

L É G K Ö R

54. évfolyam

2009. 3. szám



L É G K Ö R

54. évfolyam
2009. 3. 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
Nagy Zoltán
Dr. Putsay Mária
Szudár Béla
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Bozó László
az OMSZ elnöke

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

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1575 Ft

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

Címlapon: *Különböző intenzitású esősávok a Balaton fölött.*
Horváth Ákos felvétele.

Zsótér Ervin: Az ECMWF dolgozói szemmel	2
Breuer Hajnalka: A növényzet és a légkör közötti kapcsolat erőssége	8
Az Országos Meteorológiai Szolgálat közleménye	11
Bonta Imre és Hirsch Tamás: Megújult az OMSZ 10 napos kiadványa	12
Németh Ákos: COST-730: Egy új bioklimatológiai index fejlesztése	14
Farkas Alexandra: Halojelenségek kialakulása, jellemzése és megfigyelése a Földön, és a Földön kívül I. rész	16
Koppány György: Egy pozitív éghajlat margójára	20
Szelepcsényi Zoltán, Breuer Hajnalka, Ács Ferenc, Kozma Imre: Biofizikai klímaklasszifikációk (1. rész: a módszerek bemutatása)	21
Tóth Róbert: Ózonértekezlet Katarban (Aladdin csodalámpája kompakt izzóval)	27
Soproni György nyugdíjba vonult	29
Koppány György: Potenciális szélenergia Európában és Magyarországon	30
Kósa-Kiss Attila: Aeroszolfelhő a Kuril-szigetetről (A Szaricsev vulkán egyes hatásai a sztratoszférára és a troposzférára	32
KISLEXIKON	34
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	35
Dunkel Zoltán: Tíz éves az Európai Meteorológiai Társaság	35
Puskás János: Szőlő és klíma konferencia Kőszegen	37
Bella Szabolcs: 2009 nyarának időjárása	39

AZ ECMWF DOLGOZÓI SZEMMEL

Bevezetés

Az ECMWF-et (Európai Középtávú Időjárás-előrejelző Központ, angol nevén European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) manapság már aligha kell bemutatni. Az elmúlt 15–20 év során a magyarországi meteorológiai közösség mindennapjainak is szerves részévé vált ez a világszerte elismert, patinás intézmény. Ha globális numerikus előrejelzésekről van szó, akkor az ECMWF gyakorlatilag megkerülhetetlen, produktumait a világ minden részén elszeretettel használják.

Különleges lehetőségeként ebben az intézményben tölthettem el 2005 áprilisától 2008 augusztusáig több mint 3 évet. Tapasztalataim, élményeim egy életre szólnak.

Az ECMWF intézménye

Az ECMWF egy független nemzetközi szervezet, amelyet egy sor európai ország tart fenn. A cég létrejött még a 60-as évek végére nyúlik vissza, habár a hivatalos megalakulás csak 1975 novemberében történt meg (részletekért az ECMWF 30-éves történetével foglalkozó „Medium-Range Weather Prediction – The European Approach” címmel kiadott könyvet ajánlott olvasni).

Az intézménynek az 1. ábrán látható országok tagjai, a bal oldali oszlop a teljes jogú, a jobb oldali az ún. társult tagokat mutatja. A 2009. januári állapothoz képest időközben Bulgária is aláírta a csatlakozási szerződést, így 14-re nőtt a társult tagok száma. Magyarország már a 90-es évek elejétől közeledett az ECMWF-hez, az előrejelzési rendszer ECMWF-es produktumokra épülő modernizációja ugyanis óriási lehetőséget ígért az OMSZ számára. A csatlakozásunk különböző adminisztratív nehézségek miatt éveken keresztül húzódott, majd végül úttörő szerepet játszva elsőként sikerült csatlakoznunk társult tagként 1994 júliusában. A társult

tagság intézménye azért volt úttörő megoldás, mert az ECMWF eredeti alapszerződése nem tartalmazta újabb tagok felvételének lehetőségét. Ugyan bizonyos korlátozásokkal, de az alapszerződés módosításának elfogadásáig így egy sor ország részese lehet az ECMWF közösségének. Az alapszerződést 2005-ben módosította a Tanács, így ha minden tagország ratifikálja azt, várhatóan 2010-ben elhárul a tárgyi akadály a teljes tagként való csatlakozás elől.

Az ECMWF fő döntéshozó szerve a Tanács. A Tanács a tagországok delegáltjaiból áll, évente kétszer ülésezik. Az ECMWF működése lényegében a Tanács döntésein múlik, legyen az pénzügyi (pl. az ECMWF költségvetési ügyei), a dolgozókat érintő, vagy éppen főbb szakmai kérdés (pl. az ECMWF hosszú távú stratégiájának meghatározása). A Tanács működését több bizottság segíti (Pénzügyi, Stratégiát érintő, Szakmai, Technikai, Adatpolitikai, valamint a Társult tagországok ügyeit érintő Tanácsadó Bizottságok), amelyek a döntések előkészítését végzik, elemzéseket, beszámolókat készítenek.

Dolgozóinak számát tekintve az ECMWF az OMSZ-hoz hasonló méretű, mintegy 230 főt alkalmaz. Az ECMWF alkalmazottai nagy többségükben a tagországokból érkeztek. Elsősorban a nemzeti meteorológiai szolgálatoktól jönnek szakemberek, de szép számmal egyetemi kutatóműhelyekből és más szakintézményekből is választanak munkatársakat. Az álláspályázatok mindenki számára nyitottak. Kétféle dolgozói státusz létezik: az ún. „staff member”, vagyis állandó státusz, és a konzultánsi státusz. Állandó státuszt csak a Tanács hozhat létre, vagy szüntethet meg. Ezek a pozíciók az ECMWF alaptervekenységét ölelik fel. A konzultánsi állások rugalmasabban módosíthatók, legtöbbször időleges projektekhez kötődnek. Konzultánsként dolgozik az ECMWF állományának mintegy 30 százaléka.

A szervezeti felépítést illetően az igazgató mellett az Adminisztrációs, az Operatív- és a Kutatási Főosztályok működnek. A Kutatási Főosztályon folyik a modellek különböző szegmenseinek fejlesztése, az adatasszimilációval, a numerikus módszerekkel foglalkoznak, vagy például a reanalízis csoport is itt működik sok más terület mellett. Az Operatív Főosztály a számítástechnikai és a meteorológiai divízióból áll. Az előbbi felel a teljes számítástechnikai infrastruktúráért, az utóbbihoz pedig a meteorológiát érintő területek tartoznak, így például a meteorológiai adatfeldolgozás, a megjelenítő rendszerek, az előrejelzések verifikációja, elemzése, vagy éppen az operatív programrendszerek menedzselése. A nagyságot tekintve az adminisztráción kb. 30-an, a kutatáson 90-en, az operatív részlegen pedig nagyjából 110-en dolgoznak, amiből a nagyobb rész, 60–70 em-



1. ábra Az ECMWF teljes jogú és társult tagállamai a költségvetési hozzájárulások százalékos arányával 2009-ben. Forrás: ECMWF honlap

ber, az informatikát fedi le. Ez is mutatja, hogy az ECMWF-ben a hangsúly egyértelműen a kutatáson van, valamint azon, hogy a munkakörülmények, a számítástechnikai infrastruktúra lehetőség szerint tökéletes legyen.

Szintén az 1. ábrán látható a tagországok 2009-es költségvetési hozzájárulása százalékos megoszlásban. A százalékokat a bruttó nemzeti jövedelem (Gross National Income – GNI) alapján arányosan határozzák meg, úgy hogy a társult tagok a teljes díjnak csak a felét fizetik. Érthető módon Magyarország hozzájárulása a nagy európai országokéhoz képest elenyésző mértékű. Az éves költségvetés nagy részét lefedő tagországi hozzájárulások 2009-ben kb. 36 millió GBP-t tesznek ki, ami hozzávetőleg 11.5 milliárd forint, az OMSZ költségvetésének mintegy ötszöröse.

Az ECMWF számítástechnikai infrastruktúrája

Az ECMWF immár több mint 30 éves sikertörténetének egyik záloga a folyamatosan fejlesztett számítástechnikai infrastruktúrája. Az egyre komplexebb numerikus modellek futtatásához, valamint a magas szintű mindennapi munkavégzéshez kellően nagy kapacitású, de ugyanakkor felhasználóbarát számítógépes rendszere van szükség.

A numerikus modellek futtatása rendkívül számítási-igényes, csak szuperszámítógépekkel képzelhető el. Az ECMWF-ben jelenleg a szuperszámítógépes rendszer egy új fázisának megvalósítása van folyamatban. Ennek részeként két egyenértékű „IBM POWER6 Cluster 1600” rendszer (klaszter) van üzembe állítva, amelyek egyenként 286 darab „pSeries p6-575” többprocesszoros szerverből állnak (2. ábra). A szerverek 32 processzort tartalmaznak, amelyek nagy része 64 GB memóriával rendelkezik, így klaszterenként kb. 8700 processzor és kb. 20 TB memória áll rendelkezésre. A két egyenértékű rendszer nagyfokú üzemelési biztonságot tesz lehetővé. Az egyik mindig teljes értékű operatív üzemmenetet tud biztosítani, bármi is történjen a másik



2. ábra Az ECMWF-ben működő egyik „IBM POWER6 Cluster 1600” szuperszámítógép klaszter. Forrás: ECMWF honlap

klaszterrel (meghibásodás, rendszerfrissítés, stb.). A szuperszámítógépes rendszer tartósan fenntartható teljesítménye jelenleg eléri a kb. 20 TFlops értéket (1 TFlops = 1012 darab lebegőpontos számítás másodpercenként). Viszonyításként érdemes ezt összehasonlítani az ECMWF első szuperszámítógépével, a CRAY1 egyprocesszoros gépével, ami 40 MFlops-ra volt képes 1978-ban, vagy napjaink csúcsteljesítményű PC-jeivel, amik elérhetik a 100 GFlops teljesítményt is. A prognózisok előállítását lehetővé tevő szuperszámítógépes kapacitás 25 %-át a teljes jogú tagországok is használhatják saját kutatási céljaikra.

Az ECMWF már 1983-tól egy komplex adatkezelő rendszert (Data Handling System) üzemeltet, amely minden ECMWF felhasználó számára lehetővé teszi az adatok tárolását és igény szerint visszahozatalát. Az Adatkezelő Rendszer három fő komponensből áll. Az IBM nagyteljesítményű adattárolási rendszere (High Performance Storage System) biztosítja a mögöttes archiváló rendszert, amiben az adatok tárolódnak. Az adatrendszer bonyolult szerkezetét, a fájlok fizikai elhelyezkedését két ECMWF-es fejlesztésű alkalmazás segítségével rejtik el a felhasználók elől. Ezek a programok biztosítják az adatok felhasználóbarát elérését. A GRIB (GRIdded Binary) és BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) formátumú fájlokat a MARS (Meteorological Archival and Retrieval System) rendszerén keresztül lehet elérni. Itt jelenleg közel 6 PB (6 millió GB) mennyiségű adat van, amely kb. 10 TB-tal (10 ezer GB) nő naponta. A másik rendszer az ECFS (ECMWF File Storage system) ahol bármilyen jellegű adat tárolható. Itt összesen kb. 1.9 PB-nyi adatot tárolnak, amely naponta mintegy 5–6 TB-tal nő. A MARS rendszerben láthatóan jóval nagyobb mennyiségű adat érhető el, a fájlok száma viszont az ECFS-ben sokkal nagyobb. Ott ugyanis kb. 47 millió fájlt tárolnak a MARS kevesebb, mint 4 millió fájljával szemben.

Az ECMWF-ben LINUX-os deszktop PC-ket használnak munkaállomásként. Ezekről minden fontos felhasználói alkalmazás egységesen elérhető el, így a web, e-mail vagy például szövegszerkesztők. De ugyanígy több más fontos szoftver is központilag működik, a METVIEW (megjelenítés), XCdp (grafikus program rendszerező/futtató alkalmazás) vagy a prepIFS (grafikus modellfutás konfiguráló alkalmazás) is alapkonfigurációként elérhető minden egyes PC-ről. A Windows alkalmazások használatát a VMware programon keresztül biztosítják.

A PC-ken való munka során a permanens fájlok, programok tárolására, a napi munkára a HOME fájlrendszert használják, amiről naponta készül biztonsági mentés. Ez viszonylag kis, kvótával védett tárhelyet jelent (100MB – 1GB). Emellett egy sokkal nagyobb munkakönyvtár is rendelkezésre áll (SCRATCH), ahol már

10GB nagyságrendig lehet fájlokkal dolgozni. Ez a rendszer már csak időleges tárolására alkalmas, szükség esetén a legrégebbi fájlokat a rendszer automatikusan törli, csak a három napnál fiatalabb fájlokat tartják meg biztosan. A programok futtatásához egységes és központilag kezelt időleges fájlszerver áll rendelkezésre. A TMPDIR vagy SCRATCHDIR rendszerek munkakönyvtárakként funkcionálnak, a programok futásakor jönnek létre, és azok befejeztével automatikusan törölődnek is a rendszerből. A tárhely ezeken a rendszereken lényegében korlátlan. Az ezeken kívüli saját adatokat az ECFS rendszerében tárolhatják a felhasználók, ami már gyakorlatilag is korlátlan tárhelyet jelent.

Mindezek mellett a szuperszámítógépes és adattárolási rendszereket több szerver, köztük két nagybiztonságú, egészíti ki az ECMWF-ben. Ez utóbbiakon működik például a disszemináció rendszere, ami a tagországok felé az előrejelzési adatok továbbítását jelenti. A szerverek közül kettő általános célú szerverként működik. Az egyik szerver (linux cluster) ECMWF-es belső használatra van fenntartva. A desktop PC-k mellett ezen a szerveren lehet különböző, nagyobb erőforrás igényű programokat, adatfeldolgozó rutinokat, utófeldolgozásokat, stb. futtatni. A másik általános célú szerver (ecgate) kizárólag a tagországok számára van fenntartva, az előbbihez teljesen hasonló célra.

Végül érdemes még megemlíteni az ECMWF külvilággal való kapcsolatát. A tagországok az Angol Meteorológiai Szolgálat (UKMO) kivételével az ún. RMDCN (Regional Meteorological Data Communication Network) rendszerén keresztül kapcsolódnak az ECMWF-hez, ami eredetileg a WMO VI-os régiójának, de ma már más országoknak is, a Nemzeti Meteorológiai Szolgálatait összekapcsoló adathálózat. Emellett egy nagysebességű internetes kapcsolódási pontja is van az ECMWF-nek, amellyel egy nagy-britanniai hálózathoz kapcsolódnak 350 Mbps sebességgel.

Az ECMWF tevékenysége

A központ legfőbb feladata a középtávú numerikus előrejelzések fejlesztése, az előrejelzési produktumok operatív előállítás, tárolása, valamint továbbítása a tagországok felé. Az ECMWF első operatív numerikus modell produktuma, egy 10 napos determinisztikus előrejelzés, 1979 augusztusában készült el. A mindenkori operatív modell évente 2–3-szor bekövetkező frissítése mellett az évek során a következő fontosabb változások történtek:

A légkör tulajdonságainak előrejelzése mellett a determinisztikus modell 1992-től kiegészült egy óceáni hullám előrejelzési szegmessel is. Ugyancsak 1992-ben vezették be a determinisztikus modellek mellett az ún. ensemble előrejelzések rendszerét (EPS), amely a kezdeti feltételekben meglévő bizonytalanságok modellezésével időjárási alternatívák együttesét jelzi előre,

lehetővé téve valószínűségi produktumok előállítását, az előrejelzések hibájának becslését. 1998-tól már az óceán hullám modellre is kiterjesztették az EPS-t.

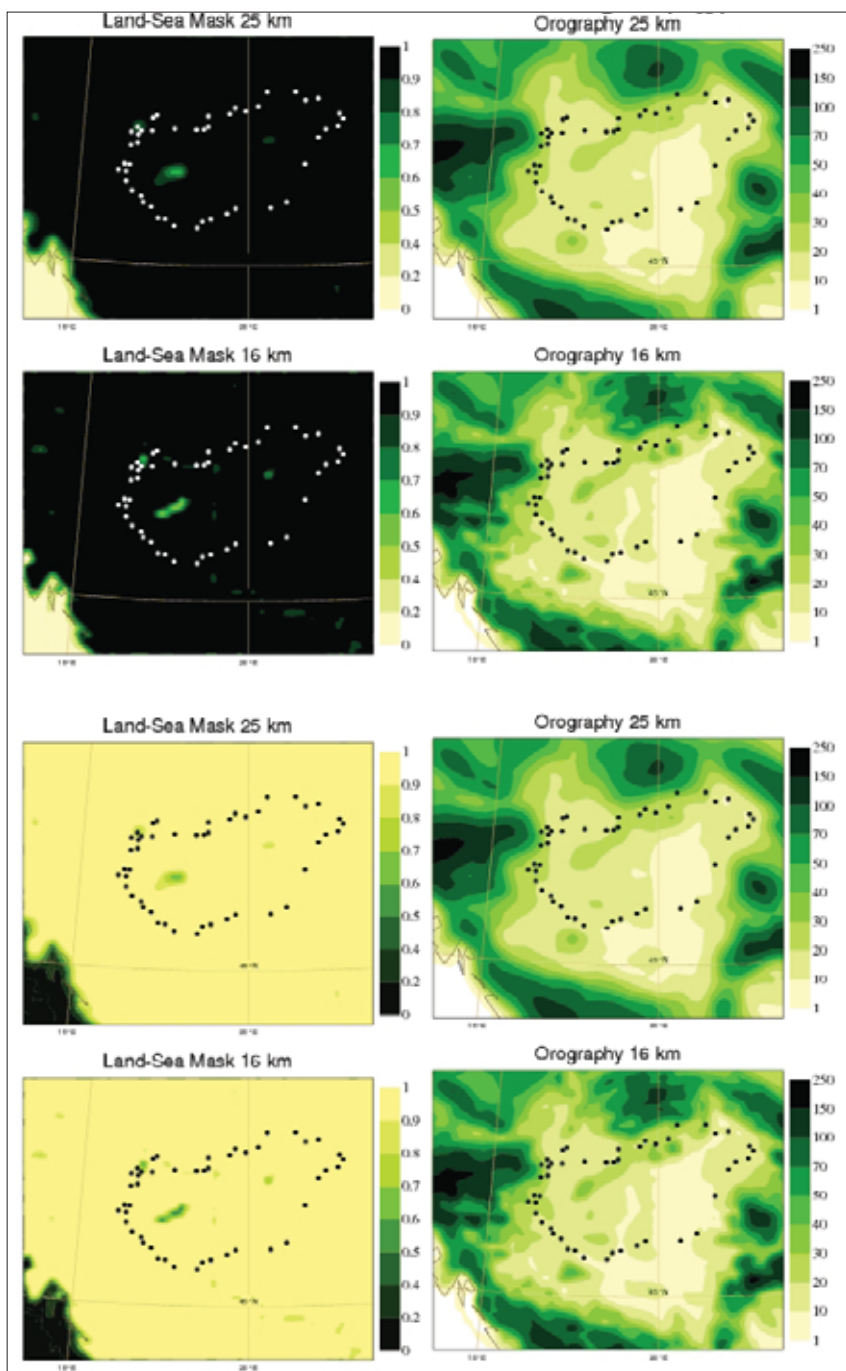
A 90-es évek második fele már az időtávot illetően is változást hozott, ugyanis az ECMWF a hosszabb távú előrejelzések felé is nyitni kezdett. Így 1997-től már szezonális előrejelzések is készülnek, havonta egyszer a 2–6 hónapos időtávra. Újabb modell változat 2002-től jelent meg, amikor a középtávú, 10 napos alap modellek (determinisztikus és EPS) és a szezonális előrejelzések között meglévő űrt betöltő egyhavi előrejelzéseket vezették be. Az egyhavi előrejelzés hetente egyszer készül 32 napos időtávra.

A középtávú modellek futtatási gyakorisága 2003 márciusában változott, amikortól a 12 UTC mellett már 00 UTC-kor is futtatják a modellt. A felhasználást tekintve a 00 UTC-s modellváltozat 2004-től vált egyenértékűvé a 12 UTC-vel. A 00 UTC-s futást ugyanis az ún. Early Delivery System bevezetése keretében 3–4 órával előbbre hozták, ami lehetővé tette, hogy a reggeli, délelőtti operatív előrejelzői munkában ez legyen a fő előrejelzés. Szintén jelentős változás volt az ECMWF modell struktúrájában 2006 novemberében, amikor áttértek az ún. VarEPS rendszerre, amelyben a 10 napos determinisztikus modell mellett az EPS teljes felbontással csak 10 napig fut, azt követően 15 napig kisebb felbontással készül. A VarEPS rendszerébe 2008 márciusában az egyhavi előrejelzéseket is beillesztették, így attól kezdődően ezek az előrejelzések egyszerűen a csütörtök 00 UTC-s modellfutás 32 napig történő továbbintegrálásával készülnek. Ezzel párhuzamosan bevezetett újdonság volt az egységesített EPS reforecast (újrafuttatás) rendszer, amely előrejelzések kalibrációját teszi lehetővé. Ennek keretében csütörtökönként 00 UTC-kor a modellt az elmúlt 18 évre is futtatják. A hatalmas számítási igény miatt jelenleg csak 4+1 EPS tagot (a kontroll és 4 perturbált tag) tartalmaz a rendszer. Ez összességében lehetővé teszi például egy 450 elemből álló EPS modell klíma kialakítását, amelyben öt egymást követő csütörtöki modellfutást veszünk figyelembe (egy csütörtöki reforecast csomag 18 évvel és 5 EPS taggal 90 előrejelzést jelent).

A cikk írása körüli időszakban az ECMWF-ben a VarEPS-monthly egyesített előrejelzési rendszer horizontális felbontásának növelésére készültek. Az *I. táblázatban*

Modell felbontás	Determinisztikus		EPS			
	0 - 240 óra		0 - 240 óra		240 - 360(768) óra	
	jelen	jövő	jelen	jövő	jelen	jövő
Spektrális	T799	T1279	T399	T639	T255	T319
Horizontális grid	~25 km	~16 km	~50 km	~30 km	~80 km	~60 km
Disszemináció	0.25	0.125	0.5	0.25	0.5	0.5
Vertikális szintek	91	91	62	62	62	62

I. táblázat Az ECMWFmodellek jelenlegi és jövőbeli felbontásának különböző jellemzői: a spektrális csontkítás száma, a horizontális rácsátvolság, a disszeminációban alkalmazható optimális szélesség/hosszúság rácsátvolság (fokban), valamint a modell vertikális szintjeinek száma.



3. ábra Az ECMWF jelenlegi (első és harmadik sor) és jövőbeli (második és negyedik sor) horizontális felbontásának (25 km és 16 km) összehasonlítása a tenger/szárazföld (Land-Sea Mask) és az orográfia (Orography) modellbeli kezelésén keresztül. A tenger/szárazföld mező esetében a 0 tisztán tengernek, az 1 tisztán szárazföldnek felel meg a modellben. Az orográfia esetében a skála mértékegysége dekaméter.

összefoglaljuk a jelenlegi és a várhatóan 2009 decemberétől érvényes modell jellemzőit, a 3. ábrán pedig a determinisztikus modellben bekövetkező változást szemléltetjük a tenger/szárazföld (LandSea Mask) és az orográfia (Orography) modellbeli kezelésén keresztül.

A modellkonfiguráció változtatása egyelőre csak a horizontális felbontást érinti, a vertikális szintek száma

változatlan marad (I. táblázat). A vertikális felbontás előreláthatóan 2010 nyaratól fog növekedni. Az ECMWF eddig is nagy felbontásúnak számító globális modelljei ezzel a módosítással még realisztikusabbá válnak. A determinisztikus modell például a hozzávetőleg 16 km-es horizontális ráctávolságával nem is olyan régen még a korlátozott tartományú modellekénél (LAM) is jónak számított volna. Ezen a ráctávolságon már az Északi-középhegységben elkülönül egymástól a Mátra, a Bükk, de még a Zempléni hegység is. Ugyanígy figyelemre méltó, hogy a vizeink közül a Balaton, a Fertő-tó és a Tisza-tó is részben vízfelszínként rajzolódjanak ki, sőt egy kicsit még a Duna vonala is felsejlik a térképen (3. ábra).

A numerikus modellek fejlesztése és futtatása mellett az ECMWF ugyancsak kiemelten foglalkozik a tagországok számára különböző jellegű továbbképzések tartásával. Ezek három különböző területre koncentrálnak:

Az év folyamán az első továbbképzés csoport 6 modulja összesen 20 napot fed le. Ezen a résztvevők betekintést nyernek az ECMWF számítástechnikai rendszerébe, valamint a központban használt, fejlesztett szoftverek működésébe, így a szuperszámítógépek, az archiváló rendszerek (MARS/ECFS), a programütemező rendszer (SMS/XCdp), a GRIB feldolgozó csomag (GRIB API), vagy a megjelenítő rendszerek (MAGICS, METVIEW) használatába.

Időrendi sorrendben a második csoport az ECMWF előrejelzési produktumainak felhasználásával, interpretálásával kapcsolatos tréning. Ez egy 5 napos tréning, amit

az év során még kétszer megismételnek. A összesen három tréningből kettőn a tagországokból vehetnek részt kollégák, a harmadik pedig a WMO országok számára van fenntartva. A tréninget előrejelzők és általában előrejelzési produktumokat használók számára fejlesztették ki. Az ECMWF előrejelző rendszere és a fontosabb produktumok vannak bemu-

tatva előadásokon és gyakorlati foglalkozásokon keresztül.

Végül a harmadik terület a numerikus modellezéssel kapcsolatos tréning. Ezen az összesen 4 modulból álló, 30 napot lefedő tréningen az előrejelezhetőség, a modell diagnosztika, a hosszabbtávú előrejelzések módszerei, a numerikus módszerek, a modellek felépítése, az adatasszimiláció és a modellek különböző parametrizációs eljárásai kerülnek terítékre.

Az ECMWF a tevékenységét a tagországok érdekében, azok igényei szerint végzi. Ennek megfelelően az ECMWF működése egy sokcsatornás, kétoldalú információ-cserére épül. Az ECMWF-ben nagy számban tartanak találkozokat, konferenciákat, bizottsági üléseket a tagországok képviselőivel. Ezek közül az egyik legfontosabb az évente egyszer megrendezésre kerülő, az előrejelzési produktumokkal kapcsolatos ún. „Users meeting”, vagy felhasználói találkozó. Itt az ECMWF bemutatja az aktuális év fejlesztéseit, újdonságait, a tagországok képviselői pedig az ECMWF produktumokat érintő saját tapasztalataikról, fejlesztéseikről, új igényekről, vagy akár az ECMWF produktumait érintő problémákról beszélnek.

Szintén fontos lehetőség az információcserére a két-évente sorra kerülő szakmai jellegű látogatás a tagországba, amelyeken két ECMWF-es kolléga (1–1 szakértő az Operatív- és a Kutatási Főosztályokról) vesz részt. A látogatások alkalmával a „Users Meeting”-hez hasonló módon cserélnek információkat az ECMWF és a tagországok szakemberei.

Az ECMWF igen széleskörű szakmai együttműködést folytat a tagországi mellett egy sor más szervezettel is. A fontos partnerek között van például az EUMETSAT, EUMETNET, WMO vagy éppen az Európai Bizottság, stb. Az ECMWF számos projekt résztvevője. Ilyen projektek például a globális megfigyelési rendszert érintő EUCOS projekt (EUMETNET Composite Observing System), a szezonális előrejelzéseket szolgáltató EUROSIP rendszer, a THORPEX (az előrejelzések beválás-javulásának gyorsítására létrejött 10 éves WMO program) ensemble előrejelzésekkel kapcsolatos TIGGE projektje (THORPEX Interactive Grand Global Ensemble), vagy például a GEMS projekt utódja, a klímaváltozással, levegő-minőséggel kapcsolatos légköri alkotóelemek modellezésével foglalkozó MACC (Modelling Atmospheric Composition and Climate) projekt.

Általában elmondható, hogy a világszínvonalú numerikus modellező tevékenység fenntartását biztosító igen aktív szakmai élet, a sok szakmai együttműködés gyümölcseként az ECMWF mindennapjainak természetes velejárója valamilyen meeting, workshop, konferencia vagy éppen tréning. Így átlagosan szinte minden második napra esik valamilyen esemény.

