tavaszí ár a Dunán és a Tiszán.....	2
KISLEXIKON	5
Gyüre Balázs, Jánosi Imre, Szabó K. Gábor és Tél Tamás: Környezeti áramlások és szemelvények a Kármán Laboratórium kísérleteiből: Kísérletek forgatott folyadékkal	6

Dunkel Zoltán: Dr. Starosolszky Ödön (1931–2006)	10
Vincze Csilla, Lagzi István és Mészáros Róbert: Húsz éve törént a csernobili katasztrófa: baleseti kibocsátás modellezése.....	11
Makra László, Béczi Rita, Sümeghy Zoltán, Mika János, Motika Gábor és Szentpéteri Mária: Időjárási típusok légszennyezettség centrikus objektív osztályozása Szegedre	15
Kalmár Györgyné: Néhány szó a tavaszról	26
Mersich Iván: A szélenergia hasznosításának környezeti hatása	28
KISLEXIKON	33
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	34
OLVASTUK: Gyorsul a grönlandi jég olvadása	38
Schlanger Vera: 2006 tavaszának időjárása	39

51. évfolyam 3. szám

Unger János, Gál Tamás, Kovács Péter: A városi felszín és hősziget kapcsolata Szegeden	2
Gyuró György: Faludy György recski emlékei Tóth Gézaról	9
Szinyei Dalma, Vincze Csilla: Talajnedvesség-becslő modell tesztelése és alkalmazása magyarországi adatsorokon	10
Kitüntetés	12
Dr. Koppány György: Az előrejelzés fogalmáról és az előrejelezhetőségről.....	13
Szalai Sándor: Az Európai Meteorológiai Társaság 8. közgyűlése Ljubljanában	15
Horváth Ákos: Pusztító zivatarláncok	16
KISLEXIKON	19
Seres András, Ács Ferenc: A szinoptikus helyzetek és a felszín közeli légkör stabilitási viszonyainak párhuzamos elemzése	20
Balogh Miklós: Repülőgépes mérések felhasználása az ALADIN számszerű időjárás-előrejelzési modellben	24
Hegyfok Kabos hamvai a Nemzeti Sírkerthben	26
Bartók Blanka, Csákerényi - Nagy Gergely: A napenergia hasznosítás meteorológiai adottságai Debrecen térségében	27
Dr. Domonkos Péter: Zivatartelheők szokatlan fényjelenségei	32
Hidy Dóra, Barcza Zoltán, Haszpra László, Galina Churkina: Gyepek szén-dioxid forgalmának modellezése	33
KISLEXIKON	36
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	37
HUNGEO 2006	37
Az Országos Meteorológiai Szolgálat Közleménye	38
Schlanger Vera: 2006 nyarának időjárása	39

51. évfolyam 4. szám

Ambrózy Pál és Mezősi Miklós: Interjú Dr. Böjtő Bélával	2
Unger János, Gál Tamás, Geiger János: A városi felszín és a hősziget kapcsolata Szegeden 2. rész	8
Götz Gusztáv: Turbulencia, káosz, pillangóhatás	15
KISLEXIKON	22
Radics Kornélia: Dr. Hille Alfréd életútja, munkássága	23
Horváth Ákos: A 2006. augusztus 20-i budapesti vihar időjárási háttérre	24
Bonta Imre, Homokiné Ujváry Katalin: 2005 nagy csapadékos helyzetei a valószínűségi előrejelzések tükrében	27
Fövényi Attila: Egy szokatlan időjárási jelenség Budapesten	32
Bartha Imre, H. Zsikla Ágota: 2006. évi balatoni és velencei-tavi vihar-előrejelzésről és viharjelzésről	35
Emlékezés Bártfai Erzsébetre, Kőrösi Györgyre és Zorn Józsefre	39
Gyuró György: Felméry László köszöntése 75. születésnapja alkalmából	41
Kitüntetések	41
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	42
Gyuró György: Aranyoklevelek átadása az ELTE-n	42
Schlanger Vera: 2006 őszének időjárása	43

SPRUNG, ADOLF

(Kleinow, 1848. június 5. – Potsdam, 1909. január 16.)



Neves német meteorológus volt. A *Perleberg* (Potsdam kerület) melletti Kleinowban született, *Leipzig*ben tanult fizikát és kémiát 1872-től 1876-ig, ekkor doktori vizsgát is tett. Ezután fordult a meteorológia felé. *Gustav Wiedeman* fizikokémia professzora ajánlásával Hamburgba ment, ahol a *Deutsche Seewarte* alkalmazta gyakornoknak, később tisztviselő lett. Itt került szoros kapcsolatba *Köppennel* és *Neumayer* felszólítására ekkor írta új szellemű, részben saját vizsgálatok alapján a „*Lehrbuch der Meteorologie*” (1885) című kiváló könyvét. 1886. április 1-ével v *Bezold* az átszervezésben lévő porosz meteorológiai intézetbe hívta meg. Itt főleg műszerek kezelésében és szerkesztésében nyilvánult meg különleges tehetsége. Itt szerkeztette meg a *Sprung-féle súlybarográf*ot. Ennek egy példányát Ógyalla számára *Klassohn János*, Konkoly-Thege Miklós kiváló műszaki főtisztje építette meg, amely mind a mai napig jól működik. Sprung 1892-ben vette át az akkor elkészült potsdami obszervatórium vezetését. 1895-től 1903-ig felhőméréssel és fotogrammetriával foglalkozott. A *Meteorologische Zeitschrift*ben 1908. áprilisban megjelent utolsó cikke is a javított súlybarográf elvi megoldásával foglalkozott.