Kapcsolódási pontok az OMSZ és az ECMWF között

Az ECMWF-ből származó modell produktumokat először a 80-as évek közepe táján kezdték el használni az OMSZ-ben. Sokáig csak néhány mező volt elérhető, és azok is csak GRID formátumban (gridpontok adatai felsorolva egyszerű szövegfájlban), amiket még kézzel kellett felírni térképekre, majd „kihúzni” az izovonalakat. Kezdetleges számítógépes megjelenítési lehetőség csak évek múlva jelent meg. Az ECMWF-ből számszerű előrejelzési adatok operatíván 1995 elejétől érkeznek, a technikai rendszer hivatalos átadása 1995 áprilisában történt meg. Az ECMWF által használt GRIB fájlformátum, amely a mai napig a rácsponti meteorológiai adatok egyik fő tárolási és továbbítási fájlformátuma, ekkortól kezdődően van használatban az OMSZ-ban. 1997-től már az ECMWF által fejlesztett, METVIEW nevet viselő meteorológiai megjelenítő szoftver (és a háttérben használt MAGICCS grafikus rendszer) is elérhetővé vált idehaza is. Ezt a programcsomagot operatív előrejelzési produktumok előállításához, valamint kutatási célokra, például különböző esettanulmányoknál adatok megjelenítésére használjuk. Szintén az ECMWF-hez köthető az is, hogy az operatív megjelenítő rendszer, a HAWK (Hungarian Advanced Workstation) által használt NetCDF (Network Common Data Form) formátummá való konvertálás 2007-től már az ECMWF-ben kifejlesztett GRIB API dekódoló szoftverrel történik az OMSZ-ban.

Az ECMWF-ből érkező előrejelzési mezők, alapproduktumok már a kezdetektől fontos szerepet játszanak az OMSZ operatív előrejelzési tevékenységében, az utóbbi években pedig már egyértelműen az ECMWF modelljei jelentik a mércét a napi közléstávú előrejelzési munkában. Az ezredfordulótól az ECMWF adatokra épülő, az OMSZ igényeire szabott felhasználói produktumokkal kapcsolatos fejlesztések is felgyorsultak. Ilyen produktum például a saját előállításában készülő különböző EPS meteogram, fáklya diagram, vagy például a kárpát-medencei klaszterezés. De ugyanígy az OMSZ hosszú távú előrejelzési produktumai is már évek óta az ECMWF egyhavi és szezonális előrejelzéseire alapozva készülnek.

Az OMSZ és az ECMWF kapcsolatának elmélyítése céljából 2000-től kezdődően évente egy munkatárs 3 hónapos tanulmányúton vett részt az ECMWF-ben. 2000–2005-ig az Operatív Főosztály, majd 2006–2007-ben a Kutatási Főosztály fogadta a látogatókat. Emellett 2001-től megnyílt az út ún. OMSZ regisztrált felhasználók létrejötté előtt. Ez kezdetben 3, ma már kb. 30 kollégát jelent. Ennek keretében lehetőség van az ECMWF tagországok számára fenntartott szerverének (ecgate) használatára, azon programok futtatására, a MARS archívum közvetlen elérésére.

Az előbbieket mellett 2002 után a társult tagországok számára, így a magyar kollégák számára is lehetőség nyílt arra, hogy az ECMWF-ben munkát vállaljanak. Az OMSZ flottájából eddig hárman jártunk alkalmazottként az ECMWF-ben. *Radnóti Gábor* a Kutatási Főosztály Adatasszimilációs Osztályán, *Kertész Sándor* pedig az Operatív Főosztály Grafikai Szoftverek Osztályán dolgozik jelenleg is.

Személyes benyomások

Az ECMWF-ben kellően nagy személyi háttér áll rendelkezésre a szakmai munka zökkenőmentességének biztosításához. Ez többek között az úgynevezett „call desk” rendszeren keresztül működik, amely egy néhány kollégából álló csapatként folyamatosan fogad hibabejelentéseket, informatikával kapcsolatos kéréseket, igényeket. Azokat, ha szükséges, a megfelelő szakemberekhez továbbítják, akik a lehető legrövidebb idő alatt segítenek, vagy a hibát kijavítják. A mindennapi munkát szintén nagyban segíti a géppark ütemezett, az informatika fejlődésének megfelelő megújítása, valamint a munkaállomások esetében mindenütt egységesen használt, rendszeresen frissített szoftver bázis. A rendszerkarbantartások és szoftverfrissítések (ún. System Sessions) szinte kivétel nélkül előre bejelentett időben, általában szerdánként történnek.

Az ECMWF egyik nagyon fontos vívmánya, hogy teret biztosít a különböző tagországokból érkezett kollégák közti gyümölcsöző szakmai ötletcserére. Gyakran vannak konferenciák, meetingek, ami kiváló lehetőség az ott dolgozóknak az ismeretek bővítésére, a nagyobb események ugyanis mindig nyitottak a belső közönség számára.

Kiemelkedően fontos szakmai esemény az ún. OD/RD meeting, az Operatív- (Operations Department) és Kutatási (Research Department) Főosztály közös, egynapos értekezlete. Ezen a negyedéves meetingen mindig az elmúlt negyedévet elemzik a numerikus modellek teljesítménye szempontjából. Több előadás hangzik el, amelyeken górcső alá veszik a különböző modellek teljesítményét (determinisztikus, EPS, egyhavi és szezonális modell), azoknak a konkurencia (NCEP, UKMO, stb.) modelljeihez való viszonyát. Elemzik az elmúlt évekhez viszonyított változást, a fontosabb szinoptikus helyzeteket, igyekeznek rámutatni a modellek hiányosságaira, vagy éppen az újítások előnyös hatásaira. Az értekezlet mindig egy összefoglaló megbeszéléssel zárul, ahol meghatározzák a felmerült problémákhoz kapcsolódó akcióterveket.

A kollegiális kapcsolatok fejlesztésére az ECMWF-ben nagy hangsúlyt fektetnek. Rendszeresen szerveznek, kulturális rendezvényeket a dolgozók és családjaik számára. Ez a törekvés leginkább abból fakad, hogy a dolgozók egy másik ország kultúrájába, mindennapjaiba csöppennek bele, és az otthoni, családi, baráti

kapcsolatokra nem számíthatnak nap, mint nap. A rendezvények lehetőséget kínálnak arra, hogy a kollégák családjai is megismerjék egymást, tapasztalatot cseréljenek.

Az ECMWF az egészség megőrzésére is kiemelt figyelmet fordít. Több más ECMWF-hez közeli, könnyen elérhető sportolási lehetőség mellett rendelkezésre áll egy gimnasztikai terem öltözőkkel, melyet a dolgozók munkaidőn kívül (beleértve az ebéd időszakát is 12 és 2 között) szabadon igénybe vehetnek. Emellett a kollégák önszerveződése keretében rendszeresen sportversenyeket, barátságos mérkőzéseket tartanak különféle sportágakban, például futás, foci vagy éppen pingpong.

Nekem az Operatív Főosztály Meteorológiai Divíziójának Meteorológiai Folyamatok Osztályán volt lehetőségem dolgozni. Ez az osztály a felelős az előrejelzési produktumok fejlesztéséért és előállításáért, az operatív produktumok verifikációjáért, továbbá az előrejelzési tréningért, valamint más monitoring tevékenységekért is. A feladataim közé elsősorban az előrejelzési produktumok fejlesztése és a verifikáció tartozott. Felelős voltam az ún. EFI-vel (Extreme Forecast Index) kapcsolatos fejlesztésekért, operatív felügyeletért. Tevékenyen részt vettem a tréningek lebonyolításában is, valamint az osztályon készülő új produktumok tervezésében, kialakításában, például a 15 napos EPS meteogram, vagy az EFI-n alapuló, interaktív, klikkelhető webes alkalmazás kialakításában.

A fejlesztő munka mellett az ún. „daily report” elkészítésének is részese voltam, ami egy naponta, belső használatra, készülő webes dokumentum, az ECMWF modelljeit érintő aktuális érdekességekkel, szükség szerint rövid elemzésekkel, verifikációval kiegészítve. A riportba, az adott napon, a modell fejlesztése szempontjából említést érdemlő témák kerültek be, például szélsőséges időjárási események, nagyobb előrejelzési inkonzisztenciák, verifikációs statisztikák, sőt esetenként akár modell problémák is, stb.

Zsótér Ervin

Irodalom

Austin Woods, 2006: Medium-Range Weather Prediction – The European Approach. Kiadvány az ECMWF történetéről. Megjelent az ECMWF gondozásában. ECMWF honlap: <http://www.ecmwf.int/>



ECMWF épületei

A NÖVÉNYZET ÉS A LÉGKÖR KÖZÖTTI KAPCSOLAT ERŐSSÉGE

Bevezetés

A felszín és a légkör közötti kölcsönhatás mértékét leíró paramétert mikrometeorológiai modellek segítségével határozhatjuk meg, de számszerűsítése manapság már egyes általános cirkulációs modellek segítségével is elvégezhető (Koster et al., 2004; Seneviratne et al., 2006). A klíma modellekkel végzett számítások során összehasonlították a felszín-légkör kölcsönhatás elhanyagolása, illetve el nem hanyagolása mellett kapott eredményeket. Vizsgálataik azt mutatták, hogy az éghajlati modelleknek a felszínhez való csatolásából eredő hatások összemérhetők az éghajlatváltozásból eredő hatásokkal, pl. a 2 m-es napi hőmérsékletek szórásában. Ez azt mutatja, hogy a felszín és a légkör közötti kölcsönhatás kitüntetett szerepet játszik az időjárás alakulásában.

Kölcsönhatás-vizsgálatok a mikrometeorológiai modellek mért légköri állapothatározókon való futtatásával is végezhetők. Ilyen lehetőségeket nyújtanak, pl. az ún. Ω -együthtató becslésén alapuló módszerek. Az Ω -együthtató a sztómák és a felettük levő levegő kapcsolatának erősségéről ad számszerű becslést. E tanulmány célja e módszer ismertetése és egyes érdekesebb eredményeinek bemutatása.

Adatok

A mért légköri állapothatározók (2 m-es magasságban mért léghőmérséklet (T), a légnedvesség, a globálisugárzás (S) és a légköri viaszugárzás, valamint a 10 m-es magasságban mért szélesség (u)) a németországi Braunschweig állomásról származnak, a vizsgált időszak 1992. márc. 28-ápr. 3-ig terjed. Ezek segítségével egyes hiányzó légköri állapothatározók és a számunkra szükséges felszíni energia- és vízáramok megadhatók. E néhány nap leforgása alatt két gyengébb hidegfront érintette a területet (Seres és Ács, 2007), ami biztosította az adatsor változatoságát.

Modell

A korábbi modellek, melyek felhasználták ezt az adatbázist, két nagy csoportra oszthatók: modellek, melyeknél a hangsúly a légköri rétegződés számításán van; ezekben a talajvízkészlet változatlan az időben, és modellek, melyekben a talajvízkészlet időbeli változásának számításán van a hangsúly; ezekben viszont a légköri rétegződés nincs figyelembe véve. Az elemzésben használt modell, a fent említett két fő modell-típus jó tulajdonságait vonja össze, azaz számításba veszi mind a légköri rétegződés, mind pedig a talajvízkészlet időbeli változásait is. A légköri rétegződés számításának részletes leírása megtalálható Czúcz és Ács (1999) munkájában. A növényzet transzspirációját Chen és Dudhia (2001) munkája alapján

jellemeztük, ennek leírása megtalálható, pl. Ács és Szinyei (2008) tanulmányában. A talajvízkészlet számításának leírását olvashatjuk, pl. Márffy és Ács (2002) cikkében.

Bizonyos tulajdonságok leírásához nélkülözhetetlen a légköri rétegződés számítása. Neutrális légrétegződés esetén egy légrézecske elmozdulását követően, továbbra is egyensúlyi állapotban van. A rétegződés lehet stabilis is, ebben az esetben az elmozdított rezecske igyekszik a korábbi helyzetébe visszatérni. Ilyen rétegződés van jelen, pl. őszi ködös napokon. Harmadik rétegződési típus a labilis rétegződés, amely általában napközben jelentkezik az alsóbb légrétegekben. E rétegződés fontos szerepet tölt be a zivatarok képződése során. Ilyenkor a légrézecske gyorsuló mozgással távolodik a kiindulási helyéről. A rétegződés megállapításához a Monin-Obukhov (1954) módszert alkalmaztuk. A módszer függőleges hőáram és a vertikális szélnyírás számításba vételével határozza meg a légköri rétegződést. A módszer alapparamétere a Monin-Obukhov-féle hossz (L_{mon} [m]). Esetünkben, ha az $|L_{mon}| > 800$, a rétegződés neutrális, ha $-800 < L_{mon} < -1$, akkor a rétegződés labilis, és ha $1 < L_{mon} < 800$ akkor a légrétegződés stabilis. A vízkészlet számításánál figyelembe vesszük a rétegződéstől függő párolgási energia (LE) változásait, illetve a talajban a függőleges és vízszintes irányú vízmozgásokat is. A függőleges vízmozgás számítása 2 talajrétegben történik, melyek mélysége 10 illetve 50 cm. Mivel az állomáson nincs talajvízkészlet mérés, ezért a kezdeti értéket az évszaknak és a talajtípusnak megfelelően becsültük.

Az Ω -együthtató

A növényzet párolgása a növények levelein található gázcserenyílásokon, az ún. sztómákon keresztül zajlik. A sztómákat a növényzet a környezeti tényezők (pl. nap-sugárzás – melyet a számításokban a globálisugárzás (S) reprezentál –, talajnedvesség) függvényében nyitja vagy zárja, így irányítva az anyagforgalmát. Az Ω dimenziótlan együthtató, mely a növényzet és a légkör közötti kapcsolat erősségét jellemzi, tulajdonképpen a növényi párolgás relatív érzékenységét fejezi ki a sztómavezetésben bekövetkező változásokra (Jarvis és McNaughton, 1986). A sztómavezetés fogalma az elektromosságban alkalmazott vezetési fogalmához hasonlítható, a növényzet gázcseréjének (jelen esetben vízgőz) mértékét jelöli. Amikor az $\Omega \rightarrow 0$, akkor a transzspiráció (növényi párolgás) sztóma kontrollja magas, és a sztómavezetés megváltozásának hatására arányosan változik a párolgás is. Ilyenkor a felszín közeli levegővel való kapcsolata, azaz a légköri állapothatározóktól való függése erős (Kumagi et al., 2004). Amikor az $\Omega \rightarrow 1$, akkor a növényi párolgást inkább a beérkező sugárzás és nem a felszín közeli levegő

állapota határozza meg (Wullschleger et al., 2000). Ilyenkor a felszín közeli levegővel való kapcsolata, azaz a légköri állapotváltozóktól való függése gyenge. A sztómák működtetése elsősorban a napsugárzástól és a rendelkezésre álló talajnedvességtől függ, de más tényezők is szerepet kapnak. Általánosan elmondható, hogy a sztómák által irányított párolgás függ a sztómavezetéstől/ellenállástól, a telítési vízgőzhánytól és a hőmérséklettől. Ezt a kapcsolatrendszer az Ω -együttható segítségével a következőképpen írjuk le:

$$\Omega = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1 + \frac{r_f}{r_a}} \quad (1)$$

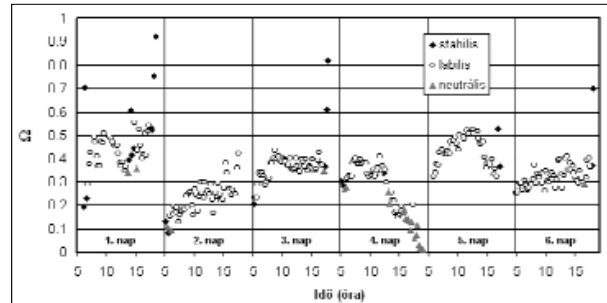
A gőznyomástól (e) való függést a telítési gőznyomás hajlatának (Δ) és a pszichrometrikus állandónak ($\gamma = 0,65$) a hányadosa írja le ((1) egyenlet). A növényzet és a légkör kapcsolatát így gyakorlatilag a felszíni ellenállás (r_f) és a légköri ellenállás (r_a) hányadosa definiálja. A Δ a T függvénye; az r_f a változó paraméterek közül az S , a T és a talajvízkészlet (Θ) függvénye. További szükséges paraméterek a levélfelületi index (LAI), a zöldellési index (GLF) (a zöld és a teljes levélfelület aránya) és a minimális sztóma ellenállás ($r_{smin} = 40 \text{ sm}^{-1}$). Az r_a az u és az érdességi paraméter (z_0) függvénye, számítása függ a légköri rétegződéstől (stabilis, labilis, neutrális). Mivel az r_f számításához szükséges az S , ezért az eredmények közül elsősorban azokat az eseteket mutatjuk be, amikor az $S > 0$ (nappal).

Eredmények

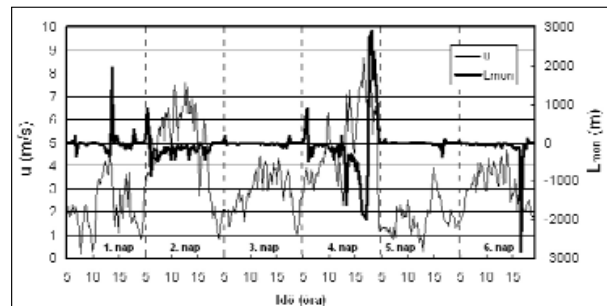
A légrétegződés figyelembevételével kapott Ω időbeli változása az 1. ábrán látható. A sugárzásmentes időszakot, illetve azokat az eseteket, amikor az $|L_{mon}|$ nagyon kicsi ($|L_{mon}| < 1 \text{ m}$) vagy nagyon nagy ($|L_{mon}| > 3000 \text{ m}$) – mert ezek kívül esnek az elmélet alkalmazhatóságán – nem ábrázoltam. Az egyes napok jól elhatárolódnak egymástól. Amint látható, az Ω -értékek többnyire labilis rétegződésre vonatkoznak. Hosszantartó stabilis rétegződés általában éjszaka van. Ekkor – a számítások alapján – az Ω 0 körüli. Látható azonban, hogy előfordul stabilis rétegződés a napok kezdetén és végén, de ilyenkor az Ω értéke általában magas. Ez a jelenség annak köszönhető, hogy hajnalban és naplemente idején a felszíni és aerodinamikai ellenállások azonos nagyságrendűek, valamint annak, hogy ebben az időszakban a növényzet elsősorban a napsugárzás hatására működteti a sztómákat, azaz a növény-légkör rendszer nem csatolt ($\Omega \rightarrow 1$).

Az első és az ötödik nap esetében jól észrevehető a napi menet, a sugárzás változásával együtt változik az Ω is. Ezeken a napokon a labilis rétegződésre vonatkozó Ω -értékek a legmagasabbak. A második és negyedik napon egy erőteljes emelkedő, illetve csökkenő tendencia van. A tendenciák az átvonuló hideg frontok következményei. Seres és Ács (2006) munkájukban leírták, hogy ezeken a

napokon, hajnalban, illetve a késő délutáni órákban gyenge hidegfrontok vonultak át az állomáson. Mindkét esetben megerősödött a szél és labilizálódott a légkör (2. ábra). Ezeken a napokon az Ω alacsony értékű, tehát a növényzet és a légkör közötti kapcsolat erős, amit jól mutat az is, hogy az Ω -ban bekövetkező változások összhangban vannak az L_{mon} változásaival. A negyedik napon a hidegfront elvonulása után a légkör neutrális rétegződésűvé vált, ez a hidegfrontot követő nagyfokú stabilizáció eredménye.



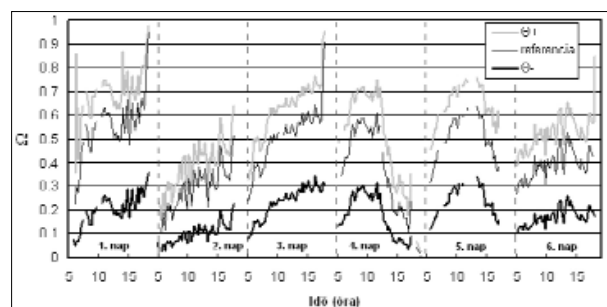
1. ábra: A légrétegződés figyelembe vételével kapott Ω időbeli változása (1992. 04. 28. 05:14 - 05. 03. 19:59).



2. ábra: A szélsébség (u) és a Monin-Obukhov-féle hossz (L_{mon}) időbeli változása (1992. 04. 28. 05:14 - 05. 03. 19:59).

Érzékenységi vizsgálat

Az Ω vizsgálatánál különböző érzékenységi vizsgálatokat is elvégeztünk. Az egyik ilyen elsődlegesen vizsgált változó a Θ (3. ábra), amely a környezeti tényezők közül (T , u , e és Θ) legerősebb hatású tényező az Ω változásaira. A hatásvizsgálatot a légköri változók $\pm 20\%$ -os és a $\Theta \pm 15\%$ -os változásaira végeztük. Az ábrázolás során az 1. ábrára vonatkozó feltételeket alkalmaztam. Az Ω nem egyforma mértékben reagált ugyanakkora pozitív és



3. ábra: Az Ω időbeli változásának érzékenysége a Ω változásaira.

negatív irányú Θ -változásokra. A talajvízkészlet megnövekedésével az Ω megnőtt, de e növekedés a referencia esethez képest kisebb mértékű, mint a Θ csökkenésével bekövetkező Ω -csökkenés. A talajvízkészlet csökkenése az Ω -t a harmadára csökkentette, amellyel a transzspiráció csökkent, és – mivel a beérkező energia nem változik – a szenzibilis hőáram megnövekedett. A növényzet szerepe a sztómavezetés irányításában tehát rendkívül megnőtt.

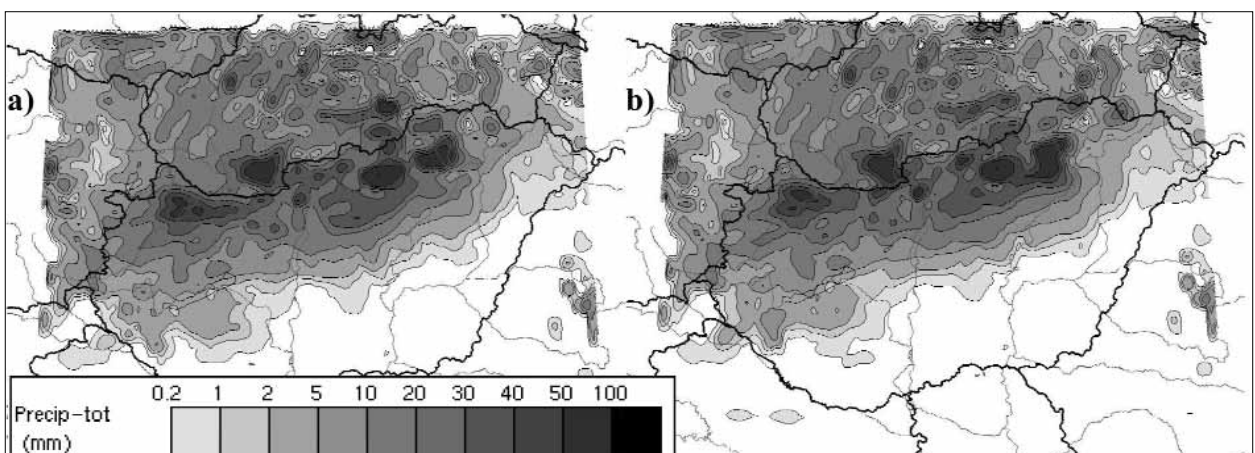
A megnövekedett szenzibilis hőáram hatására a légkör labilisabbá, míg fordított esetben stabilabbá válik. Ennek nagy szerepe van, főleg akkor, amikor a helyi hatások jellemzik az időjárást, ugyanis, ha a szenzibilis és a látens hőáram aránya növekszik a sugárzási egyenleg változatlansága mellett (mint ahogyan ez a száraz esetben történt), akkor csökken a konvektív csapadék kialakulásának esélye (Segal et al., 1995). Következésképpen, ha nem elég pontosan becsüljük a talajnedvességet (ami általában jellemző a meteorológiai modellekre, (Goodfrey és Stensrud, 2008; van den Hurk et al., 2000)), akkor nem csak a párolgás mértéke változik, hanem a légköri rétegződés is, amelynek hatására a felszín és légkör közötti energia átvitel számítása is felborulhat.

A többi tényező közül a T hatása hasonló a Θ hatásához. A T növekedésével növekszik az Ω is. A hőmérséklet növekedése bizonyos mértékig kedvező hatású a növényzet számára. Esetünkben a T 5–15°C volt, így a T növekedésével növényzet sztóma kontrollja csökkent, tehát emelkedett az Ω . A szélességben (u) és a gőznyomásban (e) végzett változások nem eredményeztek jelentős Ω -változásokat, de hatásuk a korábbi változók hatásához képest fordított volt.

Vizsgálatainkban eddig csak a nappali időszakot szemlélünk, azonban a numerikus időjárás előrejelző modellekben természetesen éjjel is becsülni kell az Ω -val kapcsolatos növényi párolgást. Az Ω a növényzet felszíni ellenállásának is függvénye, amit az S , az e , a Θ és a T is meghatároz. A besugárzás nélküli időszakokban a sugárzásra vonatkozó függvényt – amely, csak úgy, mint a másik három, 0 és 1 között változik – egy előre megadott 0-

nál kicsit nagyobb (pl. 0,0001) értékkel fejezzük ki, hogy a 0-val való osztást elkerülhessük. Ennek következtében a felszíni ellenállás értékei $\approx 10^6 \text{ sm}^{-1}$. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy a valóságban, nem sivatagi körülmények között a legnagyobb ellenállású, tűlevelű növényzet kutikula-ellenállása 7000 sm^{-1} körüli, a lombhullató fák esetében, pedig 1000 sm^{-1} körüli értékekről beszélhetünk (Caird et al., 2007), azaz 2–3 nagyságrenddel kisebbek, mint a besugárzás nélküli időszakban becsült értékek. Numerikus szimulációink során észrevettük, hogy a besugárzás nélküli időszakban az Ω 0,01 körüli, ha a sugárzási hatásfüggvény 0,0001, és 0,2 körüli, ha ugyanez a függvény 0,01 – így a felszíni ellenállás 2 nagyságrenddel kisebb. Azaz, a növényzet és a légkör közötti kapcsolat erőssége a besugárzás nélküli időszakban, jelentős mértékben függ a sugárzási hatásfüggvény éjjeli időszakra vonatkozó, nullához közeli értékétől. Ebben az esetben az Ω becslése függ még a talaj vízkészletétől, továbbá a növényzet borítottságától is (Jarvis, 1976). Számításba véve e tényezőket is, majdnem teljes növényzettel való borítottság esetén és alacsony vízkészlet mellett a különböző Ω -értékekhez (0,2 és 0,01) tartozó növényi párolgás-értékek akár 20%-ot is eltérhetnek. Ugyanez jó vízellátottság esetén csak 1–2%.

A sugárzási hatásfüggvény Ω -ra majd ezen keresztül a párolgásra, és a párolgáson keresztül a csapadéokra kifejtett hatása az éjjeli időszakban az MM5 mezoskálájú modell szimulált csapadékmezőinek bemutatásával illusztrálható. Megjegyeznénk, hogy a vizsgálatban használt MM5 tulajdonságai nem egyeznek meg az operatív alkalmazásban levő modellével, de a felszíni számítások azonos módon zajlanak. Látható, hogy a párolgásban bekövetkező változás egyrészt a lokális zivatarok megjelenését – pl. északi határvidék -, másrészt a konvektív csapadék mennyiségét is befolyásolta (4. ábra). A modellfuttatást egy olyan napra végeztük (2006.06.27.), amely során az átvonuló zivatarláncok az éjszakai órákban érték el hazánk területét. Olyan esetekben, amikor a csapadérendszer még nappal eléri az országot, de éjszaka is van csapadék-



4. ábra: Napi csapadékösszeg 2006. jún. 27-én, MM5-tel végzett futtatás esetén a) eredeti éjszakai, b) csökkentett éjszakai növényi ellenállás, közepes vízkészlet esetén.

tevékenység, a módosítás lényegesen kisebb hatást eredményezett.

Összefoglalás

E tanulmányban a növényzet és a légkör kapcsolatának erősségét elemeztük az ún. Ω -együttható számításával. Láthattuk, hogy a kapcsolat erőssége (az Ω -együttható nagysága) döntően függ a növényzet felszíni ellenállásától (a sztómák nyitottsága/zártsága) és a felszín közeli levegő rétegződöttségétől. MM5 modellszimulációs eredményekkel illusztráltuk azt is, hogy e kapcsolat erőssége hogyan befolyásolhatja a konvektív típusú csapadék tér- és időbeli eloszlását is.

Köszönetnyilvánítás

Az MM5-tel végzett szimulációkhoz Horváth Ákos nyújtott segítséget, amelyeket az NKFP3-00022/2005 projekt keretében végeztünk.

Breuer Hajnalka
ELTE Met. Tanszék

Irodalomjegyzék

- Ács F., Szinyei D., 2008: A csupasz talaj- és a növényi párolgás összehasonlító vizsgálata. *Léggör*, 53(1), 26-29.
- Caird, M.A., J.H. Richards, L.A. Donovan, 2007: Nighttime stomatal conductance and transpiration in C3 and C4 plants. *Plant Physiology*, 143, 4-10.
- Chen, F., J. Dudhia, 2001: Coupling an advanced land surface-hydrology model with the Penn State-NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. *Mon. Wea. Rev.* 129(4), 569-585.
- Czúcz B., Ács F., 1999: A labilis rétegződés parametrizálása a PMSURF növénytakaró modellben: konvergencia vizsgálat empirikus módszerekkel. *Léggör*, 44(2), 2-6.
- Godfrey, C.M., D.J. Stensrud, 2008: Soil temperature and moisture errors in operational Eta model analyses. *J. Hydrometeorol.*, 9, 367-387.

- Jarvis, P.G., 1976: The Interpretation of the Variations in Leaf Water Potential and Stomatal Conductance Found in Canopies in the Field. *Philos. Trans. Roy. Soc. London, Ser.B.*, 273, 593-610.
- Jarvis, P.G., K.G. McNaughton, 1986: Stomatal control of transpiration scaling up from leaf to region. *Adv. Ecol. Res.*, 15, 1-49.
- Koster, R.D., P.A. Dirmeyer, Z. Gou, G. Bonan, E. Chan, P. Cox, C.T. Gordon, S. Kanae, E. Kowalczyk, D. Lawrence, P. Liu, C-H. Lu, S. Malyshev, B. McAvaney, K. Mitchell, D. Mocko, T. Oki, K. Oleson, A. Pitman, Y.C. Sud, C.M. Taylor, D. Verseghy, R. Vasic, Y. Xue, T. Yamada, 2004: Regions of Strong Coupling Between Soil Moisture and Precipitation. *Science*, Vol. 305, Issue 5687, pp. 1138-1141.
- Kumagi, T., T.M. Saitoh, Y. Sato, T. Morooka, O.J. Manfroi, K. Kuraji, M. Suzuki, 2004: Transpiration, canopy conductance and the decoupling coefficient of a lowland mixed dipterocarp forest in Sarawak, Borneo: dry spell effects. *Journal of Hydrology*, 287, 237-251.
- Márfy J., Ács F., 2002: A csupasz talaj felszínközeli réteg nedvességi viszonyainak modellezése a Penman-Monteith-féle képlet alapján. *Léggör*, 47(3), 23-26.
- Monin, A.S., A.M. Obukov, 1954: Basic Laws of Turbulent Mixing in the Atmosphere Near The Ground (Translation in Aerophysics of Air Pollution edited by J.A.Fay and D.O.Hoult, American Institute of Aeronautics and Astronautics, New York, pp.90-119, 1969). *Akademia Nauk SSSR, Leningrad, Trudy Geofizicheskogo Instituta* 151 (No.24), 163-187.
- Segal, M., R.W. Arritt, C. Clark, R. Rabin, J. Brown, 1995: Scaling evaluation of the effect of surface characteristics on potential deep convection over uniform terrain. *Mon. Wea. Rev.* 123(2), 383-400.
- Seneviratne, S.I., D. Lüthi, M. Litschi, C. Schär, 2006: Land-atmosphere coupling and climate change in Europe. *Nature*, Vol. 443, Issue 7108, 205-209.
- Seres A., Ács F., 2006: A szinoptikus helyzetek és a felszín közeli légkör stabilitási viszonyainak párhuzamos elemzése. *Léggör*, 51(3), 20-23.
- Seres A., Ács F., 2007: Hidegfront-átvonulásról másképpen. *Léggör*, 52(3), 18-21.
- Van den Hurk, B., P. Viterbo, A. Beljaars, A. Betts, 2000: Offline validation of the ERA40 surface scheme, ECMWF Technical Memorandum 295, 43pp.
- Wullschlegel, S.D., K.B. Wilson, P.J. Hanson, 2000: Environmental control of whole plant transpiration, canopy conductance and estimates of the decoupling coefficient for large red maple trees. *Agric. For. Meteorol.*, 104, 157-168.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat közleménye

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Elnöksége – a 6/2003. (IV.28.) KvVM rendelet alapján – a Meteorológiai Világnap alkalmából, (2010. március hó 23.) **miniszeri elismerések** adományozására kíván előterjesztést tenni.

Ennek megfelelően a hazai és a nemzetközi meteorológia területén kimagasló tudományos kutatások és szakmai eredmények elismeréséül két *Schenzl Guidó-díj*, valamint négy *Pro Meteorologia Emlékplakett* adományozására kerülhet sor.

A Szolgálat Elnöksége felhívja a szakmai, tudományos és társadalmi szervezeteket, egyesületeket, kamarákat, gazdálkodó szervezeteket, intézményeket, önkormányzatokat, valamint a meteorológia iránt érdeklődést tanúsító magánszemélyeket, hogy az elismerésekre tegyék meg javaslatukat.

A javaslatokat **2010. január hó 30.** napjáig kell, az Országos Meteorológiai Szolgálat Elnöki Irodájára, a személyügyi referensnek eljuttatni. **(1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1, saho.a@met.hu).**

A javaslatnak tartalmaznia kell a jelölt nevét, személyi adatait, munkahelyét, beosztását, tudományos fokozatát, korábbi kiténtetéseit, továbbá szükséges ismertetni az indítványt megalapozó eredményeket is.

Az elismerések adományozására beérkezett javaslatokat az erre a célra alakult bizottság értékeli, amelyben a Szolgálaton kívül képviselteti magát a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálata, a Magyar Tudományos Akadémia, az ELTE Meteorológiai Tanszéke, valamint a Magyar Meteorológiai Társaság.

Az elismeréseket a miniszter vagy megbízottja a Meteorológiai Világnapon ünnepélyes keretek közt adja át.

**Országos Meteorológiai Szolgálat
Elnöki Iroda**

MEGÚJULT AZ OMSZ 10 NAPOS KIADVÁNYA

Megújult az OMSZ 10 napos kiadványa, amelyet több hónapos tesztelést követően 2009 június 1-től már a megrendelőinkhez is eljuttatunk. A megújított kiadvány, több új – a kor követelményeinek megfelelő – információval bővült, amelyhez példányonként rövid útmutatót is mellékelünk. Ilyen új információ a hőmérsékletnek un. Fáklya (valószínűséget is tartalmazó) formában történő előrejelzése, ennek viszonya a sokévi átlaghoz, illetve az abszolút minimumhoz és maximumhoz, csapadék előrejelzésnél pedig az előrejelzett csapadék-összegnek a sokévi átlaghoz való viszonya és az 5 illetve a 10 mm-t meghaladó csapadék valószínűségei. A fejlesztés az OMSZ Időjárás-előrejelző Osztály szakmai vezetésével több más részleg, így a Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai, valamint a Szoftverfejlesztési Osztály munkatársainak bevonásával történt.

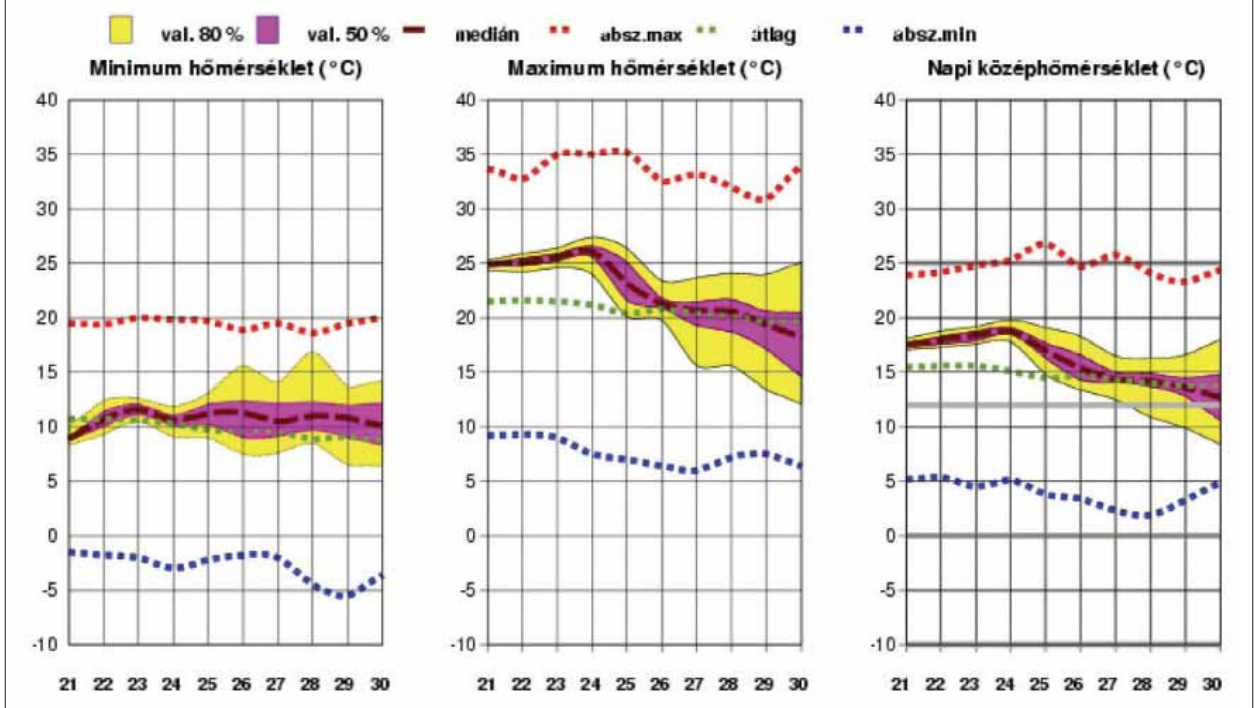
A kiadvány hőmérsékleti fáklyájának ismertetője

Az 1. ábra a kiadványban található hőmérsékleti fáklyákat (minimum, maximum, középhőmérséklet) mutatja be. A diagramon látható sötét szaggatott vonal a medián (középső érték) 6 napig a szinoptikus által a mezőszerkesztő program* segítségével prognosztizált hőmérséklet, ezt követően pedig az ECMWF EPS 50 tagból álló

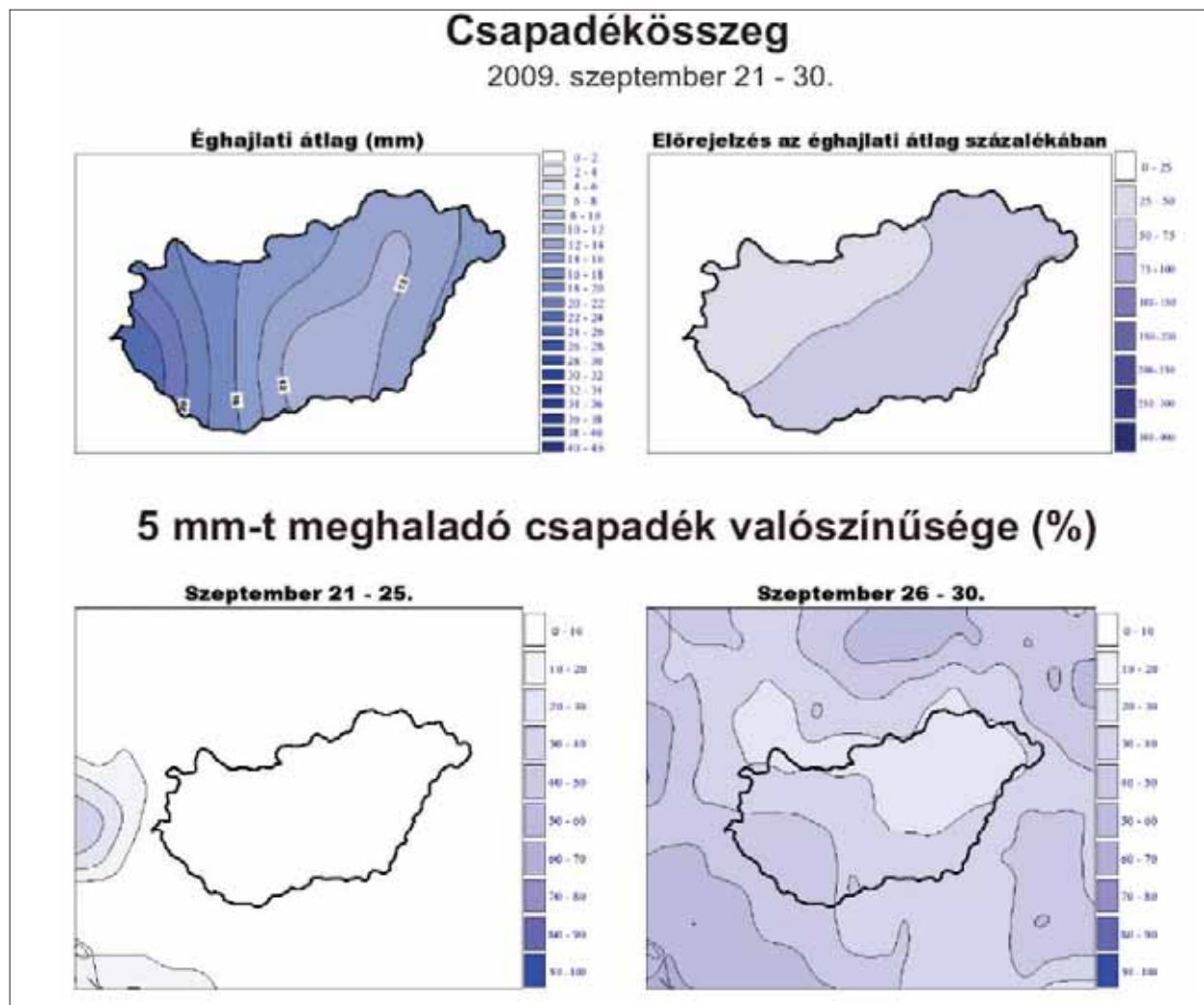
előrejelzésének a mediánja. Az ábra tartalmazza a medián körüli $\pm 25\%$ -nyi EPS tag által kijelölt, azaz a felső és az alsó kvartilis által határolt tartományt (sötét szürke terület), melybe a tagok 50%-a, és a medián körüli $\pm 40\%$ -nyi EPS tag által kijelölt tartományt (sötét és világos szürke terület) melybe a tagok 80%-a esik. A fáklyán megjelenő, közvetlenül a modell által előrejelzett értékek és a szinoptikus által készített aktuális hőmérséklet-prognózis ellentmondásainak elkerülésére hőmérsékleti korrekciót alkalmaztunk, azaz az első 6 napig az összes mennyiséget úgy toltuk el, hogy a fáklyán látható medián épp a mezőszerkesztett értékkel essen egybe. A korrekció segítségével biztosítottuk, hogy az első 6 napban (amikor mezőszerkesztés van), a diagram által mutatott középső érték épp a szinoptikus által prognosztizált értéket mutassa, miközben a modell által előrejelzett különböző valószínűségi tartományok változatlanok maradnak. Tekintettel arra, hogy a mezőszerkesztést csak a 6. napig készítjük, itt a fáklyán törés következhetett volna be, emiatt az 5. és a 7. nap között egymáshoz hangoltuk a hőmérsékleti értékeket.

A mezőszerkesztett érték és a modell által előrejelzett érték jelenleg országos átlagot jelent, ez jelenleg a következő városokhoz legközelebbi rácspontok adatából

Hőmérséklet előrejelzés



1. ábra: A új 10 napos kiadvány hőmérsékleti előrejelzése 2009. szeptember 21-től 30-ig.



2.ábra: A új 10 napos kiadvány csapadék-előrejelzése 2009. szeptember 21-től 30-ig

képzett átlag: Budapest, Debrecen, Győr, Kecskemét, Miskolc, Nagykanizsa, Pécs, Siófok, Szeged, Szombathely, de ilyen típusú fáklyát a jövőben kérésre bármilyen városra is elő tudunk állítani.

Az ábrák klíma részét az 1971–2000 közötti 30-éves időszak országos átlaga, illetve minimum és maximum hőmérséklet esetén az egyes napokon Magyarország területén mért abszolút minimum és maximum értékek (absz.min. és absz.max.) jelentik. A napi rekordnál csak a síkvidéki (300 m tengerszint alatti) állomásokat vettük figyelembe, viszont a teljes mérési időszakot (kezdetektől napjainkig) tekintettük, így ezeket mindig módosítani kell, ha adott napon új rekord születik $T_{\max}$ ill. $T_{\min}$ szempontjából. Napi középhőmérséklet esetén a bizonyos szempontból jelentőséggel bíró küszöbértékeket is jelöltünk: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (extrém hideg), $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (hideg), $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (fűtési küszöb) és $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (hőségriadó küszöb).

Véleményünk szerint a hőmérsékleti előrejelzésünk ilyen fáklyában történő ábrázolása bárkinek, de főként az energiaszolgáltatóknak hasznos lehet, hiszen ez

egyesíti a szinoptikus által módosított előrejelzést (télén bizonyos helyzetekben a módosítás akár 6–8 fok is lehet) a modell valószínűségi előrejelzésével. A jövőben terveink között szerepel az új produktum részletes verifikálása.

A kiadvány csapadék-előrejelzési részének ismertetője

A kiadvány csapadék-előrejelzési része a 2. ábrán látható. Ez négy térképből áll. Felül bal oldalon az aktuális dekád csapadékösszegének éghajlati átlaga látható az 1971–2000 közötti 30-éves időszakra vonatkozóan Magyarország térségére. Az ábra megegyezik a jelenlegi ECMWF EPS felbontásával, így azzal pontosan összehasonlítható. Az átlagos dekád csapadékösszegek a csapadékmérő állomások adatai alapján számítottak, melyek 06–06 UTC közötti 24-órás csapadékösszeget szolgáltatnak, így a dekád csapadékösszege is ennek megfelelően értelmezendő. Azaz pl. március első dekádja (márc. 1–10) esetén a térkép a márc. 1. 06 UTC

– márc. 11. 06 UTC közötti időszak átlagos csapadékösszegét mutatja be. Az ábráról „kivágtuk” a Magyarország határain kívül eső területek adatait, mivel erre a térségre a magyarországi csapadékmérő állomások adatai nem reprezentatívak. Előrejelzési információt az ábra jobb oldala tartalmaz, mely azt mutatja, hogy az említett éghajlati átlagnak várhatóan hány százaléka hullik le az előttünk álló dekád folyamán. Ehhez meghatároztuk az ECMWF EPS csapadék átlagot az aktuális dekádra (a korábban említett 06–06 UTC-s időszak figyelembe vételével), majd az így előálló 0,5°-os felbontású mezőt viszonyítottuk a klíma átlaghoz, amely ugyanilyen felbontással, ugyanerre az időszakra áll rendelkezésre. Az ábráról az éghajlati átlagot tartalmazó ábrához hasonlóan „kivágtuk” az országhatáron kívül eső, nem reprezentatív részt.

A csapadékkal kapcsolatos valószínűségi információkat a 2. ábrán az alsó két térkép jeleníti meg. Ezeken az látható, hogy a dekád első illetve második pentádjában mennyi a valószínűsége az 5, csapadékosabb esetben a 10 mm-t meghaladó csapadékösszegnek hazánkban és közvetlen környékén. Itt az országhatáron kívül eső területekre vonatkozó értékeket is meghagytuk, mivel ez tisztán előrejelzési információ (azaz nincs magyarországi éghajlati adatokhoz viszonyítva), így a határon kívülre is reprezentatív, ráadásul adott felhasználóknak (pl. Vízügy) az is érdekes lehet, hogy a közvetlen környezetünkben mekkora az esélye nagyobb mennyiségű csapadéknak. Az ábra elkészítéséhez az ECMWF 50 ensemble tagját használtuk fel. Minden tagra meghatároztuk a dekád első illetve a második pentádjára vonatkozó csapadékösszeget (a korábban említett

06–06 UTC-s időszak figyelembe vételével), majd pedig kiszámítottuk azon tagok arányát, amelyekre vonatkozó pentád csapadékösszeg meghaladja az 5, illetve a 10 mm-t.

A kiadvány természetesen az eddigihez hasonlóan rövid prognózis szöveget is tartalmaz, ahol az ismertetett ábrák és előrejelzési térképek alapján prognosztizáljuk, hogy a dekád középhőmérséklete, illetve csapadékösszege a sokévi átlag felett vagy alatt várható. A fenti ábrákhoz a 2009. szeptember 20-i kiadványban például az alábbi prognózis jelent meg:

Várható időjárás 2009. szeptember 21–30.

Eleinte túlnyomóan derült idő lesz, hajnalban ködfoltok képződhetnek, majd pénteken egy hidegfront hatására átmenetileg megnövekszik a felhőzet, és egy-egy zápor is előfordulhat. A hétvégén és a jövő hét elején ismét napos, száraz idő várható, legfeljebb az időszak végén növekszik meg a felhőzet, és ekkor elszórtan zápor, zivatar is valószínű.

A legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet eleinte és időszak végén többnyire 7 és 12, a hétvégén és a jövő hét elején 4 és 9 fok között alakul. A legmagasabb nappali hőmérséklet eleinte 22 és 27, majd 19 és 24 fok között várható.

A dekád középhőmérséklete az átlag felett, csapadékösszege átlag alatt valószínű.

A kiadvány megjelenési időpontjai minden hónap 10-e, 20-a és a hónap utolsó napja. Megrendelhető a met-info@met.hu-n email címen.

Bonta Imre és Hirsch Tamás

COST-730: EGY ÚJ BIOKLIMATOLÓGIAI INDEX FEJLESZTÉSE¹

Előzmények

Amióta Povl Ole Fanger (1934–2006) a 70-es évek elején meghatározta az emberi szervezet energiaegyensúlyát leíró összefüggést, számtalan ún. bioklíma-index született. Napjainkban több mint 100 különböző index áll a kutatók és a felhasználók rendelkezésére. Ezek az indexek mindössze egy dologban egyeznek meg, alapelvüket a Fanger-féle energiaegyenlet adja.

A felhasznált input paraméterek fajtája, száma, illetve a referencia környezet különbözősége azonban nagymértékben megnehezíti a különböző indexek összehasonlítását. Az összehasonlíthatóság megteremtésének érdekében már régóta felmerült egy univerzális bioklíma-index megalkotásának szükségessége. Ennek első lépése – még a COST pályázat előtt – a Nemzetközi Biometeorológiai Társaság (ISB) 6. szakosztályának megalakulása. A szakosztály vezetője a Német Meteorológiai Szolgálat (DWD) korábbi munkatársa, Prof. Gerd

Jendritzky. Feladatuk egy új bioklíma-index (UTCI) fejlesztésével kapcsolatos munka koordinálása. A csoport aktivitását mutatja a 2001. június 7–8-án Freiburgban megrendezett munkaértekezlet, ahol már konkrét javaslatok hangzottak el az UTCI-val kapcsolatosan. A freiburgi munkaértekezleten meghatározott elvárások: a legújabb termofiziológiai modellt alkalmazza, képes legyen modellezni a helyi hatásokat (pl. az arc, vagy az ujjak hőmérsékletváltozását), négy input paramétert használjon, továbbá az index használatát megkönnyítő hőmérséklet-

¹ A téma eredeti címe: COST Action 730 - Towards a Universal Thermal Climate Index (UTCI) for Assessing the Thermal Environment of the Human Being

alapú skálával rendelkezzen. A legfontosabb azonban az, hogy az index minden éghajlaton megfelelően működjön, és független legyen az egyes ember személyes karakterétől.

A freiburgi találkozót követően a munka felgyorsult. A különböző egyetemeken, kutatóintézetekben folyó kutatások anyagi hátterének biztosítására a szakosztály vezetése elhatározta, hogy COST pályázatot adnak be. 2003. november 6-án megszületik a pályázat (Idea for a new COST activity). A pályázati anyag legfontosabb gondolata: „A humán biometeorológia egyik kulcs kérdése a levegő környezet termofiziológiai hatásainak felmérése. A közelmúltban több mint 100 féle eljárást dolgoztak ki. Mégis, csak az elmúlt 30 évben fejlesztettek ki olyan, mindenre kiterjedő hő-egyenleg modellt, ami a hőcsere folyamatok minden részletét tartalmazza. Ez a tudományos előrehaladás, illetve a nemzetközi utazások növekedése és az információk elérhetőségének könnyűvé válása szükségessé teszi a fejlesztések globális harmonizációját és egy valós klímaindex elterjesztését. Példaként szolgálhat az UV-index → COST-713.” A pályázatot többek közt olyan, a biometeorológiában és a fiziológiában ismert és elismert kutatók jegyzik, mint Gerd Jendritzky (aki akkor már a Freiburgi Egyetem Meteorológiai Intézetének munkatársa), Krzysztof Blazejczyk (a Varsói Egyetem Földrajzi Intézetének munkatársa), Peter Höppe (a Münchener Egyetem Környezeti Orvostani Intézetének kutatója) és sokan mások.

A COST 730 akció megalakulása, működése, magyar részvétel

A pályázat sikerrel veszi az akadályokat, és 2005. február 7-én Brüsszelben megalakul a 730-as számú COST-akció. Az alapító oki-

rat szerint az akció legfőbb feladata „egy, a termikus környezetet fiziológiailag összegző modell fejlesztése abból a célból, hogy jelentősen erősítse a meteorológiai szolgálatok, a népegészségügyi intézmények egészséggel és jóléttel kapcsolatos szolgáltatásait/alkalmazásait, intézkedési terveit és a klímahatásokkal kapcsolatos kutatásait.”. Az akció teljes költségvetése a 2005-2008-as időszakra 6.5 millió euró (2004-es árfolyamon számítva). Az akció, melynek vezetőjévé végül Jendritzky professzort választották, három munkacsoporttal kezd meg a munkáját. Az 1. munkacsoport feladata a termofiziológiai modellezés és tesztelés. A csoport vezetője a brit George Havenith. A 2. munkacsoport a meteorológiai adatokkal (elsősorban az átlagos sugárzási hőmérséklet - T_{mrt}) foglalkozik, vezetője Philipp Weihs (Ausztria). A 3. munkacsoport a bolgár Ekaterina Batcvarova koordinálásával, az alkalmazási lehetőséget vizsgálja. Az akció rapportóri feladataira a ciprusi Stelios Pashiardis kap felkérést.

Magyarország, sok más COST akcióval ellentétben, nem a kezdetek óta vesz részt ebben a munkában. Hazánk hivatalosan 2006. augusztus 10-én csatlakozott a COST 730-as akcióhoz. A Management Committee tagjának ekkor OMSZ Éghajlati Osztályának két munkatársát, Fülöp Andreát és Fejes Edinát jelölték. Az Akció záróévében Fejes Edinát Németh Ákos váltotta. A munkacsoportok közül csak a második és a harmadik munkacsoporthoz csatlakoztunk. A 2. munkacsoportban részt vettünk az átlagos sugárzási hőmérséklet pontosabb meghatározásához szükséges vizsgálatokban. Az összehasonlító elemzésekhez a pestszentlőrinci meteorológiai állomás globálisugárzás adatait használtuk fel. A 3. munka-

csoportban jobbra csak az eddig elért eredményeket vettük számba, mivel az akció ideje alatt az UTCI még fejlesztés alatt állt. A COST730 lezárása óta eltelt mintegy fél évben azonban az OMSZ-nál is megkezdődtek az új bioklíma-indexszel kapcsolatos vizsgálatok.

A COST 730 akció eredményei

A COST730 hivatalosan ez év áprilisában fejezte be a munkáját. A záró értekezet Genfben, a WMO székhelyén került megrendezésre. A hasonló projektek lezárását jelentő Final Report az ősz folyamán jelent meg.

Az akció az eredetileg kitűzött célok jelentős részét megvalósította. Elkészült az új bioklíma-index, melynek végleges elnevezése még nincs. Az UTCI napjaink egyik legmodernebb termofiziológiai modelljét (Fiala-modell) alkalmazza. Az index univerzalitása azonban erősen kérdéses. Az index számítására szolgáló program is rendelkezésre áll. Erre a programra azonban még nem lehet az mondani, hogy felhasználóbarát. Ebben a formában nem valószínű, hogy kiszorítaná a jelenleg egyik legnépszerűbb bioklíma-indexet (fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet – PET), a RayMan programot.

Az akció honlapja

Az akció lezárult ugyan, de a tevékenységével kapcsolatos dokumentumok, szakmai ismertető, háttéranyagok továbbra is elérhetők a COST730 hivatalos honlapján (<http://www.utci.org>). Mindez annak köszönhető, hogy ez a honlap nem csak az akció tevékenységével foglalkozik, hanem a Nemzetközi Biometeorológiai Társaság 6. munkacsoportjának is otthont ad a virtuális térben. A fenti honlapon – díjmentesen – elérhető az UTCI-program is.

Németh Ákos

Halojelenségek kialakulása, jellemzése és megfigyelése a Földön, és a Földön kívül

I. rész

Sokan szinte csak a felhőket, vagy a szivárványt veszik észre az égbolton. Pedig sok más, ritkábban látott jelenségre is érdemes odafigyelni. Jelen cikk – mely a XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Meteorológia II. tagozatában első díjat nyert dolgozatom rövidített változata (Farkas 2009) – a halojelenségeket hivatott bemutatni. Ezek a jelenségek – melyek a légköroptika csak egy ágát képviselik – a fény fizikai tulajdonságain alapulnak. Akkor alakulnak ki, ha a magasszintű felhőkben lévő, vagy a földhöz közel lebegő jégkristályokról visszaverődik, vagy azokban megtörik a fény.

A halojelenségek rendkívül sokfélék, hiszen a fény útja a kialakulásukban részt vevő jégkristályok jellemzőinek függvényében minden esetben különböző. A kialakult jégkristályok formája a keletkezés helyi adottságainak függvényében eltérő, de közös vonásuk, hogy hexagonális szimmetriát mutatnak. -4°C -nál magasabb hőmérsékleten vízszintes, -4 és -9°C között függőleges irányba mutató növekedés jellemző rájuk. Előbbi esetben hatszög alapú lap, utóbbi esetben hatszög alapú hasáb kristályok keletkeznek. -9 és -22°C között újra lapos, majd -22°C -nál alacsonyabb hőmérsékleten ismét hasáb kristályok képződnek. -22°C alatt az oszlopok alsó és/vagy felső részére piramis formájú csúcsok is nőhetnek – ezt az alakot a továbbiakban gúla alakú kristályként említem (Geresdi 2004).

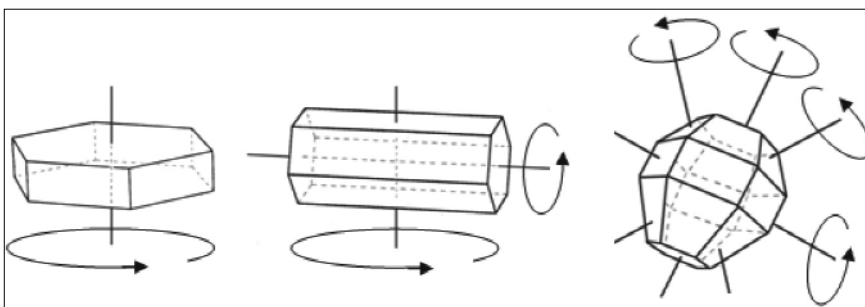
A különböző jégkristályformák, és azok eltérő orientációja más-más halojelenség kialakulását eredményezik; állásuktól függ, hogy melyik lapon jut be, s aztán törik meg a fény (1. ábra). A lapkristályok egyensúlyi helyzetben a horizonttal közel párhuzamosan lebegnek. Elfordulhatnak függőleges tengelyük körül, illetve kis mértékben billeghetnek. Az oszlopkristályok már többféle térbeli helyzetet felvehetnek, hiszen függőleges és vízszintes tengelyük körül egyaránt elfordulhatnak. Jellemző azonban, hogy vízszintes tengelyük a horizonttal közel párhuzamos. A gúlakristályok szinte bármilyen állást felvehetnek. A lehetséges orientációk miatt a rajtuk áthaladó fény útja is sokféle lehet, így ez

a kristály a halók egy különleges csoportjának kialakításáért felelős (Cowley 1998-2009, Goda 2008).

Jégkristályok leggyakrabban a 8–10 km magasan elhelyezkedő magasszintű felhőkben fordulnak elő, de speciális körülmények között a felszín közelében is megjelenhetnek. Ehhez arra van szükség, hogy itt egy hidegebb és egy e felett található melegebb légréteg keveredhessen. Így a melegebb légrétegből vízpára juthat a hidegebb légrétegbe, mely megfagyva apró jégkristályok kialakulását eredményezi. Ezt a jelenséget gyémántpornak nevezzük. Mivel fagyponthoz (0°C) közelében a vízcseppek még megmaradhatnak folyékony (túlhűlt) állapotban, a kifagyáshoz a levegőben található jégképző magvak mennyiségének függvényében -5°C – -40°C -ra van szükség. Minél kevesebb jégképző mag található a levegőben, annál alacsonyabb hőmérsékleten megy végbe a folyamat (Greenler 1980, Ohtake et al. 1982). A gyémántpor hóval borított hegységekben illetve sarkok környékén gyakoribb, de különleges időjárási helyzetekben akár hazánkban is kialakulhat. Ezekkel a felszín közelében lévő jégkristályokkal hóagyúk közvetlen környezetében is gyakran találkozhatunk.

Mind a magasszintű felhők, mind a gyémántpor esetében kialakulhatnak halojelenségek, a bennük lévő jégkristályok mennyiségétől és minőségétől függ az egyes jelenségek erőssége. Ha kevés van belőlük, akkor a jelenség kialakulhat ugyan, de annyira halvány lesz, hogy nem érzékeljük. A leglátványosabb jelenségek akkor alakulnak ki, amikor a jégkristályok tökéletesen párhuzamosan állnak, azaz hossz tengelyük $0,15^{\circ}$ -nál kisebb szöget zár be a horizonttal. Ez rendkívül ritkán lehetséges. A jégkristályok dőlése gyakran a 30 – 40° -ot is elérheti, az ehhez kötődő halók tehát jóval gyakoribbak. A tapasztalatok szerint a nagyjából $0,01$ mm-es jégkristályok esetében a fényút rövidülése miatt nem jönnek létre észlelhető jelenségek. $0,04$ mm-es jégkristályok esetén már kialakulhatnak halvány jelenségek, de ahhoz, hogy a fenti tökéletesen vízszintes állás létrejöhessen, a méretüknek meg kell haladnia a $0,1$ mm-t.

Az is problémát jelent azonban, ha a jégkristályok mérete ennél jóval nagyobb (>1 mm). Ebben az esetben szerkezetük aszimmetrikussá válhat, illetve a lapok felületén apró hibák keletkezhetnek, melyek nagyban befolyásolják a jégkristályon áthaladó fény útját. A látványos halók kialakulása szempontjából tehát nélkülözhetetlen a jégkristályok hibát-



1. ábra - A halók kialakulásában szerepet játszó jégkristályok és azok lehetséges orientációja

lan morfológiája és a lehető legprecízebb vízszintes állása (Tape 1994). A fentieken kívül lényeges a homogenitás is. Attól függően, hogy a jelenlévő jégkristályok egy-, vagy többfélék, különböző jelenségek alakulhatnak ki. Ha egyszerre legalább két jelenség figyelhető meg, akkor komplexumról beszélünk.

Megfigyelések

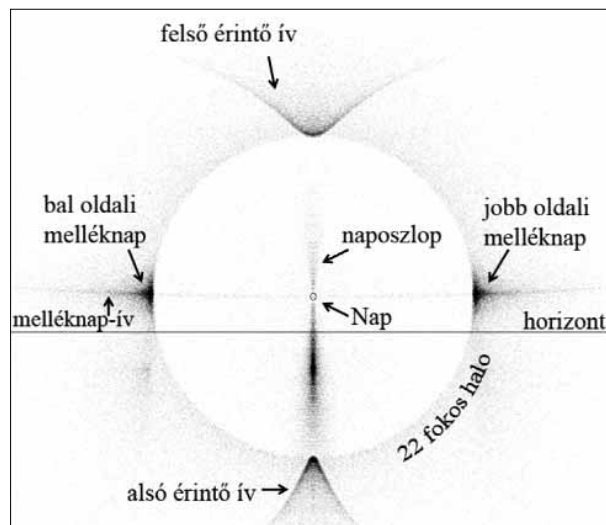
Annak ellenére, hogy a halojelenségek kialakulásához szükséges feltételek szinte bárhol fennállhatnak, aktív megfigyeléssel világszerte csupán néhányan foglalkoznak. Ennek oka részben abban keresendő, hogy a jelenségek nagy része a Naphoz viszonylag közel található, ahová az erős fény miatt kevesen néznek. Ha azonban valamilyen tereptárgy – pl. egy nagyobb fa – mögé állunk, vagy a Napot valamilyen kezünk ügyébe eső tárggyal, vagy akár a kezünkkel kitakarjuk, akkor sokkal nagyobb eséllyel pillanthatjuk meg a halókat. A Nap kitakarása szemünk épsége érdekében is rendkívül fontos, hiszen az erős napfény közvetlenül a Napba nézve tartós szemkárosodást okozhat.

Észleléseink hosszú távon történő rendszeres feljegyzése alapján a különböző helyszínekre statisztikai adatokat kaphatunk. Ezek megmutatják, hogy az észlelés helyszínén, megadott időszakban hányszor fordulnak elő halojelenségek. Jelen esetben a 2007–2008 között, Budapest és Mogyoród területén általam észlelt halók számát tüntetem fel, ugyanis ebből a kétévi adatsorból viszonylag nagy szórással lehetne csupán átlagot számolni. A folyamatos megfigyelés alatt 2007-ben 109 napon 312, 2008-ban pedig 87 napon 248 halojelenséget figyeltem meg. A legtöbb esetben egy nap – ugyanahhoz az időjárási helyzethez kötődően – több jelenség egyszerre volt megfigyelhető. Az egyes jelenségek átlagos előfordulása már e kétévi adatsor alapján is egybevezethető lenne a külföldi, több évtizedes adatsorokból kikövetkeztetett átlagokkal. Azonban ahhoz, hogy valódi átlagértékeket kapjunk, még szükséges a további hazai megfigyelés. Az észlelések során minden esetben feljegyeztem a jelenségek nevét és erősségét. Utóbbit egy 1-től 5-ig terjedő skálán helyeztem el, ahol 1 az észlelhetőség határán lévő jelenségre, az 5 pedig a rendkívül látványos jelenségre utal. Feljegyeztem ezen felül az észlelés helyét és időpontját, valamint a felhőzet típusát és mennyiségét. Minden esetben készítettem fényképet is. Megvizsgálva a halók gyakoriságát, észrevehetjük, hogy egyesek jóval gyakrabban, míg mások nagyon ritkán fordulnak elő. Ennek oka a kialakulásukhoz szükséges körülményekben keresendő.

Gyakori halojelenségek

Az egyik leggyakrabban előforduló jelenség a 22 fokos halo, mely észleléseim szerint 2007-ben 84, 2008-ban 83 alkalommal tűnt fel. Ez a fényforrást – a Napot, vagy a Holdat – körülvevő 22 fok sugarú körív, mely vélet-

lenszerűen elhelyezkedő hasábkristályokhoz kötődik. A fény az oldallapon bejutva úgy halad át a kristályon, mintha az egy 60 fokos törőszögű prizma lenne. Így a szemközti oldallapon kilépő sugár az eredeti irányhoz képest 22 fokkal térül el. A másik leggyakoribb halojelenség a melléknap, mely a fényforrással egyvonalban, attól kb. 22 fokra helyezkedik el. 2007-ben 125, 2008-ban 85 volt megfigyelhető. Időnként mindkét oldalon észlelhető, de sokszor csak az egyik alakul ki. Néha pusztán kis fehér foltként látszik, de általában színes: a Naphoz közel eső része piros, a külső kékes színű. Évente néhány alkalommal akár rendkívül fényesen világíthat is. Kialakulása a horizonttal közel párhuzamosan álló lapkristályokhoz kötődik, a fény azok oldallapjain törik meg. A melléknap formája a napmagasságtól független, de annak növekedésével Naptól való távolsága kissé növekszik. A melléknapok folytatásaként feltűnhet a fehér színű melléknap-ív is. Ez a jelenség 2007-ben 15, 2008-ban pedig 9 alkalommal látszott.

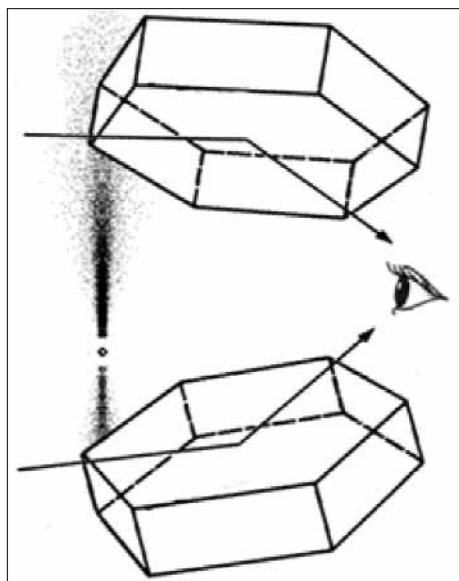


2. ábra - Gyakori halojelenségek 5 fokos napmagasság esetén (Halo Sim 3.6)

Az érintő ívek a 22 fokos halót érintik annak alsó és felső pontján – nevük ettől függően alsó illetve felső érintő ív. Kialakulásukkor a fény a hasábkristályok oldallapjain törik meg. Megfigyeléseim szerint 2007-ben 32-szer, 2008-ban pedig 31-szer jelentek meg. A felső érintő ív gyakrabban, míg az alsó ritkábban látható. Az érintő ívek formája nagyban függ a napmagasságtól. Alacsony napállásnál a felső érintő ív V alakot formáz, majd a napmagasság növekedésével mint egy madárszárny kinyílik, végül pedig a két érintő ív összekapcsolódik, s ekkor már körülíró ívről illetve körülírt halóról beszélünk. (2. ábra)

A zenit körüli ív csak 32 fokos napmagasság alatt figyelhető meg. A napmagasság csökkenésével az ív egyre távolodik a zenittől, így mérete is egyre nagyobb lesz. Akkor a legerőteljesebb, ha a Nap 22 fok magasan jár. 2007-ben 22, 2008-ban 15 alkalommal látszott.

A naposzlop az eddigiekkel ellentétben nem törési, hanem visszaverődési jelenség (3. ábra). 2007-ben 11, 2008-ban 7 alkalommal volt megfigyelhető. A jelenség gyakran halvány, látványosabb oszlopot csupán egykettőt láthatunk egy évben. Leggyakrabban sárga, pirosas vagy fehér színű, kb. $5\text{--}10^\circ$ magasságig emelkedhet a napkorong felett. Ritkábban alatta is kialakulhat, vagy ennél nagyobb is lehet. Ahogy a jégkristályok dőlésének mértéke és a Nap helye változik, aszerint változik a naposzlop mérete is. Nagyon ritkán más fényes égitestek is kialakíthatják (pl. Hold, Vénusz) (Greenler 1980, Tape 1994).



3. ábra - Az alsó és felső naposzlop kialakulása

Ritka halojelenségek

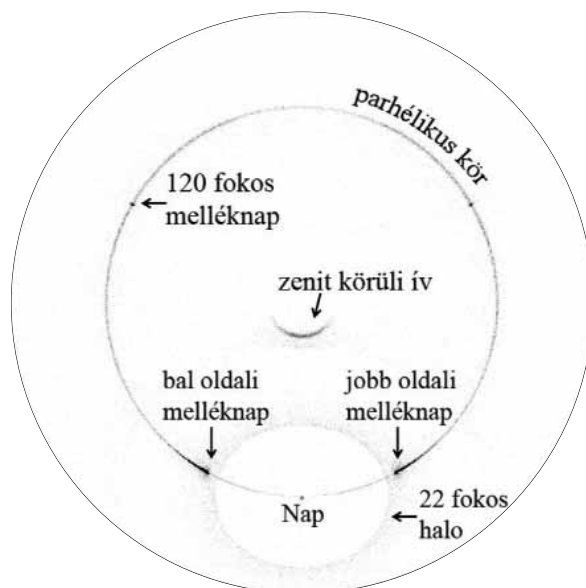
Évente néhány alkalommal sokkal ritkább halojelenségeket is megfigyelhetünk, melyek a különböző alakú és állású jégkristályok ideális helyzetéhez kötötten alakulnak ki. Ráadásul néhány jelenség kiterjedése igen nagy, akár az egész égboltot átívelő. Ahhoz, hogy ezek teljesen kialakulhassanak, rendkívül sok, hasonló tulajdonságú jégkristály jelenlétére van szükség. Ebből adódóan a ritka halojelenségek többnyire halványak, kevésbé kontrasztosak és rövid ideig láthatóak. Megpillantásukhoz tehát kitartás és szerencse is szükséges. Ezek formája és Naphoz viszonyított helyzete nagyban függ a napmagasságtól.

A felső oldalív a 22° fokos halo felett található, kialakulása csak 32° fokos napmagasság alatt lehetséges. Az alsó oldalív alacsony napmagasság esetén a 22° fokos halo két oldalán, míg magasabb napállásnál az alatt található (Tape 1994). A horizont körüli ív megjelenéséhez minimum 58° fokos napmagasság szükséges, mely hazánkban csak május 2. és augusztus 9. között valósulhat meg. Az ív a horizonttal párhuzamos, a 22° fokos halo alatt található. A 46° fokos halo kb. kétszer akkora

távolságban helyezkedik el a Naptól, mint a 22° fokos halo. A fénysugarak úgy haladnak át a jégkristályon, mintha az egy 90° fokos törőszögű prizma lenne, így a kilépő sugár az eredeti irányhoz képest 46° fokkal térül el (Minnaert 1954). Hasonló megjelenésük miatt a horizont körüli ív, az alsó és felső oldalív, illetve a 46° fokos halo könnyen összetéveszthető. A többi látható jelenségtől, a napmagasság alapján, valamint gyakorlott szem segítségével tudjuk őket megkülönböztetni (Cowley 1998-2009). Megfigyeléseim alapján felső oldalív 2007-ben 5, 2008-ban 6 alkalommal volt jelen. Alsó oldalívet 2008-ban 3, 46° fokos halót pedig 2008-ban 2 alkalommal jegyeztem fel. Utóbbi két jelenség 2007-ben nem volt megfigyelhető.

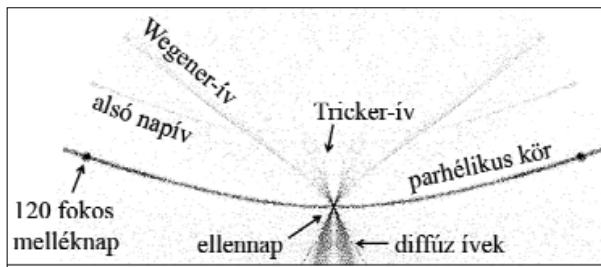
A Parry-ívek William Edward Parry nevét viselik, mivel 1820. április 8-án egy látványos halokomplexum megfigyelése kapcsán ő írt le először ilyen jelenséget. Kialakulásukhoz a hasáb alakú jégkristályok hossztengegyének, illetve alsó és felső lapjának is párhuzamosnak kell lennie a horizonttal. A Parry-ívnek több fajtája ismert, Naphoz viszonyított helyzetük nagyban függ a napmagasságtól (Cowley 1998-2009, Tape 1994). 2007-ben 4, 2008-ban 5 alkalommal sikerült Parry-ívet megfigyelnem, a jelenség minden alkalommal csak néhány percig látszott.

A parhélikus kör a Naptól kiinduló és oda visszatérő, horizonttal párhuzamos, fehér fényű kör, melynek középpontja a zenit (4. ábra). Létrejötteinek egyik lehetséges módja, hogy a horizonttal párhuzamosan álló lapkristályok egyik oldallapjáról visszaverődik a fény (Cowley 1998-2009). A kör egyes részei 2007-ben és 2008-ban egyaránt 2-2 alkalommal látszottak. Teljes parhélikus kört a két év alatt 3 alkalommal figyeltem meg: 2008. április 5-én, augusztus 25-én és szeptember 1-jén.



4. ábra - Komplex halojelenség a zenit felől nézve (Halo Sim 3.6)

Amennyiben a Nap közvetlen környezetében látványos halokomplexum látható, érdemes a hátunk mögé is nézni, ugyanis ritkán a Nappal szemközti oldalon is kialakulhatnak halojelenségek (Tape 1994). (5. ábra). Ezek közül leggyakrabban a 120 fokos melléknapot figyelhetjük meg, mely egy fehér színű, fényes folt a Naptól 120 fok távolságra, azzal egy vonalban. Akkor érdemes keresni, amikor rendkívül élénk, fényes melléknapot illetve látványos melléknapot-ív vagy parhélíkus kör látszik. 2007-ben 3, 2008-ban pedig 6 120 fokos melléknapot figyeltem meg.

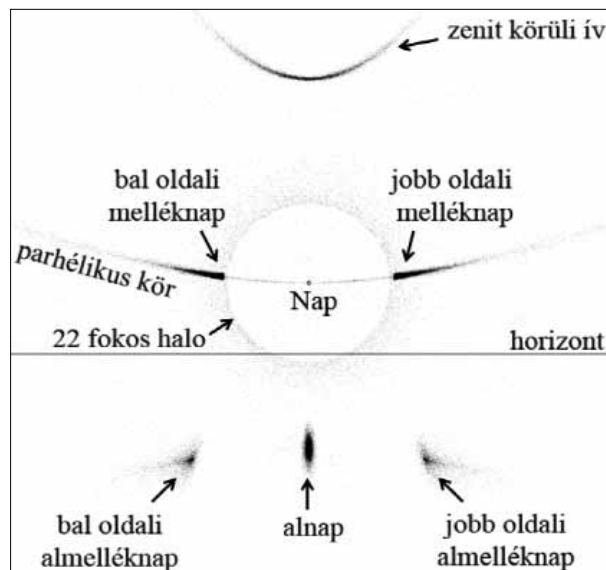


5. ábra - A Nappal szemközti halók hazánkból többévente egyszer figyelhetők meg (Halo Sim 3.6)

Szintén a Nappal ellentétes oldalon figyelhető meg – többévente egyszer – a Wegener-ív, a Tricker-ív, az alsó napív és a diffúz ívek. Ezek a jelenségek akkor alakulhatnak ki, amikor a hibátlan lapokkal rendelkező hasábkristályok tökéletesen párhuzamosan állnak, azaz hossz tengelyük $0,15^\circ$ -nál kisebb szöget zár be a horizonttal (Tape 1994). Ahhoz, hogy ezeket a jelenségeket hazánkból megfigyelhessük, a felettünk lévő magasszintű felhőzetnek igen nagy területen, teljes egészében megfelelő jégkristályokból kell állnia. Ez rendkívül ritkán valószínű, 2005 óta hazánkból ezekről a jelenségekről egyetlen megfigyelés sem született. A jelenségek megfigyelése nagyobb eséllyel lehetséges azokon a területeken, ahol a jégkristályok a talaj közelében is megjelennek. Ekkor csak a megfigyelő közvetlen környezetében, tehát jóval kisebb területen szükséges a megfelelő orientációjú hasábkristályok előfordulása. Ezen halók esetében a fényút is jóval bonyolultabb, mint az eddig tárgyaltak, ugyanis a jégkristályon belül több belső visszaverődés is szükséges kialakulásukhoz. Az ellennap a Nappal szemközti oldalon, az antiszoláris pontban megfigyelhető fehér folt. Kialakulására eddig nem született egységesen elfogadott magyarázat, de valószínűsíthető, hogy nem önálló jelenség, hanem csupán a fenti ívek erősödnek fel az itteni metszéspontban (Tape 1994).

Számos olyan halojelenséget is ismerünk, melyek megpillantásának feltétele, hogy lássuk a horizont alatti területeket (6. ábra). Ez például egy repülőgépről vagy egy magas hegy csúcsáról lehetséges. Legkönnyebben az alnapot fedezhetjük fel, amely a Nap alatti fehér színű, fényes foltként jelentkezik. Kialakulása rendkívül egyszerű: a horizonttal közel párhuzamosan álló lap-

kristályok alsó vagy felső lapjáról visszaverődő fény hozza létre. A fényút egyszerűsége miatt ez az egyik leggyakoribb jelenség, csupán a megfigyelés nehézsége miatt sorolható a ritka halojelenségek közé. A horizont alatti halók közé sorolhatjuk emellett az almelléknapot, az alparhélíkus kört, a 120 fokos almelléknapot, illetve a zenit körüli ív horizont alatti párját: a nadír körüli ívet. Ezekről eddig csak néhány észlelés született (Cowley 1998-2009, Tape 1994). A 120 fokos almelléknapról például 2008. december 7–8-án készült az első felvétel (Riikonen 2008).



6. ábra - Az alnap és az almelléknapotok horizonttól való távolsága megegyezik a napmagassággal (Halo Sim 3.6)

Szintén nagyon ritka jelenségek a gúla alakú kristály okozta fénytöréssel keletkező mutató halók. Amennyiben a jégkristályok elhelyezkedése véletlenszerű, akkor különböző méretű koncentrikus köröket láthatunk a fényforrás körül. Ezeknek sugara 9, 18, 20, 23, 24 és 35 fok. Ha a jégkristályok rendezettebbek, azaz valamelyik lapjuk párhuzamosan áll a horizonttal, akkor hurokszerű 9, 18, 20, 23, 24 és 35 fokos melléknapotokat, illetve 6, 18, 20, 24 és 35 fokos érintő íveket is megfigyelhetünk (Tape 1994). Ezek közül a leggyakoribb jelenség a 9 és a 18 fokos halo, mely 2007-ben 2–2 alkalommal tűnt fel. A többi jelenségről a két év alatt nem született megfigyelés.

A halók megfigyelésekor készített felvételek, a gyűjtött jégkristályok vizsgálata és az utólagos szimuláció alapján tisztázható, hogy a jelenség milyen körülmények között alakult ki. Az így megismert kristályformákat és azok lehetséges térbeli helyzetait felhasználva a HaloSim (Cowley and Schroeder, <http://atoptics.co.uk>, 2004) programban olyan jelenségek is kirajzolódhatnak, melyekről eddig még nem készült semmilyen megfigyelés. Akad jó néhány olyan halojelenség is, melyet már megfigyeltek, de jelenlegi

ismereteink alapján nem tudunk magyarázatot adni a kialakulásukra. Ezek hátterében eddig ismeretlen formájú jégkristályokat feltételezhetünk, melyek kialakuláshoz speciális körülményekre van szükség. A fentiek alapján valószínűleg léteznek olyan jelenségek is, melyeket szimuláció alapján sem ismerünk. Így amellett, hogy látványos – talán előtűnt még soha nem dokumentált – jelenségeknek lehetünk tanúi, a további megfigyelésekkel a légköri folyamatokkal kapcsolatos információinkat is bővíthetjük. Ezen felül a halojelenségek más égitestek légkörének pontosabb megismerésében is hasznosak lehetnek – ezt tekintjük majd át a cikk második részében.

Farkas Alexandra
ELTE TTK

Hivatkozások

- Cowley, L. 1998-2009: Atmospheric Optics, <http://atoptics.co.uk>
Farkas, A. 2009: Amikor megtörik a fény - Halojelenségek, Tudományos diákköri dolgozat, ELTE TTK, Meteorológiai

- Tanszék, 56, bemutatva a XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Fizika, Földtudományok, Matematika Szekciójának Meteorológia II. tagozatában, Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi- és Műszaki Kar, Szombathely, 2009. április 7-9.
Geresdi, I. 2004: Felhőfizika, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 272.
Goda, Z. 2008: Kristálykert, Élet és Tudomány, 49, 1556-1557.
Greenler, R. 1980: Rainbows, Halos, and Glories, Cambridge University Press, New York, 195.
Minnaert, M. 1954: The Nature of Light & Color in the Open Air, Dover Publications Inc., New York, 362.
Ohtake, T., Jayaweera, K., Sakurai, K. 1982: Observation of Ice Crystal Formation in Lower Arctic Atmosphere, Journal of the Atmospheric Sciences, 39/12, 2898-2904.
Riikonen, M. 2008: Subhorizon plate crystal halos, Ice crystal halos http://www.ursa.fi/blogit/ice_crystal_halos/index.php?title=subhorizon_plate_crystal_halos
Tape, W. 1994: Atmospheric Halos, Antarctic Research Series, 64, American Geophysical Union, Washington, D.C., 143.
A cikkben látható szimulációk a HaloSim 3.6-ban készültek. (Cowley and Schroeder, <http://atoptics.co.uk>, 2004)

Egy pozitív éghajlati visszacsatolás margójára

„Hogy a tudást elsajátítsuk, tanulni kell, ám hogy a bölcsességet megszerezzük, megfigyelni kell.” (Marilyn Vos Savant)*

Mint ismeretes, pozitív visszacsatolásnak nevezzük a klimatológiában azt a jelenséget, amikor az éghajlati egyensúlytól eltérítő kényszer olyan folyamatokat indít el, amelyek végeredménye a kezdeti irányban erősödő eltérés, vagyis az éghajlat labilizálódik. Egyik ilyen pozitív visszacsatolás, ha a légkör melegevése miatt olvad a hó- és jégtakaró, kiterjedése csökken, emiatt a Föld-légkör rendszer planetáris albedója csökken, a besugárzással érkező hő nagyobb hányada marad a rendszerben, így a melegedés tovább növekszik. Végeredményben a melegedés egy öngerjesztő folyamatot indít el, amely addig tart, amíg létre nem jön egy magasabb hőmérsékletet föltételező egyensúly, vagy egy ellenkező folyamat meg nem állítja a melegedést.

A 19. század közepe, vagyis a „kisjégkorszak” vége óta Földünk átlaghőmérséklete néhány tized fokkal emelkedett, éghajlatkutatók föltételezik, hogy a 21. században ez a melegedés folytatódni fog. A fölmelegedést a fent leírt pozitív visszacsatolás csak fokozhatja. Kérdés, hogy ez utóbbi így van-e?

Vegyük sorra a tényeket. A legnagyobb kiterjedésű hó- és jégtakaró az Antarktisz szárazföldi és tengeri jégtakarója, amelynek legnagyobb része a déli szélesség 60. foka és a Déli Pólus között található. A második legnagyobb hó- és jégtakaró Grönlandon és az Északi Jeges-tenger nagyobb részén helyezkedik el, jórészt az északi sark-körtől északra. Ezeknek kiterjedése évszakonként változik, ezért csak közelítő nagy-

sággal jellemezhetjük. Az Antarktisz kb. 14 millió km², a Déli-félgömbön lévő tengerjég tél végén 20, nyár végén 5-6 millió km². Grönland kontinentális hótakarója kb. 1,7 millió km², az Északi Jeges-tenger jégtakarója nyár végén kb. 5, tél végén kb. 14 millió km². Az Északi-félgömb kontinensein a téli félévben van számottevő kiterjedésű hótakaró, többnyire a 45 szélességtől északra és igen változó kiterjedésben és időtartamig.

A felvázolt tényeknek nagy jelentősége van a pozitív visszacsatolás tekintetében. A hó- és jégtakaró túlnyomó többsége magas szélességen van, ahova télen alig vagy egyáltalán nem jut el a napsugárzás, gondoljunk a hosszú téli éjszakákra, a sarkvidéken a fél éves éjszakára, de a nyári félévben is csupán kis szögben érkezik a napsugárzás. A szárazföldi hótakaró pedig nagyrészt télen alakul ki, amikor szintén kevés a napsugárzás, hosszúak az éjszakák, és nappal is csekély a napmágnasság, tehát egységnyi felületre kevés napsugár érkezik a talajra.

Ha tehát a hótakaró kiterjedésének csökkenésével csökken a felszín albedója, ez a Földnek azokon a tájain és azon évszakokban igaz, ahova és amikor nagyon kevés napsugár érkezik vagy egyáltalán nincs napsugárzás. Jelentős besugárzás hiányában pedig az albedónak elenyésző hatása van a Föld-légkör rendszer hőháztartására, különösen akkor, ha a hótakaró kiterjedése a Föld felszínének alig 7–8%-át teszi ki. A Föld összes hótakarójának akár 10%-nyi csökkenése is a teljes földfelszín kevesebb, mint 1%-át érinti.

* M. V. Savant amerikai újságíró, aki úgy vált híressé, hogy a Guinness könyvek szerint az 1980-as években neki volt a legnagyobb intelligencia hányadosa.

BIOFIZIKAI KLÍMAKLASSZIFIKÁCIÓK

1. rész: a módszerek bemutatása

Bevezetés

Egy növényföldrajzi térkép egyúttal klímaterkép is, hiszen a növényzet – ötvözve a környezet hatásait – az éghajlat megjelenési formája. Ez a felismerés kellett ahhoz, hogy megszülessenek az első biofizikai jellegű éghajlatelemző rendszerek.

Az éghajlat és a vegetáció közötti kapcsolatot elsőként Alexander von Humboldt ismerte fel a XIX. század első felében (*Humboldt, 1807*). Humboldt észrevette, hogy egymástól távol eső területek vegetációjában szerkezeti és funkcionális hasonlóságok akkor jelentkeznek, ha az adott területek éghajlata is hasonló (*Bonan, 2002*). *Knobloch (2006)* szerint Humboldt ezen korszakalkotó felismerése vezetett a növényföldrajznak mint interdiszciplináris tudományágnak a kialakulásához. E felismerés eredményeképpen a botanikusok vizsgálni kezdték a hőmérséklet fenológiai és a csapadék fiziológiai hatásait a növényzet fejlődésében. Előbb *Grisebach (1872)* mutatta be bolygónk vegetációinak és klímáinak területi eloszlásáról szóló munkáját, majd *De Candolle (1874)* jellemezte a hőigény és szárazságtűrés alapján megállapított növénycsoportjait hőmérsékleti minimumokkal. Nagy előrelépést jelentett a modern biofizikai éghajlat-leíró modellek kialakulásában *Supan (1879)* egész Földet átfogó klímarendszere is, amely az éghajlati öveket már izotermákkal határolta el. Supan a pálmák területi kiterjedésének határát a

20°C-os évi középhőmérséklet izotermájával, míg a szubpoláris erdők határát a maximális havi középhőmérséklet 10°C-os izotermájával jelölte ki.

A XIX. század közepére tehát egyértelművé vált, hogy a vegetáció és az éghajlat között szoros kapcsolat van. Az éghajlat tipizálása során, pedig nyilvánvaló lett, hogy „minden éghajlati rendszer csupán leegyszerűsített megközelítése a valóságnak, és így csak néhány döntő tényező kiemelésére, térbeli elhatárolására szorítkozhatunk (*Justyák, 1995*).” Idővel megállapították, hogy e szempontból a két legfontosabb tényező a hőmérséklet és a csapadék.

A klíma jellegének számszerűsítésére sok kísérlet történt. Ezek közül néhány olyat említünk meg, amelyek kifejezetten a vegetációhatárokhöz illeszkedve próbálták meg kijelölni az egyes vegetációtípusokat. Ilyen például *Lang (1915)* esőfaktora, *Gorczynski (1920)* kontinentalitási indexe, *De Martonne (1926)* ariditási in-

dexe, *Budiko (1969)* ariditási indexe. A vegetációhatárok számításba vételén, de komplexebb eljárások alkalmazásán alapuló módszerek az ún. biofizikai éghajlat-osztályozó modellek.

E tanulmányban a három legismertebb biofizikai éghajlat-osztályozó modellt fogjuk bemutatni. A tanulmány 2. részében az eredmények összehasonlításával fogunk foglalkozni. Az összehasonlításra kerülő modellek a következők: *Köppen (1900)* klímaosztályozása, *Holdridge (1947)* életforma rendszere és *Thornthwaite (1948)* éghajlatrendszere. A klasszifikációs rendszerek komplexitásuk tekintetében igen eltérőek. A komplexitás vizsgálata három ismerv figyelembevétele alapján történhet: egyrészt a vegetációhoz való viszony, másrészt a potenciális párolgás (PET) becslésének módja, harmadrészt a talaj tulajdonságainak számításba vétele alapján. A klasszifikációs rendszerek részletesebb ismertetése nélkül, az 1. táblázat alapján állíthatjuk fel a komplexitási sorrendet, amely egyébként megegyezik az egyes rendszerek publikálásának sorrendjével is.

Közös ismerv, hogy mindhárom osztályozási rend-

Osztályozási rendszerek	Vegetáció	PET	Talaj
1. Köppen-féle klímaosztályozás (1990)	+	–	–
2. Holdridge-féle életforma rendszer (1947)	+	+	–
3. Thornthwaite-féle éghajlatrendszer (1948)	+	+	+

1. táblázat - A biofizikai rendszerek komplexitása a vegetációhoz való viszony, a potenciális párolgás (PET) szimulációja és a talaj tulajdonságainak számításba vétele alapján (a komplexitás növekszik a sorszám növekedésével)

szer valamilyen módon a vegetációhoz kapcsolódik. *Köppen (1900)* saját rendszerét *Grisebach* globális vegetáció-térképe (*Grisebach, 1866*) és a *De Candolle*-féle vegetációcsoportok alapján készítette el (*Bonan, 2002*). *Holdridge* valójában potenciális életformákat definiált, azaz a származtatott klimatikus indexeivel a vegetációtípusok zavartalan működéséhez szükséges feltételeket állapította meg (*Lugo et al., 1999*). *Thornthwaite (1948)* pedig a vízellátottság alapján öt nedvességi tartományt különböztetett meg, figyelembe véve a felosztásnál a természetes növénytakarót is (*Péczeley, 1979*). A komplexitás függ a potenciális párolgás becslésére szolgáló módszerektől is. Az 1. táblázat szerint a párolgás folyamatát a három rendszer közül először *Holdridge (1947)* építette be. Megemlítenéd azonban, hogy *Köppen (1900)* a száraz klímák definiálására szolgáló, érték-összehasonlító képletével már valamelyest jellemezte a

Öv	K	Köppen	De Candolle	Kvantitatív határok
Fák ¹	A	Trópusi	Megathermal	A leghidegebb hónap +18 °C feletti
	C	Mérsékelt	Mesothermal	A leghidegebb hónap -3 és +18 °C közötti
	D	Boreális	Microthermal	A leghidegebb hónap -3 °C alatti, a legmelegebb +10 °C feletti
Havas ²	E	Poláris	Hekistothermal	A legmelegebb hónap +10 °C alatti
Száraz ³	B	Száraz	Xerophilous	Az éves csapadékösszeg értéke kisebb, mint a hőmérséklettől függő kritikus érték

2. táblázat - Bolygónk klímaövei Köppen és De Candolle szerint (Thorntwaite & Hare, 1955)

párolgás folyamatát. *Thorntwaite (1948)* az evapotranszpiráció becslésére az úgynevezett csöbör modellt alkalmazta. A csöbör modell révén – a légköri tényezők mellett – a talajtényezők hatása is érvényesült. Megemlíthető az is, hogy *Thorntwaite* módszere a talaj fizikai féleségének figyelembevételével tovább pontosítható (*Ács et al., 2005; Drucza és Ács, 2006*).

A biofizikai klímaklasszifikációs modellek leírása

1. Köppen modellje

A legerjedtebb és manapság is a legszélesebb körben alkalmazott éghajlati felosztás *Köppen (1900, 1923, 1936)* nevéhez fűződik. Jelenleg is számos klímaváltozással foglalkozó kutatásban (*Kalvová et al., 2003; Beck et al., 2006; Gao és Giorgi, 2008; Roderfeld et al., 2008*) használják ezt a módszert az eredmények kiértékelésekor. Széleskörű használatát egyszerű szemléletmódja biztosítja, amely az ókori görögök megállapításain alapszik.

Köppen abból indult ki, hogy a Föld természetes növénytakarója és az egyes éghajlatok között szoros összefüggés van. „Az éghajlatok szabják meg a növények földrajzi elterjedését. Ezért a természetes növénytakaró földrajzi határai egyben az éghajlatok határvonalai is (*Justyák, 1995*).” Köppen valódi érdeme tehát abban rejlik, hogy ezeket a határvonalakat megpróbálta alapvető éghajlati elemekkel leírni.

A vegetációtípusok megállapításánál *Köppen (1923)* De Candolle francia-svájci botanikus csoportosítását tartotta szem előtt. *De Candolle (1874)* a növényeket hőigény és szárazságtűrés alapján sorolta öt főcsoportba (2. táblázat).

Köppen korszakalkotó ötlete tehát abban rejlett, hogy a De Candolle által megrajzolt vegetáció-térképek határvonalaihoz izotermavonalakat próbált illeszteni (*Sanderson, 1999*), azaz számszerűsíteni próbálta az egyes vegetációövek kiterjedésének határait. „Sorra

megállapította a növényzeti típusok elterjedését lehetővé tévő és korlátozó klímaértékeket. Ezeket a határértékeket részben a hőmérsékletnek vagy annak a minimuma, vagy a bizonyos értékhatárok feletti évi időtartama, a tenyészidő hossza szabja meg, részben pedig a csapadék hiánya, a szárazság mértéke lehet korlátozó tényező (*Justyák, 1995*)”. Köppen osztályozása tehát „figyelembe veszi a hőmérsékletet, annak évi ingását, a csapadék mennyiségét, annak évi eloszlását, azon kívül tekintettel van egyéb természeti jelenségekre (*Dobosi és Felméry, 1994*)”.

Köppen (1923) ezek alapján öt főcsoportba sorolta a bolygónkon létező klímákat. Az egyes klímaöveket az ABC nagybetűivel jelölte. Ezen belül 11 klímátípust különböztetett meg. Ezeket a klímaképletek második betűi szimbolizálják. Az egyes klímátípusok részletesebb jellemzésére további betűjelek szolgálnak. *Dobosi és Felméry (1994)* szerint ezek a betűjelzések egzakt-ságuk révén példátlan tudományos tekintélyt biztosítottak Köppen éghajlatelemző rendszerének.

Köppen eredeti munkája 11 klímátípust különböztetett meg, de az 1923-ban megjelent tanulmánya – a folyamatos változtatások révén – már 13 típust definiál a két betűből álló klímaképletekből. Köppen éghajlatosztályozó rendszerének jelenlegi képe hosszú fejlődés eredménye. A legtöbb változtatást *Geiger (1954)* végezte el Köppen halálát követően. A tipizálás módszerének önkényes mivolta miatt a rendszer folyamatos tökéletesítésre szorult. Ennek megfelelően a jelen dolgozat a 3. táblázatban szereplő klímátípusokat különbözteti meg.

A Köppen-féle éghajlati felosztás alapvetően egy többlépcsős kritériumrendszer, amelynek módosított és leginkább elfogadott változatát a 4. táblázat prezentálja.

2. Holdridge modellje

Holdridge az egyes klímákat a rájuk jellemző vegetációk alapján rendszerezte. A tipikus vegetáció legfőbb jellemzőit három klimatikus tényező, nevezetesen az évi átlagos biohőmérséklet (*ABT [°C]*), az évi potenciális evapotranszpirációs arány (*APETR*) és évi átlagos csapadékmennyiség (*APPT [mm]*) alapján becsüli.

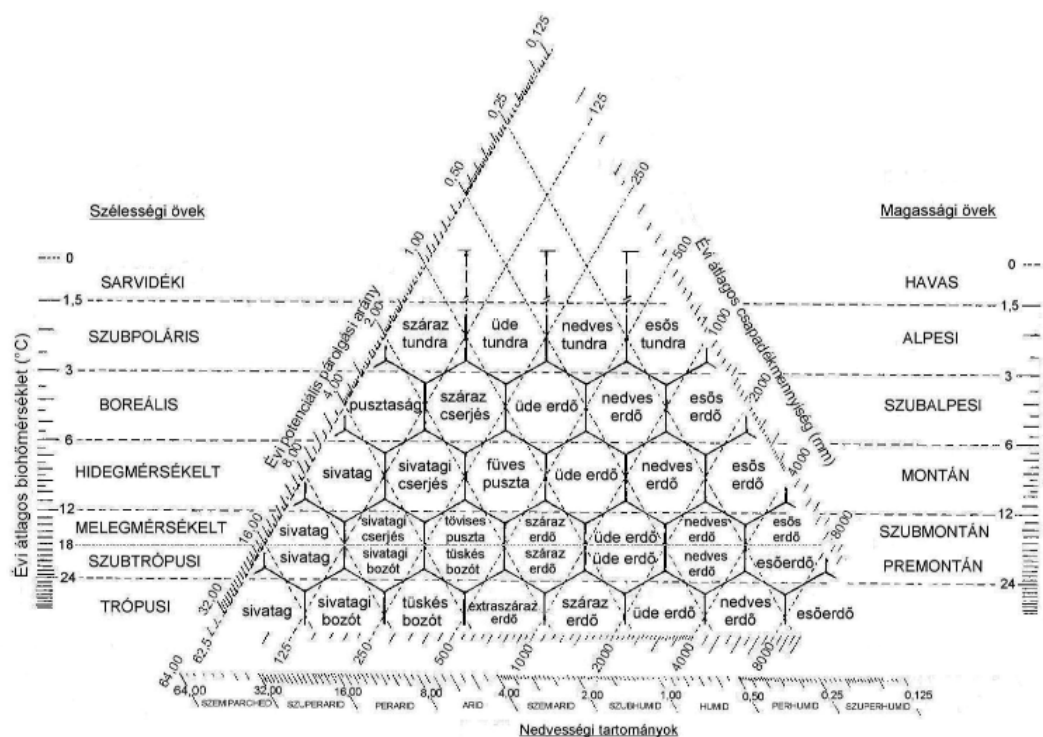
¹ Van elegendő csapadék és kellő hőmennyiség az erdők kialakulásához.

² Túl hideg a levegő a fák növekedéséhez.

³ Túl száraz a klíma a fák növekedéséhez.

Klíma övek	Képlet	Elnevezés
Trópusi öv	Af	Trópusi esőerdő klíma
	Am	Trópusi monszun klíma
	Aw	Trópusi szavanna klíma
Száras öv	BS	Sztyepp klíma
	BW	Sivatagi klíma
Melegmértékelt öv	Cs	Mediterrán klíma
	Cf	Melegmértékelt klíma egyenletes évi csapadékeloszlással
	Cw	Melegmértékelt klíma nyári csapadékkal
Boreális öv	Ds	Hidegtelű klíma téli csapadékmáximummal
	Df	Hidegtelű klíma egyenletes évi csapadékeloszlással
	Dw	Hidegtelű klíma nyári bő csapadékkal
Poláris öv	ET	Tundra klíma
	EF	Állandóan fagyos klíma

3. táblázat - A módosított Köppen-féle rendszer klímátípusai



1. ábra: A Holdridge-féle háromszögdiagram

$$ABT = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} MBT \quad (1)$$

$$APPT = \sum_{i=1}^{12} MPPT \quad (2)$$

$$APE = 58,93 \cdot ABT \quad (3)$$

$$APETR = \frac{APE}{APPT} \quad (4)$$

ahol MBT a havi átlagos biohőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], $MPPT$ a havi átlagos csapadékmennyiség [mm] és APE az évi átlagos potenciális evapotranszspiráció [mm].

A becsléshez a hőmérséklet és a csapadék többéves havi átlagaira van szükségünk alkalmazva a következő feltételezéseket. A biohőmérséklet meghatározásában fontos szerepet játszik az a tény, hogy a primér produkció, azaz a fotoszintézis során történő szervesanyag-előállítás csak $0-30^{\circ}\text{C}$ -os tartományban lehetséges (Lugo et al., 1999).

Betűk			Számszerű kritériumok ⁴⁵⁶		
1.	2.	3.	1.	2.	3.
A			$T_{cold} \geq 18$		
	f			$P_{dry} \geq 60$	
	m			$P_{dry} < 60$ és $P_{dry} \geq 100 - MAP/25$	
	w			$P_{dry} < 60$ és $P_{dry} < 100 - MAP/25$	
B			$\alpha. MAP < 20 \times MAT$		
			$\beta. MAP < 20 \times MAT + 280$		
			$\gamma. MAP < 20 \times MAT + 140$		
	S			$\alpha. MAP \geq 10 \times MAT$	
				$\beta. MAP \geq 10 \times MAT + 140$	
				$\gamma. MAP \geq 10 \times MAT + 70$	
	W			$\alpha. MAP < 10 \times MAT$	
				$\beta. MAP < 10 \times MAT + 140$	
				$\gamma. MAP < 10 \times MAT + 70$	
	h				$MAT \geq 18$
	k				$MAT < 18$
C			$-3 < T_{cold} < 18$ és $T_{hot} > 10$		
	s			$P_{sdry} < 40$ és $P_{sdry} < P_{wwet}/3$	
	w			$P_{wdry} < P_{swet}/10$	
	f			se nem (s), se nem (w)	
	a				$T_{hot} \geq 22$
	b				$T_{hot} < 22$ és $T_{mon10} \geq 4$
	c				$T_{hot} < 22$ és $1 \leq T_{mon10} < 4$
D			$T_{cold} \leq -3$ és $T_{hot} > 10$		
	s			$P_{sdry} < 40$ és $P_{sdry} < P_{wwet}/3$	
	w			$P_{wdry} < P_{swet}/10$	
	f			se nem (s), se nem (w)	
	a				$T_{hot} \geq 22$
	b				$T_{hot} < 22$ és $T_{mon10} \geq 4$
	c				nem (a) vagy (b), $T_{cold} \geq -38$
	d				nem (a) vagy (b), $T_{cold} < -38$
E			$T_{hot} < 10$		
	T			$T_{hot} > 0$	
	F			$T_{hot} \leq 0$	

4. táblázat - A módosított Köppen-féle rendszer klímái és azok kritériumai (Peel et al., 2007)

Holdridge (1947) eredeti munkájában az ABT kiszámításakor ezt a feltételt használta. E kikötés azonban az elmúlt 60 évben folyamatosan változott. Holdridge (1967) későbbi munkáiban az ABT-t már a havonta mért legkisebb pozitív hőmérsékletek átlagából származtatta, azzal a kikötéssel, hogy a negatív hőmérsékleti értékeket 0°C-kal helyettesítette. A felső küszöbérték megítélése is folyamatosan változott az elmúlt 20 évben. Holdridge et al. (1971) az ABT kiszámításánál a 30°C-ot meghaladó értékeket 0°C-os értékekkel helyettesítette. A jelenlegi éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások azonban a felső határt már rugalmasabban kezelik (Yue et al., 2001; Roy et al., 2006). Holdridge (1947) eredeti munkájában az ABT

⁴ MAP - évi átlagos csapadék mm-ben kifejezve; MAT - évi középhőmérséklet °C-ban megadva; T_{hot} - legmelegebb hónap középhőmérséklete °C-ban; T_{cold} - leghidegebb hónap középhőmérséklete °C-ban; T_{mon10} - hónapok száma, amelyekben a havi középhőmérséklet 10°C felett van; P_{dry} - legszárazabb hónap csapadékmennyisége mm-ben; P_{sdry} - legszárazabb nyári hónap csapadékmennyisége mm-ben; P_{wdry} - legszárazabb téli hónap csapadékmennyisége mm-ben; P_{swet} - a legnedvesebb nyári hónap csapadékmennyisége mm-ben; P_{wwet} - a legnedvesebb téli hónap csapadékmennyisége mm-ben

⁵ Száraz éghajlatok esetében α . a MAP 70%-a télen hullik; β . a MAP 70%-a nyári csapadék; γ . egyik sem.

⁶ A nyár (és a tél) aszerint van definiálva, hogy melyik hat hónapos (ONDJFM vagy AMJJAS) periódus a melegebb (és hidegebb).

számítására rövidebb időléptéket, azaz napi átlagolást ajánlott. Jelenleg azonban a legelterjedtebb módszer az ABT számítására – amit egyébként Prentice (1990) is használt már – az egyes hónapokra kalkulált biohőmérsékletek évi átlagolása (1. képlet). A biohőmérsékletek havi értékeit értelemszerűen a napi értékekből határozzák meg. Ha a havi biohőmérséklet negatív értékű, akkor ezt az értéket 0°C-kal helyettesítjük az évi átlagolásnál (Roy et al., 2006).

A Holdridge-féle rendszer gyakorlatilag életformákban, és az adott életformákhoz tartozó tipikus ökológiai egységekben gondolkodik. Ezen egységek zavartalan működéséhez szükséges feltételeket a fent említett klimatikus indexekkel definiálhatjuk (Lugo et al., 1999). Emanuel et al. (1985) szerint Holdridge ezen életforma osztályozása a

jelenlegi ökoszisztéma rendszer egyik legelfogadhatóbb jel-lemzése, amely kizárólag hőmérsékleti- és csapadék-adatok használatán alapul. Az életformák mindegyike objektív, empirikusan definiált kritériumokkal jellemezhető. Ezek rendszere egy hierarchikus felépítésű háromszög-diagramban egyszerűen szemléltethető. Ez az úgynevezett Holdridge-féle háromszögdiagram (1. ábra).

Holdridge (1967) a klímaformák megnevezésére nem használ képleteket, hanem rövid szöveges kifejezésekkel jellemzi azokat. Mindegyik klímaforma alapját egy-egy főbiom (főbiom vagy vegetációs öv; az 5 főbiom: az erdő, a szavanna, a sztyepp, a sivatag és a tundra) képezi, amelyet aztán – hőmérsékleti és nedvességi jellemzők alapján – vegetációtípusokra oszt fel.

3. Thornthwaite modellje

Thornthwaite (1948) felismerte, hogy a talaj és a növényzet vízforgalma kitűnő klímaindikátor. Felismerte azt is, hogy az éghajlatok egzakt módon rendszerezhetők, ha ezt a klímaindikátort index formájában tudjuk kifejezni (Breuer, 2007). Thornthwaite legfőbb felismerése, hogy valamely terület hőellátottsága nem szükségszerűen hőfizikai, hanem hidrofizikai mutatóval is

jellemezhető. Emiatt is vezette be (Thornthwaite, 1944) a potenciális evapotranspiráció (PET) fogalmát. A PET csak a légköri feltételektől függ, azaz a talaj vízellátottsága nem limitálja. A Thornthwaite-féle éghajlatelemző modell valójában ezen hidrofizikai jellegű paraméter meghatározásán alapul.

Thornthwaite az éghajlatokat szintén képletek formájában jellemzi. A klímaképleteket 4 betű alkotja. Az 1. betű egy nedvességi állapotot jellemző klimatikus index (I_m). A 2. betűt a lehetséges párolgás (PET), a 3. betűt a vízhiánnyal (D) és a víztöbblettel (S) arányos nedvességi és szárazsági index (I_a , I_h), míg a 4. betűt a nyári (június, július és augusztus) és az évi PET értékek aránya határozza meg. A klímaképlet első két betűje az évi, míg utolsó két betűje az évszakos vízmérleg-jellemzőkre utal.

Az indexeket a következőképpen számoljuk:

$$I_m = I_h - 0,6 \cdot I_a \quad (5)$$

$$I_a = \frac{100 \cdot D}{PET} \quad (6)$$

$$I_h = \frac{100 \cdot S}{PET} \quad (7)$$

A Thornthwaite-féle osztályozáshoz szükséges hidrofizikai indexeket egy egyszerű csöbör modell alapján becsüljük. Az eredeti modellben a csöbör 1 m mély és 1 m² alapterületű talajtömb, melynek hasznos vízkészlete⁷ 100 mm. A csöbört a csapadék (P) tölti, a tényleges evapotranspiráció (ET) pedig üríti. A csöbör falain oldalirányú vízmozgás nincs. Amikor a vízmennyiség eléri a 100 mm-t, a csöbör megtelik, és ha a csapadék nagyobb, mint a potenciális evapotranspiráció (PET), víztöbblet (S) keletkezik, ami elfolyik. A lefolyt vízről semmit sem lehet tudni. A víztöbbletet az

$$S = \Theta - \Theta_f, \quad (8)$$

formulával számítjuk, ahol Θ a talaj vízkészlete [mm·m⁻¹] és Θ_f a talaj szabadföldi vízkapacitása [mm·m⁻¹]. Ha viszont a csöbör teljesen kiürül, és a PET nagyobb, mint a csapadék, vízhiány ($D = PET - P$) keletkezik, ami a mélyebb rétegekből pótlódik. Láthatjuk tehát, hogy a csöbör speciálisan működik: alulról vizet kaphat, de nem veszíthet. A Thornthwaite-féle éghajlatelemző modell fizikai jellegét ezáltal a csöbör mechanizmusa, míg biológiai jellegét a hasznos vízkészlet fogalmának használata adja.

A csöbör modell leírásából és a fentebb ismertetett hidrofizikai indexekből kitűnően látszik, hogy a Thornthwaite-féle klasszifikáció „lelkét” a PET értékének meghatározása jelenti. Thornthwaite (1948) eredeti munkájában a PET számítására egy hőmérséklettől és a potenciális napfénytartamtól függő egyenletet dolgozott ki. A regressziós egyenletet több, Egyesült Államokban végzett lysiméteres mérés eredményei alapján szár-

maztatta. Felismerte, hogy a párolgás és a sugárzási egyenleg között szorosabb fizikai kapcsolat létezik, mint a párolgás és a hőmérséklet között. Azonban tisztában volt azzal is, hogy a párolgás becsléséhez szükséges pontos és kellő felbontású sugárzási adatok még sokáig hiányozni fognak. Modellje ezért a sugárzás helyett a hőmérséklet alapján becsüli a PET értékeket. Az elv továbbá feltételezi azt is, hogy az albedó konstans és az ET mértékét a nedves levegő advekcója sem befolyásolja. A PET módosított parametrizációja McKenney és Rosenberg (1993) nevéhez fűződik. E képlet szerint

$$PET = \sum_{t=1}^{12} 1,6 \cdot \left(\frac{L_t}{12} \right) \cdot \left(\frac{N_t}{30} \right) \cdot \left(\frac{10 \cdot T_t}{I} \right)^4 \quad (9)$$

Itt L_t a nappalok hosszának havi átlaga [óra], N_t a hónap napjainak száma [db], T_t a havi közepes léghőmérséklet [°C] és I ill. A a következőképpen áll elő:

$$I = \sum_{t=1}^{12} \left(\frac{T_t}{5} \right)^{1,514}, \quad (10)$$

$$A = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (11)$$

Végezetül a klímaképletek egyes betűinek lehetséges értékeit és azok jelentéseit foglaljuk össze táblázatszerűen (7., 8., 9., 10. táblázat).

**Szelepcsényi Zoltán, Breuer Hajnalka,
Ács Ferenc, Kozma Imre**

Irodalomjegyzék

- Ács F., Breuer H., Tarczay, K., Drucza M., 2005: A talaj és az éghajlat közötti kapcsolat modellezése. Agrokémia és Talajtan, 54, 257-274.
- Beck, C., J. Grieser, M. Kottek, F. Rubel, B. Rudolf, 2006: Characterizing Global Climate Change by means of Köppen Climate Classification. DWD, Klimastatusbericht 2005, Deutscher Wetterdienst, ISBN 3-88148-413-2.
- Bonan, G., 2002: Ecological Climatology. Cambridge University Press, 678.
- Borhidi, A., 1981: Az éghajlat. Hortobágyi T., Simon T. (szerk.): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. Tankönyvkiadó, 352-372.
- Breuer H., 2007: A párolgás, a talajvízkészlet és a talajlégzés klimatológiai modellezése Magyarországon. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, 94 pp.
- Budiko, M. I., 1969: The effect of solar radiation on the climate of the earth. Tellus, 2, 611-619.
- De Candolle, M., 1874: De Candolle's Proposed 'Physiological Groups' of Plants. Nature, 10: 191-193.

A klímaképlet 1. betűje	A vízellátottság jellemzés	I_m
A	Perhumid	100 fölött
B ₄	Humid	80 – 100
B ₃	Humid	60 – 80
B ₂	Humid	40 – 60
B ₁	Humid	20 – 40
C ₂	Nedves szubhumid	0 – 20
C ₁	Száraz szubhumid	-20 – 0
D	Szemiarid	-40 – -20
E	Arid	-60 – -40

7. táblázat - A klímaképlet 1. betűinek lehetséges változatai

⁷ Az a vízmennyiség, amit a növényzet felvehet.

A klímaképlet 2. betűje	A hőellátottság jellemzése	PET ($\text{mm m}^{-2} \text{év}^{-1}$)
A'	Megatermális	1140 feletti
B' ₄	Mezotermális	997 – 1140
B' ₃	Mezotermális	855 – 997
B' ₂	Mezotermális	712 – 855
B' ₁	Mezotermális	570 – 712
C' ₂	Mikrotermális	427 – 570
C' ₁	Mikrotermális	285 – 427
D'	Tundra	142 – 285

8. táblázat - A klímaképlet 2. betűinek lehetséges változatai

A klímaképlet 3. betűje	A vízellátottság szazonális jellemzése	
Nedves éghajlatok esetén (A, B, C ₂)		I_a
R	kicsi vagy nincs vízhiány	0 – 16,7
S	közepes nyári vízhiány	16,7 – 33,3
W	közepes téli vízhiány	16,7 – 33,3
s ₁	nagy nyári vízhiány	33,3 felett
w ₂	nagy téli vízhiány	33,3 felett
Száras éghajlatok esetén (C ₁ , D, E)		I_h
D	kicsi vagy nincs víztöbblet	0 – 16,7
S	közepes téli víztöbblet	16,7 – 33,3
W	közepes nyári víztöbblet	16,7 – 33,3
s ₂	nagy téli víztöbblet	33,3 felett
w ₁	nagy nyári víztöbblet	33,3 felett

9. táblázat - A klímaképlet 3. betűinek lehetséges változatai

A klímaképlet 4. betűje	A nyári hőellátottság jellemzése	PET (% nyári/évi)
A'	Megatermális	48 alatt
b' ₄	Mezotermális	48 – 51,9
b' ₃	Mezotermális	51,9 – 56,3
b' ₂	Mezotermális	56,3 – 61,6
b' ₁	Mezotermális	61,6 – 68
c' ₂	Mikrotermális	68 – 76,3
c' ₁	Mikrotermális	76,3 – 88
D'	Tundra	88 felett

10. táblázat - A klímaképletek 4. betűinek lehetséges változatai

De Martonne, E., 1926. Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. La Meteorologie 2, pp. 449-459.

Dobosi, Z. és Felméry I., 1994: Klimatológia. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 500 pp.

Druza M. és Ács F., 2006: Relationship between soil texture and near surface climate in Hungary. Időjárás, 110, 135-153.

Emanuel, W. R., H. H. Shugart, M. P. Stevenson, 1985: Climatic change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. Climatic Change, 7, 29-44.

Gao, X., F. Giorgi, 2008: Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. Global and Planetary Change, 62, 195-209.

Geiger, R., 1954: Klimaklassifikation der Klimate nach W. Köppen in Landolt-Börnstein (eds.) Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie Vol. 3. Springer, 603-607.

Gorczynski, W., 1920: Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. Geogr. Annaler, 2, 324-331.

Grisebach, A., 1866: Catalogus plantarum cubensium exhibens collectionem Wrightianum aliasque minores ex insula Cuba missas. Leipzig.

Grisebach, A., 1872: Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Verlag von Wilhelm Engelmann, 635 pp.

Holdridge, L. R., 1947: Determination of world plant formations from simple climatic data. Science, 105, 367-368.

Holdridge, L.R., 1967: Life Zone Ecology. San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center.

Holdridge, L.R., W.C. Grenke, W. H. Hatheway, T. Liang, J. A. Tosi., 1971: Forest Environments in Tropical Life Zones. Pergamon Press, Oxford.

Humboldt, A. v., 1807: Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer.

Justyák, J., 1995: Klimatológia (egyetemi és főiskolai jegyzet). Kossuth Egyetemi Kiadó.

Kalvová, J., T. Halenka, K. Bezpalcová, I. Nemesová, 2003: Köppen climate types in observed and simulated climates. Stud. Geophys. Geod., 47, 185-202.

Knobloch, E., 2006: Alexander von Humboldt: The explorer and the scientist. Proceedings of the 2nd International Conference of the European Society for the History of Science.

Köppen, W., 1900: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geographische Zeitschrift, 6, 593-611, 657-659.

Köppen, W., 1923: Die Klimate der Erde, Grundriss der Klimakunde. Walter de Gruyter

Köppen, W., 1936: Das geographische System der Klimate in Köppen, W. & R. Geiger (eds.) Handbuch der Klimatologie. 1. C. Gebr. Borntraeger, 1-44.

Lang, R., 1915: Versuch einer exakten Klassifikation der Boden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Internationalen Mitteilungen für Bodenkunde, 5, 312.

Lugo, A. E., S. L. Brown, R. Dodson, T. S. Smith, H. H. Shugart, 1999: The Holdridge Life Zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping. Journal of Biogeography, 26, 1025-1038.

McKenney, M.S., N.J. Rosenberg, 1993: Sensitivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change. Agric. For. Meteorol., 64, 81-110.

Péczely, Gy. (1979): Éghajlatlan. Nemzeti Tankönyvkiadó, 276 pp.

Peel, M.C., B.L. Finlayson, T.A. McMahon, 2007: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 4 (2), 439-473.

Prentice, K. C., 1990: Bioclimatic Distribution of Vegetation for General Circulation Model Studies. Journal of Geophysical Research, 95, 11.811-11.830.

Roy, P. S., P. K. Joshi, S. Singh, S. Agarwal, D. Yadav, C. Jegannathan, 2006: Biome mapping in India using vegetation type map derived using temporal satellite data and environmental parameters. Ecological Modelling, 197, 145-158.

Roderfeld, H., E. Blyth, R. Dankers, G. Huse, D. Slagstad, I. Ellingsen, A. Wolf, M. A. Lange, 2008: Potential impact of climate change on ecosystems of the Barents Sea Region. Climatic Change, 87, 283-303.

Sanderson, M., 1999: The classification of climates from Pythagoras to Köppen. American Meteorological Society, 80, 667-673.

Supan, A., 1879: Die Temperaturzonen der Erde. Petermanns Geog. Mitt., 25, 349-358.

Thornthwaite, C. W., 1944: Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, 1943-44. American Geophysical Union, 687.

Thornthwaite, C. W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, 38, 5-94.

Thornthwaite, C. W., F. K. Hare, 1955: Climatic classification in forestry. Unasylva, 9.

Yue, T., J. Liu, S. E. Jörgensen, Z. Gao, S. Zhang, X. Deng, 2001: Changes of Holdridge life zone diversity in all of China over half a century. Ecological Modelling, 144, 153-162.

ÓZONÉRTEKEZLET KATARBAN

ALADDIN CSODALÁMPÁJA KOMPAKT IZZÓVAL

Lassan hagyománnyá válik, hogy a magaslégtér ózonszintjének védelmére létrehozott Montreali Jegyzőkönyv részes országainak évente megrendezett konferenciájáról tudósítok a Légkör hasábjain. Teszem ezt első-sorban akkor, ha a rendező ország viszonylag távolabbi hely, nem túl sok hazánkfia jut el oda, s ezért érdeklődésre tarthat számot a rövid bemutatása.

2008-ban a kicsi és gazdag arab ország Katar rendezte a konferenciát fővárosában, Dohában. A katarai környezetvédelmi miniszter nyitotta meg az ülést – amelyen 142 ország képviselője vett részt – kiemelve a globális problémák elleni küzdelmet. Ennek jegyében papírintes konferenciát hirdettek, s a katarai kormány laptopokat kölcsönzött a résztvevőknek, amelyek segítségével interneten keresztül minden információt eljuttattak. Ezeket a gépeket végül a UNEP-nek ajándékozták további papírintes célokra.



Ez a kép ötvözi talán legjobban a Katarban még fellelhető múltat és jelent

Az Arab-félszigetről a Perzsa (Arab)-öbölbe nyúló Katar-félszigeten lévő ország enyhén felboltozódó mészkőrétegekből álló, 80–100 méter magasan fekvő sivatagos alföld. A felszínt délkeleten

szélfúttá homokdűnék, a korallzatonnyokkal övezett partok mentén sekély sós-agyagos mélyedések tagolják. Legmagasabb pontja 178 méter magas. Folyói, tavai nincsenek, időszakos vízfolyásai medrében csak a téli esőzések idején van rövid ideig víz.

A Baktérítőtől kevéssé északra fekszik, éghajlata sivatagi, 26°C átlagos hőmérséklettel, 45–50°C-os nyári hőségnapokkal. A novemberi időjárás az európai ember számára is kellemes. A 60–70 mm átlagos évi csapadék december és február között hull le. Ivóvizet a tengervíz desztillálásával nyernek. A fővárosban a víziközmű fejlesztése nem képes követni a növekedést, ezért a belvárosban is látható, amint a járdákon rendezetlenül egymásra fektetett vastag gumicsövekben vezetik a vizet. Fagyveszélytől nem kell tartaniuk. A félsziget belsejében, a források körül néhány oázis alakult ki.

Katar területe 11 427 km², népessége közelíti a 820 000-hez, bár egyes becslések másfél millióra teszik. 35 éve még csak mintegy 170 000 lakosa volt. A kőolajtermelés fellendülése óta nagy a bevándorlás a környező arab országokból, Pakisztánból, Indiából és Törökországból. A hatalmas építkezéseken kivétel nélkül vendégmunkások dol-

goznak, főleg indiaiak, gyakran késő este világításnál is. A helyi arabok nem igen végeznek fizikai munkát, legfeljebb az üzletet és az óriási autókat vezetik. Talán ezért is sok közöttük a túlsúlyos, amit azonban a helyi viselet, a gellabiyya elég jól takar.



Ennyi látható a helyi arab nőkől

A férfiak fehér színűt hordanak, a nők pedig feketét, s arcukat is eltakargatják. Csak a két, gyakran kifestett szem látszik. Így a párválasztás elég sok meglepetést tartogathat.



Épülő toronyházak Dohában



Helyi viseletű arab férfi pénzt vesz fel az ATM-nél



Déli pihenőt tart ez a megfáradt helybéli atyafi

Az egyetlen fizikai dolgozó helybélit sikerült megörökítenem az alábbi képen. Ő cipőtisztító és javító vállalkozó. Mint látható, a suszternek itt sincs jó cipője.



Utcai cipőtisztító és javító Dohában

Katarban a férfiak majdnem kétszer annyian vannak, mint a nők. Talán ennek következménye, hogy feltűnően sok indiai fiatal férfi páros sétálgatott kézen fogva. A városi lakosság aránya magas, 93%.

Katarról már Ptolemaiosz is említést tett az i. e. 2. században írt könyvében. Nevét a területén egykor letelepedett kaldeusokról kapta. A perzsa és görög fennhatóság után az i. sz. 1. században arab törzsek vették birtokba a vidéket. 528-ban az Arab Kalifátus része lett, de mivel távol esett a birodalom nagy központjaitól (Bagdad, Damaszkusz, Medina), időről időre vallási reformátorok vagy önállóságra törekvő emírek kezébe került. A törökök 1536-ban foglalták el, és fennhatóságuk alatt maradt egészen 1868-ig, az angolok megjelenéséig. A Katari Emírséget 1868. szeptember 12-én kiáltották ki. Az ország 1916-ban brit védnökség lett, az uralkodó emír csak formálisan gyakorolta hatalmát. Amikor az angolok bejelentették, hogy 1971-ben kivonulnak a Perzsa-öböl térségéből, a part menti területek uralkodói egy föderáció létrehozását határozták el, amely meg is alakult (ma Egyesült Arab

Emírségek), de – Bahreinhez hasonlóan – Katar sem csatlakozott hozzá és 1971. szeptember 3-án kikiáltotta teljes függetlenségét. Azóta ez a nap nemzeti ünnepük. 1995-ben az emír fia megdöntötte apja hatalmát és jelentős reformokat vezetett be. Az 1999-ben első ízben megtartott választásokon nők is részt vehettek.

Fő gazdasági erőforrása a hatalmas kőolaj- és földgázkészlete. Az olajkutatással és -kitermeléssel külföldi társaságok foglalkoznak. Iparát kőolaj-finomítás, vegyipar és vaskohászat jellemzi. A tetemes bevételekből fejlett infrastruktúrát, szociális intézményrendszert (pl. ingyenes oktatás, amire szükség is van, mert az írástudatlanság aránya 17,5%) építettek ki. Élelmiszergazdaságának vezető ága a modern alapokra helyezett halászat, ami azonban a nemzeti össztermék csupán 1%-át teszi ki. 67%-ot az ipar, 32%-ot a szolgáltatások adnak. Egyes vidékeken öntözéses műveléssel zöldséget, kölest, kukoricát, datolya- és kókuszpálmát termesztenek. Állattenyésztéssel főleg nomád törzsek foglalkoznak. Az üzletekben főleg Szaúd-Arábiából származó élelmiszerek kaphatók.

Katar fővárosa Doha. A Katar-félsziget keleti partvidékén, egy védett, patkó alakú öbölben fekszik. Lakóinak száma elővárosokkal 600 000 körüli, bár 35 éve még csak 80 000-en lakták, akkor többségében arabok. Környéke már az ókorban lakott volt. A lakosság a 7. század óta mohamedán. A középkor vége felé Bida néven fontos kereskedelmi központ. 1517-ben portugál uralom alá, 1536-ban török kézre kerül. A kö-



Gyöngyhalászkod emlékműve Dohában

zépkorban halászatáról, elsősorban a gyöngyhalászatáról volt híres. Ennek állít emléket egy nagyméretű öbölmenti szobor.

A jól védett kikötő kedvezett a Perzsa-öbölben használatos jellegzetes arab vitorlás csónakoknak. A gyöngyhalászat mára lehanyatlott, mert az olajbányászat biztosabb keresetet nyújt. Az uralkodó, Mohamed sejk 1868-ban kötötte az első védelmi szerződést az angolokkal. 1916-ban brit protektorátus lett. 1956-ban angolelles felkelés robbant ki itt. Doha 1971 szeptembere óta a független Katar fővárosa.

A dohai ózonvédelmi konferencia azért is emlékezetes marad számomra, mert egy évre megválasztottak a Montreali Jegyzőkönyv elnökének. Ez egyben elismerése annak is, hogy hazánk sokat tett az ózonszennyező anyagok kiváltása terén.



A konferencia elnöke munka közben

Katar iszlám ország. A napilapok a címdoldalon közlik a napi öt imádság pontos idejét, ami a Nap évi járásához igazodik. Ha eljön az imáidő, a minaretek tetejéről a modern müezzinek, azaz felvételről hangszórókon keresztül hívják az igazhitűeket imára. Ilyenkor a konferencia épületében, a parkokban, de még a foci pályán edzés közben is megáll az élet, s térdre ereszkedve elvégzik a szertartást.

Közel laktam a jellegzetes keleti bazárhoz, amit itt szúknak neveznek. Bennem az ezeregy éjszaka meséit idézte. A kevés szabadidőmet főleg az itteni síkátorokban töltöttem nézelődéssel, egy kevés vásárlással. Más arab országoktól eltérően itt nem akaszkodnak rá a fehér emberre, nem akarnak feltétlenül



A szállodám előtti minaret, ami minden reggel hajnali fél öt körül ébresztett

rásózni valami hihetetlenül jó portékát. Különösen a fűszerüzletek vonzottak az illatok széles skálájával, bár a fűszerek zömét nem ismertem. Egy számomra elképesztően sokféle datolyát árusító üzletben kávéval és jemeni mézzel kínáltak. Az eladók zöme tudott angolul, a fiatalok valamivel jobban.

A képen az az idős fűszeres látható a boltjában, akinél pisztáciát



Fűszerüzlet a dohai bazárban

vásároltam, s megengedte, hogy lefényképezzem. A szúkban sok étterem is található, ami előtt nők és férfiak vízipipáznak békésen és iszogatják az üdítőjüket. A párnázott padokon csak a férfiak heverésznek. Éttermekben fordult elő, hogy a nők arca fedetlen volt. Mohamedán or-



A vízipipák vendégekre várnak.



A szúk egyik bejárata péntek délelőtt, amikor még nincsenek vendégek

szág lévén alkoholt nem árusítanak. A francia EU-elnökség fogadásán sem szolgáltak fel semmilyen alkoholos italt. Így aztán részeg emberrel nem találkoztam, s a közbiztonság is kiváló.

A dohai konferencia különleges élményt nyújtott, a kis arab ország érdekes egyvelege múltnak és jelennek.

Tóth Róbert

SOPRONI GYÖRGY NYUGDÍJBA VONULT



Közel negyed százados OMSZ-nál eltöltött eredményes munka után nyugdíjba vonult Soproni György. 1949. szeptember 15-én született Siófuton. Az általános iskola elvégzése után a siófoki Perczel Mór gimnáziumban tanult, majd érettségizett 1968-ban. Ezt követően szabályozástechnikai műszerész vég-

zettséget szerzett Budapesten. Rövid ideig Csepelen a Hőerőműnél dolgozott. 1970 és 1973 februárja között sorkatonai szolgálatát töltötte Körmenten a határőrségnél. Leszerelés után Csepelen, majd Siófokon a Kőolaj alkalmazásában állt. 1975 februárjában került a Meteorológiai Szolgálathoz Siófokra. Először mint észlelő, majd a viharjelző szolgálat segítésére a telexes adattovábbítás korszakában, mint technikus dolgozott. A 80-as években az ELTE által szervezett kétéves Met-III-as szaktanfolyamot is elvégezte. Siófokon a 80-as évek végétől a manuális adatfelviteli-térképkészítési feladatok megszűnése után ismét észlelői munkát végzett. Munkája során mindig törekedett feladatainak tökéletes elvégzésére. Szaktudását átadva,

segítségével sok új kolléga tanulhatta meg az időjárás megfigyelés-észlelés és mérések mesterségét. 1995-ben, Dombai Sándor nyugdíjba vonulása után állomásvezetőnek nevezték ki. Állomásvezetőként kollégáitól is elvárta a lelkiismeretes, pontos munkát. Mindig szívügye volt a meteorológiai állomás műszerezettségének jó, és tisztán tartott állapota. Tudta, hogy a pontos és jó megfigyelés és mérés az időjárás előrejelzés alapja.

Most 2009 október 24-vel nyugdíjba vonul, de reméljük, hogy kedvenc helyére, a siófoki vitorlás kikötőbe érkezve, illetve munkahelyi összejöveteleken még sokat találkozhatunk vele. Kollégái nevében kívánunk sok erőt, és jó egészséget a nyugdíjas évekhez.

Siófoki munkatársai

POTENCIÁLIS SZÉLENERGIA EURÓPÁBAN ÉS MAGYARORSZÁGON

Bevezetés

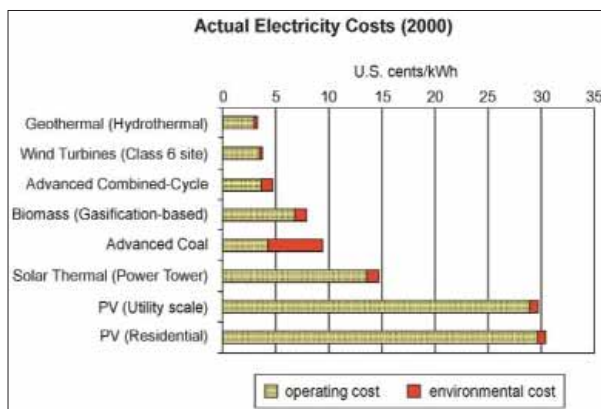
Az Európai Unió a 21. század első éveiben szélenergia nagyhatalomnak számított, mivel a világ teljes szélenergia kapacitásának 75%-a a 15 Uniós országban volt található. A legutóbbi adatok szerint az Unió még mindig tartja vezető helyét a világ kapacitásának több, mint 50%-ával. Igaz, hogy a legutóbbi években az USA, Kína és India nagyon az élre tört, de ezen országok területük kiterjedése miatt előnyben vannak Európa nagy népsűrűségű országaival szemben. A szél erőművek telepítésének másik előfeltétele a háttérpiar, nevezetesen ki kell fejleszteni szél erőműveket gyártani képes üzemeket. Az Európán kívüli országok közül a fent említett országok rendelkeznek a szükséges háttérparral.

Az EWEA legutóbbi jelentése szerint Európában 2009. májusában 65 GW szél erőmű kapacitás állott rendelkezésre, legnagyobb része az Európai Unióban (News Release, 2009). Ugyanezen jelentésben szerepel Magyarország, ahol a szél erőmű kapacitás 177 MW. Összehasonlításképpen, a szomszédos Ausztriában a szél erőművek kapacitása kb. 900 MW. Ehhez azonban hozzá kell tenni, hogy Ausztria néhány éve még százszor nagyobb kapacitással rendelkezett, mint hazánk, ahol éppen csak az első nehéz lépéseket tettük meg.

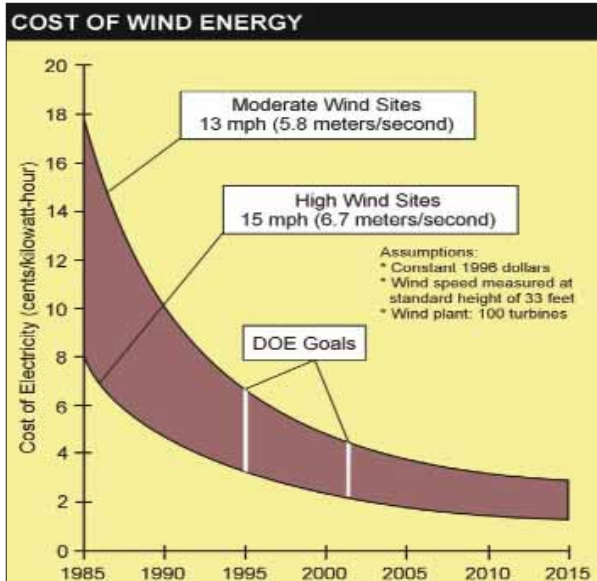
A világ teljes szél erőmű kapacitása is robbanásszerűen növekszik, elég sokat mondó, hogy míg 1999-ben 13 700 MW volt a világ szél erőkapacitása, 2008 végén már 121 000 MW és 2009-re 152 000 MW kapacitást jeleznek előre. Egy évtized alatt mintegy tízszeresére nőtt a világ szél erőmű kapacitása (World Wind Energy Report, 2008).

A villanyáram ára

A gyors növekedésnek egyik magyarázatát valószínűleg a szél energiával termelt áram olcsóságában kell keresnünk. A 2000-es adatok szerint a geotermikus energiával termelt villanyáram mellett a szél energiából nyert villanyáram a legolcsóbb (1. ábra). Becslések szerint a szél erőmű telepítésének költségei 5–10 év alatt térülnek meg, ezért az évek múlásával az árak



1. ábra. A villanyáram aktuális árai 2000-ben, USA cent/kWh. Felülről lefelé: geotermikus, szél erőmű, kifejlesztett kombinált ciklus, biomassza (gázalapú), szén, szoláris hő, fotovoltaiikus azaz napelemekkel termelt (a két utolsó). Forrás: Antonia V. Herzog et al., 2004: Renewable Energy Sources. EOLSS)



2. ábra. A szélenergia költségeinek tendenciája. A függőleges tengelyen USA cent/kWh. Az ábrán olvasható írásként felül: mérsékelt szél; élénk szél, DOE (Department of Energy ~ Energiaügyi Minisztérium) célkitűzése. Feltételek: 1. 1996-os USA dollár, 2. Standard 10 méteres szintben mért szélesség, 3. 100 turbinából álló szél erőmű. Forrás: u.az, mint az 1. ábra.

csökkenni fognak, ezt szemlélteti a 2. ábra. Az ábrán az is látható, hogy a termelt áram költsége a szélességtől is függ, erősebb szél esetében a villanyáram olcsóbban állítható elő, a termelt áram teljesítménye ugyanis a szélesség harmadik hatványával arányos. Például háromszor nagyobb szélesség esetén a termelt áram teljesítménye huszonhatszerezére növekszik. Ezért előnyösek az úgynevezett off-shore erőművek, amelyek a sekély, partközeli tengerben épülnek, ahol egyenletesebb és általában erősebb a szél, mint a szárazföldön.

Sajnos, hazánk az off-shore szél erőművek előnyeit nem élvezheti, nemcsak azért mert nincs tengerpartja, de a szél erő kihasználására alkalmas tengerpartok is távol vannak tőlünk, és az onnan „szállított” villanyáram a vezeték hosszúsága miatt alaposan megdrágul. Gondoljunk a vezeték ellenállására, a vezeték és a transzformátorok karbantartására, ezek mind növelik a költségeket.

Potenciális szélenergia Európában

Érdekes egyszerű számítás segítségével megbecsülni a potenciálisan rendelkezésünkre álló szél energiát Európában és hazánkban. Tegyük fel, hogy Európa területe kerekén 10 millió km², a felette elhelyezkedő levegő tömege 10¹⁷ kg. A szél erőművek által elért légréteg kb. a 60–120 m szinten található, itt van a teljes légoszlop tömegének 8/1000 része (Glagoljev, 1970), ezért az a mozgó levegő, amely a szél erőművek rotorjait mozgatja, a teljes levegő tömegének mintegy 8/1000 részét teszi ki. Ennek a mozgó levegőnek teljesítménye a szélesség harmadik hatványával arányos. Legyen az átlagos szélesség 5 m/s, ekkor a nevezett rétegben mozgó levegő teljesítménye

$5 \times 10^{16} \text{ W} = 50 \text{ PW}$. A szélérőművek telepítésének lehetősége azonban korlátozott geomorfológiai, gazdasági és társadalmi okok miatt, ezért legjobb esetben is egy adott kontinensnek vagy országnak kb. egy ezrelékére terjedhet csak ki, ezért a rendelkezésre álló potenciális szélenergia Európa felett jó közelítésben $0,05 \text{ PW} = 50 \text{ TW} = 50\,000 \text{ GW}$. A bevezetőben említettük, hogy Európa szélérőmű kapacitása az utolsó adatok szerint 65 GW .

Hasonló meggondolásokkal kiszámíthatjuk, hogy 7 m/s átlagos szélesség esetén a szélérőművek szintjében mozgó levegő teljesítménye $1,372 \times 10^{17} \text{ W}$, ebből a szélérőművek egy ezrelékes részesedése $1,372 \times 10^{14} \text{ W} = 137\,200 \text{ GW}$.

Természetesen a fenti becslések csak durva közelítések, hiszen nem ismerjük a szélesség statisztikai adatait. Valamegyest menti durva becslésünket, hogy a szélérőművek rotorjai általában több tonnásak, nagy tehetetlenségük miatt nem is követhetik a rövid változásokat a szélességben.

Az elméletileg számított és a „befogott” szél teljesítmények közötti több nagyságrendnyi különbség szokatlannak tűnhet. Azonban fogalmat alkothatunk a mozgó légkör mozgási energiájáról, ha ugyancsak egyszerű számítással kiszámítjuk, hogy egy 10 millió km^2 területen 10 m/s sebességgel mozgó légtömeg kinetikus energiája a talajtól a légkör felső határáig nem kevesebb, mint néhány milliárd 100 tengelyes tehervonat kinetikus energiájával egyenértékű, ha a tehervonatok 36 km/óra sebességgel haladnak. Magától értetődő, hogy a szélnek egyéb, az ember és az élővilág szempontjából fontos funkciója is van, mint pl. a légszennyezés elszállítása, a hőcsere lebonyolítása, nedvesség szállítása stb.

Potenciális szélenergia Magyarországon

Magyarországon a több évre tervezett kutatás egyik eredménye a 10 , 25 , 50 és 75 m-es szintre kiszámított átlagos szélesség területi eloszlása. A számítások szerint az átlagos szélesség határozottan növekszik a magassággal és a négy szint közül a 75 m-es szinten találjuk a legnagyobb szélességeket (Szépszó et al. 2006). A modern szélérőművek magasságához is ez a szint van a legközelebb. A számított szélességek 75 m magasságban 3 és 7 m/s értékek között változnak a régiótól függően, ezért jó közelítéssel az átlagos szélesség ezen a szinten 5 m/s .

Ha Magyarország területét kerekén $93\,000 \text{ km}^2$ -nek vesszük, akkor a 60 és 120 m magasság közötti rétegben található levegő tömege $7,44 \times 10^{12} \text{ kg}$, ha ez a tömeg átlag 5 m/s sebességgel mozog, akkor teljesítménye $4,65 \times 10^{14} \text{ W} = 465 \text{ TW}$. Ebből a szélérőművek által hasznosítható egy ezrelék 465 GW , azaz $465\,000 \text{ MW}$. Összehasonlítás kedvéért, mint fentebb említettük, Magyarországon 2009 . májusáig üzembe helyezett szélérőmű kapacitás 177 MW volt, továbbá a Paksi Atomerőmű teljesítménye, ha mind a négy blokk üzemel, 1760 MW . A jelenleg meglévő szélérőművek és a Paksi Atomerőmű közötti arány tehát csupán egy a tízhez. (Persze a szélérőműveknél a ténylegesen kinyert energia jóval kisebb az elméletileg számítottnál, hiszen a szélesség nem mindig „ideális”. -Szerk. megj.)

Nem esett szó még a szélérőművek hatásfokáról. Tekintettel arra, hogy a legelterjedtebb szél-turbina a háromlapátos légcsavar típus, ennek hatásfoka $0,3$ és $0,5$ értékek között mozog, a kisebb teljesítményű négylapátos holland típus hatásfoka alig haladja meg a $0,1$ értéket (Koppány, 1988). Ez utóbbiakat

leginkább az öntözéshez használt víz kiszivattyúzásához használják.

Természetesen a fenti egyszerűsített számítások a szélenergia nagyságáról csupán elméleti értékeket adnak. Ha mégis elfogadjuk, legalább elméletben, hogy hazánkban 465 GW átlagos szél-erő teljesítmény használható, akkor ez $4\,073\,400 \text{ GWó}$, azaz mintegy $14,5 \text{ EJ}$ évi energiatermelést jelenthet (a szél-erőművek hatásfokát nem vettük figyelembe). Ez természetesen akkor realizálódhatna, ha egész évben megfelelő erősségű szél fújna. A szélenergia azonban csak kiegészítő, komplementer erőforrás. A szélenergiával termelt villamos energiát azonban több módon is lehet tárolni: akkumulátorban, vagy az elektromosságot a víz felbontására használhatjuk, így hidrogént állíthatunk elő vízből, a hidrogén és oxigén keveréke ún. „durranógáz” formájában újra felhasználható energiatermelésre. Természetesen a tárolás többlet beruházási költségeket jelent, és egyenlőre kisebb hatásfokkal lehet megvalósítani.

A valóságban Magyarország évi villamos energia termelése 1997 -ben $33\,400 \text{ GWó}$, azaz 120 PJ volt, a Paksi Atomerőmű évi energia termelése teljes üzem módban $15\,417 \text{ GWó}$, vagyis $55,5 \text{ PJ}$. A villamos energia termelése 1997 óta lényegesen nem változott, csupán az import ingadozott 8 és 18 százalék között az utóbbi évek során (Magyar Statisztikai Zsebkönyv, 2000, 226.o.). Az importált villamos áram ára pedig esetenként jóval magasabb lehet, mint a hazai termelésű. Mindenképpen érdemes tehát az importált villanyenergia arányát csökkenteni, mert ezzel a fogyasztói ár is csökkenthető.

A téma iránt érdeklődők bővebb információt találhatnak magyar nyelvű szakirodalomban is (pl. B. Kircsi A. et al. 2009, Hunyár M. et al. 2004 és 2005).

Koppány György
Szeged

Irodalom

- Antonia V. Herzog, Timothy E. Lipman, Daniel M. Kammen (2004): Renewable Energy Sources in Theories and Practices for Energy Education, Training and Standards, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxfors, UK
- B. Kircsi A., Tóth P., Bulla M. 2009: A szélenergia hasznosítás legújabb magyarországi eredményei Környezet és energia konferencia, Debrecen, 2009. máj. 8-9. 129-134 o.
- Glagoljev, Ju.A., 1970: Spravochnik po fizicheskim parametram atmosfery. Gidrometizdat
- Hunyár M., Tar K., Tóth P., 2004: Magyarország szélenergia potenciálja 1. Energiagazdálkodás, 45. 6. 20-25 o. és 46.1. 24-26 o.
- Koppány Gy., 1988: Légköri erőforrások JATE Kiadó, Szeged, 1988. 41.o.
- Magyar statisztikai zsebkönyv, 2000. KSH, Budapest, 2001.
- News Release 2009: Hungary needs to develop its huge wind potential. EWEA Report
- Szépszó G., Horányi A., Kertész S., Lábó E., 2006: Magyarországi szél- és napenergia kutatás eredményei. OMSZ, Budapest
- World Wind Energy Report, 2008. 8-th World Wind Energy Conference and Exhibition, Iceland, 2009.

AEROSZOLFELHŐ A KÜRIL-SZIGETEKRŐL

A Szaricsev vulkán egyes hatásai a sztratoszférára és a troposzférára

A vulkán szétrobbant

A Kuril-szigetek Kamcsatka félsziget ives meghosszabításában, attól délnyugatra fekvő szigetláncot alkotnak, közigazgatásilag Oroszországhoz tartoznak. A Szaricsev nevű tűzhányó az elmúlt húsz év folyamán először és éppen akkor tört ki (szétrobbant), amikor fölötte elhaladt a Nemzetközi Űrállomás. Az űrhajósok érthető izgalommal vették kezükbe a fényképezőgépet és örökitették meg a legdrámaibb földtudományi eseményt, amelyet valaha is a világűrből készítettek. A páratlan fényképfelvételek értékét csak növeli az a tény, hogy a heves vulkánkitörésnek egy korai állapotát sikerült elcsípni.

A tűzhányó 2009. június 12-én olyan erővel tört ki, hogy a felhőgomolyag átütötte a troposzférát. A barna színű kitörési felhő az Altocumulus leplen kör alakú lyukat vágott. Felső részén fehér jégkristály-felhő keletkezett. Ez a sima felületű buborékfelleg a ropant erővel fölfelé taszított légtömeg kicsapódásából származik, ami alakját és kialakulását illetően egészen hasonlít a Cumulonimbus calvus és a Cumulus congestus tetején képződő pileus felhőjáruulékhoz.

Szinpompás napnyugták

A Szaricsev vulkán aeroszolfelhőjét kontinensünkön először június 29-én Franciaország fölött látták. Az égbolt fürkészei számára a legkomolyabb ellenfél, mint mindig, ezúttal is az időjárás volt. Nem feltételezhetjük, hogy a vulkanikus eredetű felhőnek öt napra volt szüksége ahhoz, hogy a Kárpát-medence területéről is észlelhetővé váljon. Az első megfigyelések mindenestre július 4-én születtek Magyarországról – valószínűleg azért, mert akkor tették lehetővé az időjárási körülmények.



Július 8-án Nagyszalonta égboltja is tisztulni kezdett a zavaró troposzférikus felhőktől. Gyenge hidegfrontot követően 18:30–18:55 GMT között (az időpontokat a továbbiakban is greenwichi közép-időben adom meg) a nyugat-északnyugati égbolt alján jókora felhőrés nyílt. Az Ac és As felhők alatt 10–20 fok magasságban (a magunk előtt nyújtott karral mért egy arasz 20 fokkal egyenlő), 60 fok szélességben teljesen kiderült az ég. Ott egymással nagyjából párhuzamos, vékony, itt-ott enyhén hullámos, ezüstösen fénylő vékony felhő látszott a szinte csaknem teljesen fekete frontfelhőzet szőnyege fölött. Teljesen egyértelmű volt, hogy a világos fényű, selymes felhő a sztratoszférában lebegett. (Időnként ugyan gyengén szemerkélt az eső, de a megfigyelést egyáltalán nem zavarta.) 18:50-kor a vulkanikus felhő felsőbb része enyhén sárgás, majd bíborlila szineződést mutatott, de hamarosan eltakarták az Ac és As felhők, így a további részletek rejtve maradtak.

Másnap, július 9-én reggel a látóhatártól már 25 foknyira magasban járó Nap környékén ezüstös színű, egyenes, párhuzamos helyzetű vékony szálak, csíkok, sávok világítottak 50–60 foknyi hosszúságban. Ez a felhő észak-északkelet - dél-délnyugat irányban konvergált (összefutni látszott). Központi csil-

lagunkat ugyanekkor 60 fok átmérőjű fehéres fénykoszorú övezte, melynek külső peremén barnássárga karikát, a Bishop-gyűrűt, a vulkanikus felhők ismert kísérijelenségét lehetett felismerni. (E tünevény – amelyet először a Krakatau vulkán kitörése nyomán figyelt meg Bishop tiszteletes 1882-ben – a vulkanikus port alkotó szilárd részecskéken létrejövő fényvisszaverődés, azaz diffrakció révén keletkezik.) Órákon keresztül lehetett észlelni, míg fokozatosan elenyészett, ám végleg még délben sem tűnt el egészen.

Legközelebb július 12-én biztosított lehetőséget újabb észlelésre az időjárás. Akkor viszont igen tiszta volt az égbolt. 18:30-kor sárgásfehér színű cénnavékony fonalak és vastagabb sávok legyezőszerű felhője húzódott délnyugattól egészen északig – ezt a felhőt a látóhatár vonalától mintegy 60 fok magasságig tudtam követni. (Megjegyzem: troposzférikus felhő hiányában egyetlen lehetőségként marad a Szaricsev aeroszolfátyla.) 18:45-kor e felhőlepel feltűnően élénk bíborlila színben tündöklött, annyira erőteljesen, hogy a felszíni tereptárgyak északnyugatnak forduló oldalát képes volt megvilágítani. Az ég alul élénk narancssárga színben fénylett.

Minden egyes észlelésem ismeretése túlságosan hosszú lenne, nem is lehet célom, így hát ettől eltekintek. Viszont két érdekesebb megfigyelés még említést érdemel.

Kora délutáni légkörtisztító zivart követően augusztus 7-én este ideális körülmények nyíltak a sztratoszférikus aeroszolfelhő vizsgálatára. 18:10-kor az égbolt északnyugati felén áradt szét az élénk citromsárga fény, ami 18:15-re az ég aljára húzódva zsugorodott, a helyét 60 fok magasságig bíborlila szín foglalta el, melynek szélessége

ugyanekkora méretű volt. 18:20-ra ez a fény is összetöppedt, ellenben legalul egy széles sávban hihetetlenül erősen vöröslött az égbolt, mintha lángolt volna.

Minden korábbinál csodálatosabb, óriási, bíborlila fénybura magasodott északnyugati irányban augusztus 19-én este annak köszönhetően, hogy a napközben fújó élénk északi szél a Jeges-tengerről származó tiszta levegővel töltötte meg a környezetet. A színpompa 17:50-kor kezdődött, 17:53-kor érte el látványa csúcspontját (a lilás fénybura 60 fok magas és 80 fok széles volt), majd 17:56-kor ért véget.

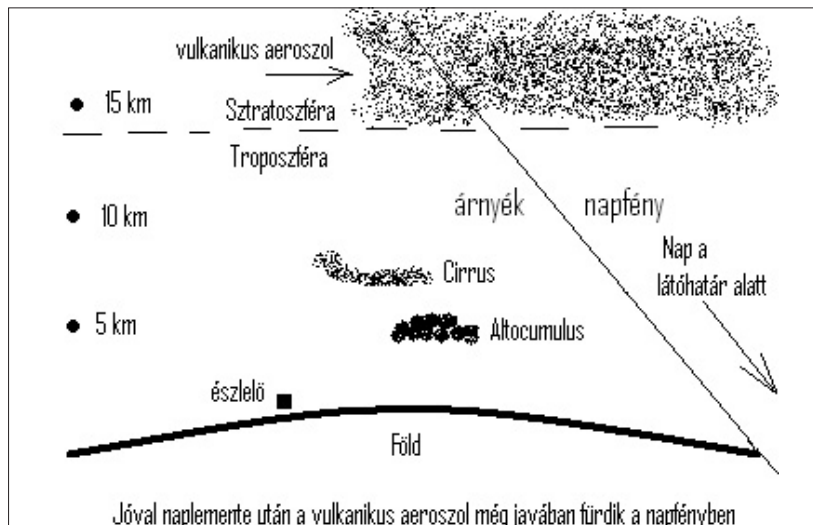
Nagyszalontáról utoljára szeptember 26-án, 16:40-kor látszott a vulkanikus felhőlepel, a korábbiakhoz képest lényegesen kisebb terjedélemmel és fakóbb színekkel.

A Heves megyei Mezőtárkányból készült színes fényképfelvétel tanúsága szerint október 6-a tekinthető az utolsó alkalomnak, amikor a Szaricsev vulkán aeroszolfelhője a Kárpát-medence területéről még egyértelműen látszhatott.

A fent említett különböző színek mindig megfelelő sorrendben mutatkoznak. Először, még napnyugta előtt jelenik meg a szálas, sávós, ezüstös, opálos felhő, amely a Nap leereszkedése után is jól felismerhető. 35–45 perccel a naplementét követően az égbolt nyugati irányban, középmagasan bíborlila színben tündököl. Ugyanekkor, alul élénk citrom- és narancssárga színű az ég, kicsit később, legalul égővörös színben lángol. Hajnalban ugyanezek a színek bukkannak fel, csak fordított idő- és sorrendben.

Vulkanikus aeroszolfelhő a sztratoszférában

A sztratoszféra ideális légköri közeget jelent egy vulkánkitörés felhőjének, hogy az egy szélesebb sáv mentén behálózza a Földet. Ehhez viszont az szükséges, hogy a vulkanikus aeroszolnak a sarkvidékek



fölött legalább 10–15 km, az egyenlítő fölött pedig legkevesebb 30 km magasba kell jutnia. Intenzív sugárzási, dinamikai és vegyi folyamatok zajlanak benne, amelyek vízszintes irányban sokkal gyorsabban elkeverik a gáz halmazállapotú anyagokat, mint a troposzférában, ahol erre függőlegesen van lehetőség. A szélviharok a sztratoszféra alsó rétegeiben igen erőteljesek, a szél sebessége elérheti az óránkénti 300–350 km-es értéket. Mintegy 20 km almagasságban találjuk az ózonréteget, amely 90 százalékban elnyeli a szoláris eredetű ibolyántúli sugarakat, ezáltal fölfelé fokozatosan és igen jelentősen megnövekszik a hőmérséklet, ami egészen a mezoszféráig, mintegy 50 km magasságig tart.

A magaslégköri ózonegyensúly vizsgálatára az ESA (European Space Agency, azaz Európai Űrügynökség) által korábban földköri pályára helyezett GOME-2 (Global Ozone Monitoring Experiment) nevű űrszonda mérései szerint a Szaricsev tűzhányóból kidobódott, elsősorban igen finom szemcsézettségű törmelékanyagból és kén-dioxidból álló felhő egy része a kitörést követően kelet felé vette útját Alaszka és Kanada felé, s az Atlanti-óceánon át 13 nap alatt elérte Európát, a másik része az előbb említett felhővel ellentétes irányba, nyugat felé sodródott, így

hozzánk Ázsián keresztül jutott el. Közép-Európa fölé az aeroszolfelhő 12 km, 15 km, 18 km és 22 km magassági szinteken érkezett, derül ki a németországi Hohenpeissenberg Observatórium lézer-radarjával végzett megfigyelési anyagból. Wolfgang Steinbrecht és Ulf Köhler mérései megerősítik a GOME-2 észlelését: a 12–18 km közötti felhőrétegek nyugatról, a 22 km-es szinten levő pedig keletről érkezett fölénk. Valamennyi felhőréteg külön-külön körbevándorolta a Földet. Ezeket az adatokat érdemes összevetni három másik vulkánéval. A Washington állambeli St. Helens vulkán felhője 1980. májusában 15–18 km magasságban nyugatról keleti irányban került meg bolygónkat, a mexikói El Chichón vulkáné viszont 1982. áprilisában 19–26 km magasságban keletről nyugati irányban, akárcsak a Fülöp-szigeteki Pinatubo vulkán felhője, amely 1991. júniusában 30 km magasságban terjedt szét keletről nyugatra. Úgy tűnik, mintha az ózonréteg közelében és afölött a sztratoszférikus szél iránya ellentétessé válna az alatta levő rétegek légmozgásának irányához képest.

A heidelbergi Max Planck Magfizikai Intézet kutatói léggömbön elhelyezett tömeg-színképelemzővel derítették fel a magaslégköri aeroszol-keletkezés mechanizmusát, mint arról az Umschau

folyóirat 1982-ben tudósított. Eszerint a vulkanikus eredetű aeroszol-felhők általában kétharmadrészben kénsavat, egyharmadrészben vízgőzből álló kondenzációs magvak felhőit tartalmazzák. Ezek összetömörülő molekulái a sztratoszféra 12–30 km közötti magasságában mindig jelenlevő szabad ionokra települnek. Velük először többionos komplex molekulákat, azaz ionhal-mazokat alkotnak, majd ezeken, mint kondenzációs magvakon csapódik le a túltelített magaslégköri kénsavgőz. Ez az ún. ion-magképződési folyamat nyáron már 20 km-es légköri szint alatt is végbemegy.

A Szaricsev hatása az alsólégkörre

Körülbelül egy-, esetleg (csak becslések állnak rendelkezésünkre) kétmillió tonna vulkanikus anyag került a sztratoszférába, ahol a

magasabb földrajzi szélességeken összefüggő, de korántsem egyenletes eloszlású, diffúz felhőréteget alkotott bolygónk körül. Mint ismeretes, a sztratoszféra alsó szintjét képező ozonoszféra fő alkotóelemét, a háromatomos ózont a kén-dioxid lebontja, melynek során egy oxigénion és egy kétatomos oxigén keletkezik. Elképzelhető, hogy a Szaricsev aeroszolfelhőjét bőven tartalmazó kén-dioxid valamelyest roncsolhatta az ozonoszférát, hiszen 22 km-ig jutott fel, ahol az ózontartalom a legsűrűbb. A vulkán porfátyla ahhoz már nem elegendő, hogy mérhető csökkenést okozna a földfelszín közelében mért hőmérsékleti értékekben, ám ahhoz igen, hogy hónapokon át látványossá tegye a napnyugtákat s a napkeltéket, és különleges felhőket varázsoljon az égboltra.

Kósa-Kiss Attila

Felhasznált szakirodalom

- Bluth, G. J. S. et al.: Global tracking of the SO₂ clouds from the June 1991 Mount Pinatubo eruptions. *Geophys. Res. Lett.*, 19, 151-154, 1992
- McClelland, L., D. Lescinsky and M. Sloboda (eds.), Smithsonian Institution, Bulletin of the Global Volcanism Network. Vol. 16(9), 11-14, 1991
- Hédervári Péter: Vervörösen kelt. Magyarország, 1974/31
- Kósa-Kiss Attila: Vulkanikus eredetű porfátyol. *Légkör*, 2009/1
- Robock, A.: Volcanic eruptions and climate. *Reviews of Geophysics*, 38, 191-219, 2000
- Thomas Trickl (Forschungszentrum Karlsruhe, Deutschland), személyes közlés
- A világhálón böngészők számára pedig: www.spaceweather.com/sunsets/gallery_sar_ychevpeak_2009.htm
- www.meteoros.de/Fotogalerie_Volkanaeros_ole.pdf

KISLEXIKON

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

fenológia (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) A biológiai rendszerek (első sorban növények) olyan peridodikus változásának kutatásával foglalkozó tudomány, amelynek alapja az éghajlat és az évszakok változékonysága. A fenológia feljegyzi egy növény valamennyi fejlődési fázisának időpontját a keléstől a terméshozatalig, és ezzel igyekszik összefüggést találni a növény fejlődése és a klímaérzékenység között.

biohőmérséklet (ABT) (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) A növényi zónák kialakulására és jellemzésére L. R. Holdridge által 1947-ben bevezetett index. Értéke a 0 Celsius-fok fölötti hőmérsékleti értékkel esik egybe. Holdridge feltételezése szerint a növényi zónák nem a tengerszint feletti magasság függvényében jönnek létre, hanem a biohőmérséklet értékének megfelelően.

évi potenciális evapotraszspirációs arány (APETR) (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) A Holdridge által felépített növényi zónák jellemzésére használt párolgási mutatószám.

liziméteres mérés (Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F. és Kozma A.: *Biofizikai klasszifikációk*) Olyan párolgásmérő

berendezés, ami együtt képes regisztrálni a talaj és a növényzet párolgását.

flops (floating point operation per second), azaz másodpercenként elvégzett "lebegőpontos" aritmetikai művelet (összeadás vagy kivonás) (Zsótér E.: *Az ECMWF, dolgozói szemmel*) Egy számítógép "műveleti sebességét", azaz számítási gyorsaságát jellemző mérőszám. A szavak forrása arra utal, hogy a gép külön kezeli a számok nagyságrendjét (karakterisztika), és a nagyságrend előtt álló számértékeket (mantissza). (A nem lebegőpontos, hanem fixpontos műveletek esetén nem különül el a karakterisztika és a mantissza.) A számítógépek műveleti sebességének növekedését az alábbi táblázat is igazolhatja:

számítási sebesség	A másodpercenként elvégzett aritmetikai műveletek száma
megaфлоp	10 ⁶
gigaфлоp	10 ⁹
teraфлоp	10 ¹²
petaфлоп	10 ¹⁵
exaфлоп	10 ¹⁸
zettaфлоп	10 ²¹
yottaфлоп	10 ²⁴

összeállította: Gyuró György

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2009. július 1–szeptember 30 között

Választmányi ülés:

2009. szeptember 17.

Napirend:

- A választmányi ülés megnyitása
- Határozatképesség megállapítása (Határozatképtelenség esetén tájékoztatások, majd 15²⁰-kor az ülés újabb megnyitása.)
- A jegyzőkönyv vezetése, hitelesítése.
- Tagfelvételek
- A jövő évi vándorgyűlés témájának meghatározása (Mika János)
- Az október 8–10 közötti Erdő és Klíma konferencia szervezésének állása (Vígh Péter)
- Civil Kamara alakulási felhívása
- Programok az év hátralévő részére
 - A módosított alapszabály tervezete (Maller Aranka) Az emaileseknek mellékelve, egyébként megnézhető a Titkárságon az ülés előtt bármikor, illetve az ülés alatt.
- Egyebek

2009. harmadik negyedévében felvett tagok névsora:

Benkéné Csima Gabriella, Czender Csilla, Gulyás Ágnes, Mesterházy András, Moring Andrea

Köszönet az 1 %-ért!

Az 1996. évi CXXVI. törvény feljogosította az adózó állampolgárokat, hogy személyi jövedelemadójuk 1 %-át

az általuk megjelölt közcélú intézmény javára áttulajdosítsák az APEH-hel.

Örömmel jelentjük, hogy a 2008. évi bevallásában Társaságunknak ajánlott adójának 1%-ából ez évben **251.978.- Ft**-ot utal át az APEH.

Ezúton fejezzük ki köszönetünket a támogatásért, és kérjük tagjainkat, hogy a 2009.évi jövedelemadójuk 1%-ának újbóli áttulajdosításával segítsék Társaságunkat.

Elszámolás a 2007. évi SZJA-ból felajánlott 1 %-ról

A 2007. évi adóbevallásban újból lehetett felajánlani a befizetendő SZJA 1%-át azon társadalmi szervezetek részére, akik megfeleltek a törvény által előírt követelményeknek. Örömmel tudatjuk kedves tagtársainkkal, hogy társaságunk megfelelt az előírásoknak és meg is kapta az Önök által felajánlott, **összesen 354.840.- Ft**-ot. A felajánlott összegből 248.388 Ft-ot a 2008. évi Vándorgyűlés szervezésére használtuk fel. Ebből támogattuk az egyetemisták és nyugdíjasok részvételét. A maradék 106.452 Ft-ot Társaságunk postaköltségének részbeni fedezetére használtuk fel.

Mégegyszer nagyon köszönjük a felajánlást és reméljük, hogy ebben az évben is sokan nekünk adják személyi jövedelemadójuk 1%-át, ennyivel is könnyítve nehéz anyagi helyzetünkön.

Az MMT Elnöksége

TÍZ ÉVES AZ EURÓPAI METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG

1999 szeptemberében a svédországi Norwich-ben az éppen soros ECAC (European Conference of Applied Climatology) konferencia keretében jelentették be az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) megalakulását. Az EMS rendhagyó társaság. Nincsenek egyéni tagjai. Az egyes európai meteorológiai társaságok alkotják a tagságot, s tagjai közé, társult tagként befogad a meteorológia iránt elkötelezett szervezeteket és intézményeket is. Az elmúlt 10 év során a rendes tagok száma elérte a 36-ot, a társult tagoké pedig a 29-et. A társult ta-

gok sorában ott van az EUMET-SAT, az ECMWF, az ESA mellett az Országos Meteorológiai Szolgálat is.

Az Európai Meteorológiai Társaság megalakulása óta rendszeresen tart éves értekezletet, közgyűlést. 2009-ben immár a kilencediket. Az évente egyszer megrendezésre kerülő közgyűlés előtt az EMS Tanácsa is ülésezett. A Tanácsnak a három állandó tag (az angol, a francia és a német meteorológiai társaság kinevezett képviselői) mellett további hat, két évre, választott tagja van, akiket a tag-társaságok

jelöltjei közül választanak. (Jelenleg e beszámoló szerzője is tagja a Tanácsnak – szerk. megj.) Az évente kétszer összeülő Tanács – immár 21-ik alkalommal – a bevett gyakorlatnak megfelelően először meghallgatta az elnök, az ügyvezető titkár majd a kincstárnok beszámolóját. Említésre talán az érdemes, hogy a 2009-es év úgy tűnik veszteséges lesz. Az EMS legfőbb bevételi forrása a konferencia, s mivel a regisztrációs díjak nem követik teljes mértékben az inflációt, némi emelésre lesz szükség. Az EMS költségvetése persze nem

egy hatalmas összeg, 60–70 ezer euró körül mozog. Ebből telik főállású titkárra, némi utazásra, kiadványokra, s fiatal kutatók konferencia részvételének támogatására. Mint minden rendes szervezet, az EMS Tanács se csak úgy magában működik, vannak tanácsadó csoportjai, így a 2009-ben megalakult politikai és tanácsadói csoport (PADG), amely máris elveszítette vezetőjét, mivel a korábban egyszemélyes EUMETNET titkár, *Claude Pastre* bejelentette visszalépését. Hogy helyére kit jelöl a *Société Météorologique de France*, az ülés időpontjában nem volt ismertes. A PADG legfőbb tette egy kérdőív kibocsátása volt, amelyben azt próbálta kideríteni, hogy a tagszervezetek és azok tagjai mennyire kapcsolódnak az EMS-hez. Részletek megtalálhatók a Társaság honlapján is elérhető hírlevélben: http://www.emetsoc.org/publications/documents/ems_message_05_July09.pdf.

A Társaság folyamatosan ébren tartott közös törekvése a többékevésbé egységes meteorológiai képzés, tájékoztatás és szakmai minősítés. A project team ismét felvetette egy meteorológiai oktatási akció elindításának ötletét, amit a korábbi, Wieringa-féle kísérlet kudarcánál jelen volt régi COST-osok (*Neuwirth, Dunkel*) némi szkepticizmussal fogadtak. A *Professional Practice Project Team* első lépésként a repülésmeteorológiai szakemberek képzési és minősítési módszerének értékelését tűzte ki célul. A *Communication Team* a nemzeti kapcsolattartók szükségességével állt elő. Ez a csoport egy kétnapos képzési kurzust kíván szervezni arról, hogy miként adjuk közre a tömegtájékoztatási eszközökben éghajlat-változási ismereteinket. Talán a legtöbb feladata a *Committee on Meetings* csoportnak van, hiszen ők készítik elő a konferenciákat. A tervezett éves gyűlések és konferenciák: 2010. szeptember 13–17, Zürich (Svájc)

2011. szeptember 12–16, Berlin (Németország)

2012. szeptember 10–14, Lódz (Lengyelország)

Az EMS Tanács 22. ülésnek majd Budapest ad otthont 2010 márciusában.

A tanácsulást követő Közgyűlésen néhány teljes-jogú tag valamint közreműködő tag is képviseltette magát. Tartalmilag szinte semmi új nem hangzott el annak, aki már délelőtt is ott volt a tanácsülésen. A legérdekesebb hír, hogy a meteorológusok szerveződése tovább erősödik, 23 meteorológiai társaság fejezte ki azon igényét, hogy létrehozzon egy szuperszervezetet, az *International Forum of Meteorological Societies*-t. Az alakuló ülésre 2010 januárjában, Arizonában kerül sor, az Egyesült Államokban. A közgyűlés a tanács által előterjesztetteket rendre elfogadta. Jöhet a tudomány, jöhet a konferencia.

Az első közös EMS-ECAM konferencia megrendezésére a 2001-es budapesti ECAM-on került sor. Az EMS gyűlések először az ECAM/ECAC (*European Conference of Applied Meteorology/Applied Climatology*) csatolt részei voltak, de mostanra már teljesen egybeolvadt a két konferencia. Úgy tűnik, hogy az EMS éves összejövele olvasztotta magába az ECAM/ECAC konferencia sorozatot.

Az idei év jubileumi év az EMS történetében. Tíz év nem nagy idő, de mégis lehet egy kicsit ünnepelni, egy kicsit számadást készíteni, ahogy azt *Fritz Neuwirth* az EMS elnöke tette megnyitójában. Az EMS 9. éves értekezlete és a 9. ECAM konferencia ünnepélyes megnyitóján jelen volt és előadást tartott *Michel Jarraud* a WMO főtitkára, *Pirkko Saaraki*, a PRIMET (*Association of Private Meteorological Services*) Igazgató Tanácsának tagja, *Jean Jouzel* a Francia Meteorológiai Társaság elnöke, *Bruce Sumner* a Hidrometeorológiai Műszergyártók

Szövetsége (*HMEI – The Association of Hydro-Meteorological Equipment Industry*) képviselőjében és a METEO-France Elnökvezérigazgatója *Michael Jacq*, aki a távollévő közlekedési miniszter nevében köszöntötte a konferenciát.

A konferenciához a szokásos műszer és könyvbemutató, 15 kiállítóval kapcsolódott, amit ezúttal az EMS tagjainak standja bővített. Az EMS titkárság a konferencia előtt kérte tagjait, hogy mutassák be magukat. A felhívásnak kevesen tettek eleget, s talán igazuk is volt. A konferencia résztvevői nem mutattak különösebb érdeklődést az európai meteorológiai társaságok bemutató anyagai és szórólapjai iránt. A standon megtalálható volt az EMS 2008-as éves jelentése (*EMS Annual Report*) mellett néhány társaság szórólapja és kiadványa. A német (*Deutsche Meteorologische Gesellschaft*) a francia, a svájci (*Société Svizzera di Meteorologia, német és a francia nevet ezúttal mellőzzük, de hol maradt a rétoromán név?*), a finn (*Geofysikan Seura - Geofysiska Sällskapet*), a szerb (*Meteorološko Društvo Srbije*) és a magyar társaság tett ki szórólapot. Ezen kívül még néhány társasági kiadvány is bemutatásra került, így a spanyol (*Boletín de la Asociación Meteorológica Española*), egy olasz (*Meteorologica Trimestrale dell'Unione Meteorologica del Friuli*), a francia (*La Météorologie*) és a magyar részről a Léggör mellett egy Időjárás és az MMT jubileumi kiadványa.

A jubileumi EMS ülés nem telt el magyar siker nélkül, mivel Vissy





Károly átvehette a 2009. évi média díjat (*EMS Broadcast Meteorologist Award*), míg Szabó Péter utazási díjat (*Young Scientist Travel Award*) nyert „*The evaluation of extreme precipitation and temperature indices based on regional cli-*

mate models at the Hungarian Meteorological Service” című előadásáért.

Az értekezletekre, a gyűlésre és magára a konferenciára a METEO-France konferencia központjában került sor, 14 év után immár másodszor Toulouse-ban.

A konferencia öt fő témacsoportba sorolta a szakterületeket:

- meteorológiai alkalmazások (*Applications of Meteorology - ECAM*)
- légkör és vízkörzés (*The Atmosphere and Water Cycle*)
- tájékoztatás és képzés (*Communication and Education*)
- éghajlat (*Climatology*)
- számszerű előrejelzés (*Numerical Weather Prediction*)

A öt fő témakör 25 szekcióban mutatta be eredményeit szóban és a kapcsolódó poszter szekciókban. Az elhangzott előadások és bemu-

tatott poszterek szerzőinek száma, beleértve az összes társszerzőt meghaladja az 1400-at. A konferencia résztvevők száma persze, ennél jóval alacsonyabb. Az mindenképp elmondható, hogy az EMS éves konferencia az európai meteorológustársadalom jelentős részét érinti. Magyar részről öt poszter került kiállításra, négy szóbeli előadás elhangzása mellett egy szekció elnöklésre is sor került.

S befejezésül, ez itt a reklám helye, máris el lehet kezdeni a készülést a következő konferenciára. Az EMS 10. éves találkozója és a 8. Európai alkalmazott klimatológiai konferencia (*European Conference on Applied Climatology – ECAC*) 2010. szeptember 13–17 között lesz a svájci Zürichben.

Dunkel Zoltán

SZŐLŐ ÉS KLÍMA KONFERENCIA KŐSZEGEN

Hazánkban nagy hagyományai vannak a szőlőtermesztésnek, majd erre épülve a borkultúrának. Az ország különböző borvidégein évszázadok óta foglalkoznak ezzel a tevékenységgel. Évszázadokkal ezelőtt királyi rendeletek szabályozták a borkészítés szabályait. A szigorú törvényeket a borok minősége érdekében hozták. Az idők során volt, amikor inkább a mennyiségi szemlélet uralkodott a bortermelésben, így háttérbe kerültek a minőségi mutatók. Manapság egyre inkább előtérbe kerül azon irányzat, hogy inkább kevesebb legyen a bor mennyisége, de annak a minősége „közelítsen a tökéleteshez”.

Ezért merült fel a gondolat 2008-ban, hogy hasznos lenne az olyan konferencia, ahol a szőlőtermesztők és a borkészítés szakemberei megismerhetnék azokat a tudományos eredményeket, melyeket az időjárás-, az éghajlat- és a szőlőtermesztés kutatói munkájukban értek el. Az interdiszciplináris konferencia sok értékes, a gyakorlatban is hasznosítható tapasztalatot eredményez a termelés valamelyik ágában dolgozók számára. A gondolat a Magyar Meteorológiai Társaság Szombathelyi Csoport elnökétől származik, így ennek egyenes következménye lehetett a kőszegi helyszín kiválasztása.

Kőszegen 1740 óta – Európában, sőt a világon is egyedülálló, hogy – minden évben Szent György napon (április 24.) reggel a városhoz tartozó dűlőkben levágnak néhány hajtást, utána pedig ezeket berajzolják a

„Szőlő jövősenek könyve” oldalaira. Az egyedülálló „gyűjtemény” hasznos tudományos adatbázis, amit többféle tudományterület képviselői is vizsgáltak már korábban is.

A konferencia gondolatát a megvalósulás követte, mert Kőszeg Város Önkormányzata, a Magyar Meteorológiai Társaság Szombathelyi Csoportja, a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszéke, az Országos Meteorológiai Szolgálat, a Budapesti Corvinus Egyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete és az Európai Borlovagrend Magyarországi Konzulátusa támogatásával és szervezésében 2009. április 25-én megrendeztük az 1. Szőlő és Klíma Konferenciát.

A megnyitón Huber László – Kőszeg polgármestere – szólt a kőszegi bortermelés hagyományairól. Major György – a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke – kiemelte a konferencia fontosságát, majd pedig Péczely Györgynek a Légkörben 1982-ben megjelent cikkét méltatta, mely a „Szőlő jövősenek könyve” elemzésével foglalkozott.

A tudományos programot 38 kutató 16 előadása adta. Magyar szerzőkön kívül olasz kutatók munkáját is megismerhették a hallgatók, ők a szőlő érésének folyamatát a klíma változásával hozták összefüggésbe.

A klímaváltozásnak a szőlőtermesztésre gyakorolt hatása az itthoni kutatásokban is erősen megjelent, mert több előadás is taglalta ezt. Több évtizedes tapasztala-

tokat összegezték a megfigyelések, melyekből a szerzők mértékadó következtetéseket vonhattak le [Vitányi-Gál-Makra: A tokaji bor mennyiségi és minőségi jellemzőinek alakulása az elmúlt 100 évben ...; Tar-Hajdu: A szőlő produkciójának összefüggése az időjárási elemekkel; Hajdu: Az aktív hőösszeg, a genotípus és a fenológiai fázis közötti kapcsoltság szőlőnél; Teszlák-Csikászné-Kozma: Hogyan befolyásolhatja a klímaváltozás a szőlőtermesztést?; Pajtókné-Tari-Mika: A FÖLDRAJZ nEtSZKÖZ-KÉSZLET bővítése az éghajlatváltozással, valamint az éghajlatváltozásnak a szőlőtermesztésre gyakorolt hatásával; Dunkel: A hosszú fenológiai adatsorok alkalmazásának lehetősége az éghajlat-változási vizsgálatokban; Mika-Bihari-Csima-Németh-Szépszó: Hazánk borvidégeinek múltbeli (1961–1990) és várható (2021–2050) éghajlati feltételei; Ladányi: A klímaváltozás hatásainak kockázati aspektusai a szőlészeti kutatásokban].

A „Szőlő jövőének könyve” (és más európai források) alapján készített fenológiai adatsorok használatával lehetséges hőmérsékleti rekonstrukciókról szóló előadásnak [Kiss-Wilson: 17–19. századi kőszegi szőlő fenológiai adatsorokon alapuló tavaszi-nyári hőmérsékleti rekonstrukciók] tudománytörténeti jelentősége is volt. Ugyancsak történeti megfigyelések adták az alapját a Tokaj-Hegyalján, a szőlő- és aszútermesztés gyakorlatában is remekül hasznosítható prezentációnak [Zelenák: Természeti megfigyelések és történelmi tapasztalatok Tokaj-Hegyalján a szőlőtermesztés és aszú termelés területén].

Vas megyei orvosok kezdeményezésre indultak korábban a Vas-hegyen készített borok összetevőire vonatkozó vizsgálatok, melyek újabban a pincék mik-

roklimatikus jellemzőinek hatásaival bővültek [Tarján-Kovács-Dinya-N. Uhrin-Szatmáry: Az időjárás és a pinceklíma hatása a bor polifenol tartalmára].

A Somlón épített támfalak mikroklíma megváltoztató tényezőkként értelmezhetők, amire a talajhőmérséklet mérésével lehet következtetni [Zentai-Németh: Támfalak hatása a mikroklímára a somló borvidéken].

A konferencián a szőlővel kapcsolatos növényvédelmi vizsgálatok eredményei is nagyobb számban szerepeltek [Mikulás-Varga: Az időjárás hatása a szőlő károsítóira és az ellenük való védekezésre; Puskás-Barczikay-Nowinszky-Kúti: Feromon csapdával gyűjtött tarka szőlőmolyok (*Lobesia botrana* Den et Schiff.) egyedszáma a Puskás-féle időjárási frontokkal összefüggésben; Kúti-Barczikay-Nowinszky-Puskás: Feromon csapdával gyűjtött tarka szőlőmolyok (*Lobesia botrana* Den et Schiff.) egyedszáma a holdfázisok függvényében; Taksonyi-Marácz-Tracsal: Változó időjárási tényezők hatása a Keszthely környéki szőlőültetvények lisztharmat fertőzöttségére].

Az 1. Szőlő és Klíma Konferencia legfontosabb tanulsága, hogy törekedni kell arra, hogy az elméleti kutatók tudományos eredményei eljuthassanak a gyakorló szakemberekhez. Ehhez nyújtott nagy segítséget a Kőszegi Önkormányzat anyagi támogatása, aminek eredményeként szép program-füzet jelent meg a konferencián elhangzott előadások összefoglalójával. A tervek szerint a Magyar Meteorológiai Társaság támogatásával a tanulmányok is publikálásra kerülnek. A CD-n kiadott tanulmányok várhatóan eljutnak a kutatóhelyekre, a könyvtárakba és a szőlőtermesztő gazdaságok szakembereihez is.

Puskás János

KITÜNTETÉS

A Magyar Köztársaság elnöke
a Magyar Köztársasági Arany Érdemkereszt
kitüntetéssel adományozta

dr. Szalai Sándornak

az OMSZ éghajlatkutatójának

a statisztikai klimatológiai kutatások terén végzett
nemzetközileg is elismert színvonalas munkájáért.

A kitüntetést Szabó Imre környezetvédelmi és vízügyi miniszter
az augusztus 19-én rendezett ünnepség keretében nyújtotta át Szalai Sándornak.

2009 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

Szárazabb és melegebb volt a sokévi átlagnál

Júniusban a középhőmérséklet az Alföld nagy részén 18–20 fok között alakult. Szeged térségében adódott ettől magasabb érték. Az ország nyugati, északi területein főként 16–18°C közötti havi középhőmérséklet fordult elő.

Pozitív hőmérsékleti anomália csak a tiszántúli területeken adódott. Itt az eltérés 0, +1°C közötti volt. Az ország többi részén a havi középhőmérséklet kevéssel a sokévi átlag alatt maradt, de az északi területeken -1, -1.5 fokos eltérés is előfordult.

A napi országos középhőmérsékletek főként a hónap elején, illetve 20-ától kezdődően a sokévi átlagértékek alatt maradtak.

19-én adódott a legnagyobb pozitív eltérés, akkor a napi országos középérték közel 6 fokkal haladta meg a sokévi átlagot. A legnagyobb negatív eltérés (öt fok) 4-én volt. Június 14-én Zabar állomáson 1.3°C-nak adódott a napi minimumhőmérséklet. Ilyen alacsony értékre ezen a napon még nem volt példa Magyarországon.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 33.4 °C Fülöp-háza (Bács-Kiskun megye) június 19.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 1.3 °C Zabar (Nógrád megye) június 14.

A havi csapadékösszeg valamivel 100 mm alatt maradt országos átlagban. A középső országrészben 60–80 mm közötti csapadékösszegeket regisztráltak. Több helyen (délnyugati országrész, Dunántúli-középhegység, Északi-középhegység, Tiszántúl) 100 mm-t meghaladó csapadékösszegek is előfordultak.

Az ország jelentős részén a sokévi átlagnak megfelelő, illetve azt meghaladó mennyiségű csapadékot mértek. Átlagtól kevesebb csapadékot főként az ország középső részén regisztráltak. Hegyvidékeinken és a Tiszántúlon voltak olyan területek, ahol a sokévi csapadék 1.5–2-szerese hullott.

Országos átlagban 10 mm-t meghaladó mennyiségű napi csapadékösszeg két napon adódott, 22-én és 23-án. Viszont több napon is előfordult lokálisan nagy mennyiségű csapadék felhőszakadás, jégeső, zivatar kíséretében. Június 11-én Adács térségében tornádót figyeltek meg.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 253 mm Gasztony (Vas megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 23.7 mm Dunapataj (Bács-Kiskun megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 97.3 mm Taktaharkány (Borsod-Abaúj-Zemplén megye) június 11.

Júliusban a középhőmérséklet az Alföld nagy részén, 22–23 fok között alakult. A Tisza déli és középső szakasza mentén ennél magasabb érték is adódott. Az ország nyugati területein ettől alacsonyabb havi átlagérték (20–21°C) volt jellemző.

Az egész országban pozitív hőmérsékleti anomália adódott július hónapban. Főként az alföldi területeken az eltérés mértéke elérte az 1.5–2°C-ot. Az ország többi részén a havi középhőmérséklet 1 – 1.5 fokkal volt a sokévi átlag felett.

Mindössze 3 rövid időszak volt, amikor kisebb-nagyobb mértékben visszaesett az országos átlagérték.

A hónap 8. és 12. napja között adódott a „leghosszabb” átlag alatti időszak. Emellett 10-én valamint 19-én volt nagyobb negatív eltérés országos átlagban. A hónap során azonban a leghidegebbet 27-én mérték Zabar állomáson (4.1°C-ot). Ilyen alacsony érték a mérések kezdetétől ezen a napon még nem fordult elő Magyarországon. A legnagyobb (közel hat fokos) pozitív eltérés 23-án adódott.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 37.2 °C Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye) július 23.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 4.1 °C Zabar (Nógrád megye) július 27.

A havi csapadékösszeg valamivel 45 mm felett adódott országos átlagban. 20 mm-nél kevesebbet mértek az északkeleti országrészben, 20–40 mm csapadékmennyiség volt jellemző a középső országrészben, a dél-dunántúli területeken, valamint a Tiszántúl északkeleti részében. A legtöbb csapadék a Dunántúli-középhegység területén, a délnyugati országrészben, és a zempléni területeken hullott.

Az ország jelentős részén átlag alatti csapadékmennyiséget regisztráltak. Főként északkeleten, de a déli országrészben is előfordult, hogy csak a sokévi átlagérték 20–30%-ának megfelelő csapadékmennyiség hullott. Ugyanakkor Észak-Dunántúlon, ill. lokálisan több helyen is kevéssel átlag fölötti mennyiséget mértek.

Országos átlagban 10 mm-t meghaladó mennyiségű napi csapadékösszeg csak 18-án adódott. Mindezek mellett a 24 óra alatt lehullott legnagyobb csapadék 15-én volt Kup községben. Több napon is előfordult lokálisan nagy mennyiségű csapadék, felhőszakadás, jégeső, zivatar kíséretében. 18-án az ország felett átvonult hdegfront emberi áldozatot is követelt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 160.8 mm Kup (Veszprém megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 4 mm Nógrádszakál (Nógrád megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 73.8 mm Kup (Veszprém megye) július 15.

Az **augusztusi** középhőmérséklet az Alföld nagy részén 22–23, máshol jobbra 21–22°C között alakult. Az ország teljes területén pozitív hőmérsékleti anomália adódott. Általában az 1.5–2°C-os eltérés volt a jellemző, de a Tisza menti területeken az eltérés mértéke 2–2.5°C közöttinek adódott. Ugyanakkor az északi, déli, nyugati határvidékeken a középhőmérséklet csak 0.5–1 fokkal volt a sokévi átlag felett.

A hónap elő felében a napi országos középértékek jobbra átlag közeliek voltak, a hónap második fele azonban jóval átlag feletti középhőmérsékletű volt. A legnagyobb pozitív anomália 28-án jelentkezett, ekkor +6 fokot meghaladó eltérés adódott országos átlagban. A legmelegebbet ezzel szemben a hónap második napján mérték a székesfehérvári állomáson.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 36.5 °C Székesfehérvár (Fejér megye) augusztus 2.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 3.4 °C Zabar (Nógrád megye) augusztus 31.

A havi csapadékösszeg valamivel 48 mm felett adódott országos átlagban. A legszárazabb területek a Hortobágy, Hajdúság, Nagykunság térségében voltak, ahol 5–25 mm közötti csapadékot regisztráltak. A középhegységeken és az Alföld déli területein 55–80 mm csapadékmennyiség volt jellemző. A legtöbb csapadék a keleti és a nyugati országrészben hullott, ahol 100 mm-t meghaladó havi csapadékösszegek is előfordultak. Helyenként 2–3-szoros pozitív eltérések is adódtak. A legszárazabb területeken a sokévi csapadékmennyiség 20–50%-ának megfelelő csapadékot regisztráltak.

Országos átlagban 7 mm-t meghaladó mennyiségű napi

csapadékösszeg 3-án, 4-én, 22-én és 29-én adódott. Több napon is előfordult lokálisan nagy mennyiségű csapadék, felhőszakadás, zivatar kíséretében.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 162 mm Gacsály (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

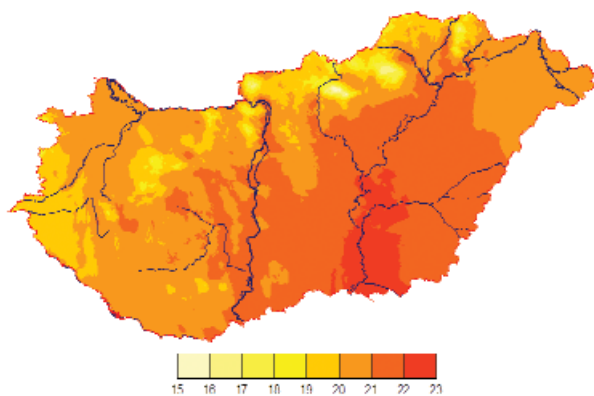
A hónap legkisebb csapadékösszege: 8.2 mm Dévaványa (Békés megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 88.6 mm Gacsály (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye) augusztus 4.

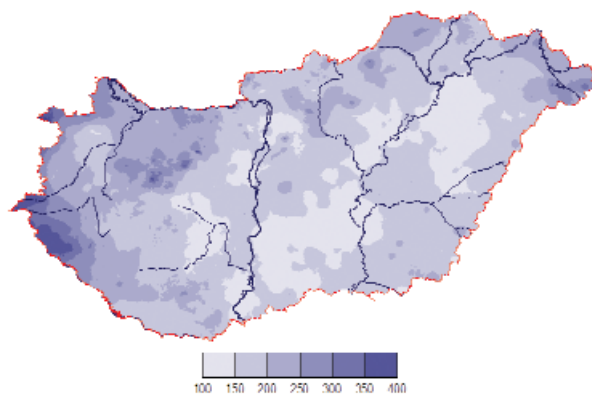
Bella Szabolcs

2009. nyár

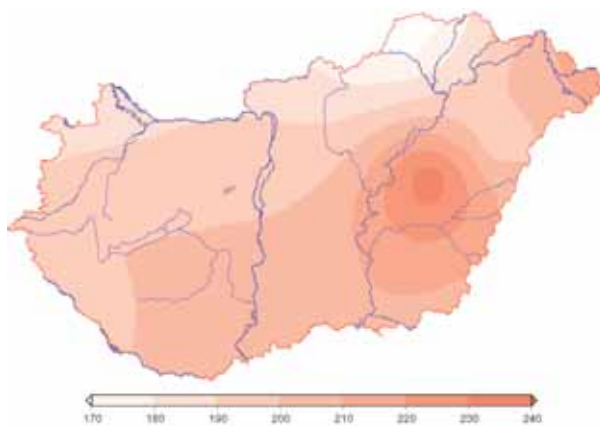
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz.	átlag%-ában	1mm-<napok sz.	
Szombathely	790	72	19.9	1.5	34.4	2009.07.23	5.7	2009.06.05	203	89	23	10
Nagykanizsa			20.1	1.3	34.0	2009.08.02	5.8	2009.08.31	266	110	23	5
Győr	787	17	20.7	1.1	35.4	2009.08.02	7.2	2009.06.02	203	117	20	8
Siófok	903	88	22.0	1.8	35.4	2009.08.02	10.0	2009.06.05	128	67	23	19
Pécs	873	53	21.3	1.5	34.2	2009.08.02	6.3	2009.06.05	205	99	24	8
Budapest	872	95	21.6	1.6	35.0	2009.08.02	8.1	2009.06.05	167	100	21	11
Miskolc	838	123	20.8	1.8	33.6	2009.08.03	8.0	2009.06.02	164	78	22	4
Kékestető	741	-10	15.7	1.5	26.3	2009.07.15	4.5	2009.06.13	203	76	24	12
Szolnok	906	103	22.5	2.5	36.7	2009.07.23	8.6	2009.06.05	164	96	22	
Szeged	934	125	21.8	1.7	36.1	2009.07.23	5.5	2009.06.05	189	106	20	8
Nyíregyháza			20.8	1.5	34.6	2009.07.18	8.2	2009.06.05	149	78	22	12
Debrecen	900	107	21.4	1.9	33.9	2009.08.03	6.9	2009.06.14	133	65	20	4
Békéscsaba	970	159	22.0	2.3	35.7	2009.08.03	7.2	2009.06.01	188	97	18	3



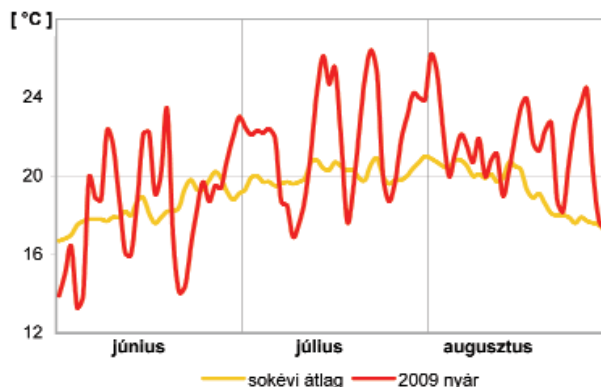
1.ábra: A nyár középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: A nyár csapadékösszege mm-ben



3.ábra: A nyár globálisugrás összege MJ/cm²-ben

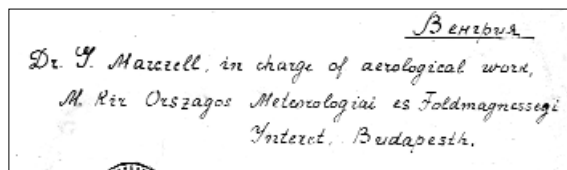


4.ábra: A nyár napi középhőmérsékletei és a sokévi átlag °C-ban

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

PAVEL ALEKSZANDROVICS MOLCSANOV

(1893–1941)



Molcsanov professzor 1927-ben ebben a borítékban küldte el az új rádiószonda német- és orosznyelvű leírását magyar kollégája, Marczell György részére

Szovjet meteorológus. Már az 1920-as évek elején felvetődött az előrejelzési munka minőségi javítása érdekében a meteorográf adatok gyors továbbításának megoldása. Molcsanov volt az első, aki felismerte, hogy a légkör fizikai állapotának meghatározására használt műszereknek jeladó és rádióadó berendezéssel történő összekapcsolása lehetővé teszi a mért adatok azonnali továbbítását. 1925-ben kutatócsoportjával a Pavlovszk-i Aerológiai Intézetben megkezdhetette a műszer elkészítéséhez szükséges kísérleteket. A rádióadó szerkesztését I. G. Freiman professzor és munkatársai vállalták. A meteorológiai elemek távmérésének kidolgozását, az adatoknak az adóhoz való eljuttatását, a kód rendszer tervezését Molcsanov oldotta meg.

1927-ben az aerológiai kérdésekkel foglalkozó Lipcse-i konferencián Molcsanov már sikeres kísérletekről számolhatott be. Bejelentését szinte nemzetközi versengés követte a rádiószondák tervezése terén.

Az első sikeres rádiószonda felbocsátása 1930. január 30-án 13.44-kor történt az Observatórium kertjéből, és az értékelhető utolsó adatot 8300 m magasságból nyerték. Még további módosításokat hajtottak végre a műszer szerkezeti felépítésén, amelynek sorozat-gyártása 1934-ben indult meg. Az elért eredmények további munkára serkentették Molcsanovot és munkatársait.

1941. októberében Leningrád ostromának kezdetén a Ladoga-tó jegén érte a németek szőnyegbombázása. Alkotó ereje teljében halt meg.

Úttörő munkát végzett a magaslégköri mérések terén.

Varga Miklós